

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»

МИКРОБИОЛОГИЯ

краткий курс лекций

для аспирантов

Направление подготовки
06.06.01 Биологические науки

Профиль подготовки
Микробиология

Саратов 2014

УДК 579.2
ББК 28.4

Микробиология: краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 06.06.01 «Биологические науки» / сост.: Карпунина Л.В., Щербаков А.А.// ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 54 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Микробиология» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для аспирантов направления подготовки 06.06.01 «Биологические науки». Краткий курс лекций содержит теоретический материал по основным вопросам микробиологии. Направлен на формирование у студентов знаний об особенностях жизнедеятельности микроорганизмов и их роли, на применение этих знаний в профессиональной деятельности.

УДК 579.2
ББК 28.4

© Карпунина Л.В., Щербаков А.А., 2014
© ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014

ВВЕДЕНИЕ

Микроорганизмы представляют собой самую большую группу распространенных повсеместно живых существ на Земле. Как наука об определенном классе объектов и их разнообразии, микробиология аналогична таким дисциплинам, как ботаника и зоология. Она изучает функциональные возможности микроорганизмов и их взаимодействие с окружающей средой и другими организмами.

Объектами микробиологии являются разные группы живого мира: бактерии, археи, простейшие, микроскопические водоросли, низшие грибы, вирусы.

Микроорганизмы широко распространены в природе, особенно много их в почве, в воде и других средах, где всегда имеются необходимые для их жизнедеятельности питательные вещества и влага.

В лекционном материале приведены сведения по физиологии, биохимии, экологии и генетике микроорганизмов, действие на них физических, химических и биологических факторов.

Лекция 1

ПОЛОЖЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРИРОДЕ

1.1. Предмет микробиология. Общая характеристика микроорганизмов

Микробиология (от трех греч. слов *micros* - малый, *bios* – жизнь, *logos* - учение) – это наука о таких организмах, которые слишком малы, чтобы их можно было хорошо разглядеть невооруженным глазом, и поэтому были названы микроорганизмами. Если величина объекта менее 0,1 мм, наш глаз вообще не может его увидеть, а у объекта диаметром 1 мм можно различать лишь немногие детали. Поэтому микроорганизмами являются такие организмы, диаметр которых не превышает 1 мм; их изучение и составляет задачу микробиологической науки. В таксономическом отношении микроорганизмы весьма разнообразны. К ним относятся некоторые многоклеточные животные, простейшие, многие водоросли и грибы, бактерии, вирусы.

Существование мира микробов оставалось неизвестным, пока не появились микроскопы. Изобретенный в начале XVII века Антонио Ван Левенгуком микроскоп, открыл для систематического научного исследования целое царство мельчайших организмов.

1.2. Положение микроорганизмов в природе

В настоящее время все живые существа относят к трем царствам: царству животных, царству растений и протисты. Различия во внешнем виде и в строении животных и растений видны с первого взгляда.

Животные – питаются готовыми органическими веществами (гетеротрофы), которые их тела в пищеварительном тракте, перевариваются и всасываются.

Растения – автотрофы, синтезируют вещества, необходимые для построения тела, прямо из неорганических соединений, используя солнечный свет как источник энергии.

Другие важные различия между животными и растениями касаются клеточных оболочек, способности к активному передвижению и способности синтезировать определенные вещества.

Для третьего царства живых существ было предложено собирательное название – *протисты* (Геккель, 1866 г.). Царство протистов охватывает организмы, отличающиеся от животных и растений слабой морфологической дифференцировкой – это главным образом, одноклеточные. По строению своих клеток протисты могут быть подразделены на две четко разграниченные группы: *высшие и низшие протисты*.

У *высших протистов* клетки сходны с клетками животных и растений – это *эукариоты*. К ним относятся водоросли, грибы и постейшие. К группе *низших протистов* принадлежат бактерии, в том числе цианобактерии (прежде сине-зеленые водоросли) – это *прокариоты*, которые по строению своих клеток существенно отличаются от всех других организмов. К бактериям относятся также риккетсии – облигатные внутриклеточные паразиты. Вирусы, как неклеточные частицы, можно противопоставить всем организмам; они не способны размножаться самостоятельно, их репродукция может происходить только внутри живых клеток.

Элементарной физической единицей живого является клетка – это наименьшая жизнеспособная единица. По своему химическому составу все живые существа очень

сходны. Основные компоненты всякой клетки – это ДНК, РНК, белки, липиды, фосфолипиды, полисахариды.

Прокариот рассматривают как реликтовые формы (более древние), сохранившиеся с самых ранних времен биологической эволюции, а появление эукариотических форм, возникших из прокариот – как величайший скачок в истории жизни.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое микробиология?
- 2) Какие микроорганизмы относятся к высшим протистам?
- 3) Какие микроорганизмы относятся к низшим протистам?
- 4) Общая характеристика микроорганизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Гусев, М.В. Микробиология. / М.В. Гусев, Л.А. Минаева. – М.: Академия, 2008. – 464 с.
2. Емцев, В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин – М.: Дрофа, 2005. – 446 с.
3. Котова, И.Б. Общая микробиология / И.Б. Котова, А.И. Нетрусов – М.: Академия, 2007. – 288 с.
4. Пиневиц, А.В. Микробиология. Биология прокариотов: Учебник. В 3-х томах. Том 3 / А.В. Пиневиц. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 2009. – 457 с.

Дополнительная

1. Асонов, Н.Р. Микробиология / Н.Р. Асонов. – М.: Колос, 2001. – 352 с.
2. Биология / Под ред. В.Н. Ярыгина. – М.: Медицина, 1987. – 448с.
3. Стейниер, Р. Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – М.: Мир, 1979.: Т.1. – 320 с. Т.2. – 336 с.Т.3. – 488 с.
4. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель – М.: Мир, 1987. – 568 с.

Лекция 2

СТРОЕНИЕ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ

2.1. Строение эукариот

Эукариотическая клетка имеет *ядро* и *ядерную оболочку*, которая представляет собой двухслойную перфорированную мембрану. ДНК, несущая генетическую информацию, распределена между отдельными субъединицами – хромосомами, которые становятся видимыми только во время деления ядра. Ядро делится путем митоза, который обеспечивает: во-первых, идентичную редупликацию генетического материала, во-вторых, передачу полного набора хромосом каждому из дочерних ядер. У всех высших растений и животных в процессе полового размножения происходит смена ядерных фаз. При оплодотворении половые клетки (гаметы) и их ядра сливаются, образуя зиготу. Отцовские и материнские ядра вносят при оплодотворении одинаковое число хромосом и таким образом ядро зиготы содержит двойной хромосомный набор. Гаметы – гаплоидные клетки (т.е. с одним набором хромосом). Соматические клетки – диплоидные клетки (с двумя наборами хромосом). Поэтому при образовании гамет следующего поколения число хромосом к клетке должно уменьшиться вдвое. Совокупность процессов, приводящих к уменьшению числа хромосом, называют мейозом или редукционным делением. Мейоз – важнейший процесс у организмов, размножающихся половым путем, он приводит к двум результатам: 1 – к рекомбинированию отцовских и материнских наследственных факторов (генов) и 2 – к уменьшению числа хромосом. У многих низших растений, включая водоросли, а также у простейших редукция числа хромосом происходит сразу после образования зиготы, так что организм называется гаплоидным.

Хромосомы эукариот состоят из нитей ДНК, с которыми связаны многочисленные белки – гистоны (основные белки). ДНК и гистоны связаны друг с другом упорядоченным образом и образуют *нуклеосомы* – структурные субъединицы хромосом.

Цитоплазма – протопласт, снаружи окруженный плазматической мембраной. Для эукариотической клетки характерно подразделение цитоплазмы на многочисленные обособленные пространства - *компартменты*. Компарментализация отчасти создается в результате впячивания плазматической мембраны с образованием цистерн и пузырьков. Из впячиваний плазматической мембраны образуется *эндоплазматический ретикулум*. Часть эндоплазматического ретикулума образует наружную ядерную мембрану и таким образом окружает ядро. В ядерной оболочке имеются поры, которые обеспечивают транспорт нуклеиновых кислот, белков, метаболитов между ядерным пространством и цитоплазмой. Часть мембран усеяна мельчайшими гранулами – *рибосомами*, это, так называемый, шероховатый или *гранулярный эндоплазматический ретикулум*.

На рибосомах осуществляется синтез белков. Рибосомы относятся к типу 80S.

Аппарат Гольджи или *диктиосомы* (у растений) состоят из пакетов уплощенных мембранных пузырьков, так называемых цистерн. Аппарат Гольджи и диктиосомы обеспечивают секрецию различных продуктов, главным образом, ферментов. Ферменты синтезируются на цистернах и накапливаются в них. Со временем такой пузырек отделяется, перемещается к плазматической мембране, сливается с ней и

изливает при этом свое содержимое наружу. Этот процесс получил название эктоцитоза.

Митохондрии и *хлоропласты* окружены мембранами. Митохондрии обеспечивают дыхание, эти образования изменчивой формы, богаты липидами, имеют две мембраны - наружную и сильно складчатую внутреннюю (с кристами и трубочками). Внутренняя мембрана содержит компоненты электрон-транспортной цепи и АТФ-синтазу. В клетках водорослей и высших растений наряду с митохондриями имеются также и хлоропласты. Внутренние мембраны хлоропластов (тилакоиды) содержат фотосинтетические пигменты и компоненты фотосинтетического транспорта электронов.

У всех эукариотических клеток, имеющих *жгутики* или *реснички* (простейшие, водоросли и др.) строение их одинаково. На поперечном срезе видно, что на периферии жгутика располагаются девять двойных, а в центре – две одиночные нити. Снаружи вся эта система одета плазматической мембраной. Основание жгутика закреплено в наружном слое цитоплазмы при помощи базального тельца, или блефаропласта, который представляет собой производное самовоспроизводящей органеллы (центриоли).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Рольядра в эукариотической клетке.
- 2) Назовите основные органеллы эукариотической клетки.
- 3) Строение эукариотической клетки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Гусев, М.В. Микробиология. / М.В. Гусев, Л.А. Минаева. – М.: Академия, 2008. – 464 с.
2. Емцев, В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин – М.: Дрофа, 2005. – 446 с.
3. Котова, И.Б. Общая микробиология / И.Б. Котова, А.И. Нетрусов – М.: Академия, 2007. – 288 с.
4. Пиневиц, А.В. Микробиология. Биология прокариотов: Учебник. В 3-х томах. Том 3 / А.В. Пиневиц. - СПб., Изд-во СПбГУ, 2009. – 457 с.

Дополнительная

1. Асонов, Н.Р. Микробиология / Н.Р. Асонов. – М.: Колос, 2001. – 352 с.
2. Биология / Под ред. В.Н. Ярыгина. – М.: Медицина, 1987. – 448с.
3. Стейниер, Р. Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – М.: Мир, 1979.: Т.1. – 320 с. Т.2. – 336 с.Т.3. – 488 с.
4. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель – М.: Мир, 1987. – 568 с.

Лекция 3

СТРОЕНИЕ ПРОКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ

3.1. Строение прокариот

Область ядра (*нуклеоплазма*) в клетке равномерно заполнена очень тонкими нитями. В электронном микроскопе она выглядит менее плотной, чем окружающая цитоплазма, содержащая рибосомы. Какой-либо мембранной структуры, отделяющей область ядра от цитоплазмы, выявить не удалось. Вся генетическая информация содержится в одной единственной нити ДНК – “бактериальная хромосома”. ДНК имеет вид кольцевой нити, длина её контура составляет от 0,25 до 3 мм. Гистонов нет. У многих бактерий имеется внехромосомная ДНК, которая имеет вид кольца, получившая название *плазида*. Информация, содержащаяся в плазидах, не является необходимой для клеток.

Компартментализация у прокариот значительно менее выражена, чем у эукариотической клетки.

Органелл типа *митохондрий* и *хлоропластов* нет.

У многих бактерий впячивания плазматической мембраны образуют определенные структуры во внутреннем пространстве протопласта (*внутриклеточные мембраны*).

С *плазматической мембраной* связаны процессы дыхания или фотосинтеза, доставляющие клетке энергию, т.е. те функции, за которые в эукариотической клетке ответственны мембраны митохондрий и хлоропластов. Плазматическая мембрана служит осмотическим барьером клетки и контролирует как поступление веществ в клетку, так и выход из неё; в ней имеются механизмы активного транспорта и систем субстрат-специфичных пермеаз; имеются ферменты переноса электронов и окислительного фосфорилирования; имеются цитохромы, железо-серосодержащие белки и др. компоненты электрон-транспортной цепи; она ответственна за синтез компонентов клеточной стенки, капсулы, выделения внеклеточных ферментов; здесь локализуется центр репликации РНК; жгутики прикрепляются к плазматической мембране.

Рибосомы типа 70S. Их размер 16 x 18 нм, они располагаются в цитоплазме.

Бактерии, как правило, размножаются путем деления надвое. Клетки удлиняются, затем происходит образование поперечной перегородки, постепенно растущей снаружи внутрь (или перетяжки), после чего дочерние клетки расходятся.

Клетки прокариот, за некоторым исключением (*Mycoplasma*), окружены *клеточной стенкой*, состоящей из пептидогликана (или муреина) и тейхоевых кислот. Пептидогликан – гетерополимер, построенный из цепочек, в которых чередуются остатки N-ацетилглюкозамина и N-ацетилмурамовой кислоты, соединенных между собой β -1,4-гликозидными связями. Пептидогликан не встречается у эукариот. Тейхоевые кислоты состоят из 8-50 остатков глицерола (рибитола), связанные между собой фосфатными мостиками.

У многих прокариот имеются органы движения – *жгутики*. Устроены они проще, чем у эукариот. Жгутики – это спирально закрученные нити толщиной 12-18 нм, длиной до 20 мкм; состоят из специфического белка флагеллина. Жгутики могут располагаться полярно или латерально, лофотрихально, амфитрихально, перитрихально. Двигаться без жгутиков способны скользящие бактерии (миксобактерии, цианобактерии) и спирохеты.

У многих бактерий имеются *мезосомы*. У *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* имеются стопки ламелл, состоящие из параллельно расположенных плоских пузырьков, часть которых связана с плазматической мембраной.

Промежуток между муреином и плазматической мембраной называют *периплазматическим пространством*. В нем находятся белки (протеиназы, нуклеазы-деполимераза), периферические белки плазматической мембраны и связующие белки, которые участвуют в переносе некоторых субстратов в цитоплазму.

На клеточной стенке бактерий наслаиваются снаружи более или менее толстые слои сильно обводненного материала с высоким содержанием воды – это *капсула* и *слизь*. В большинстве случаев капсула состоит из полисахаридов (у стрептококков, ксантомонад, коринебактерий). Капсульные полисахариды содержат глюкозу, аминсахара, рамнозу, 2-кето-3-дезоксигалактоновую кислоту, уроновые кислоты, органические кислоты: пировиноградную, уксусную. Капсулы некоторых видов *Bacillus* (*B. anthracis*, *B. subtilis*) состоят из полипептидов, в первую очередь полиглутаминовой кислоты.

Многие компоненты капсулы выделяются в окружающую среду в виде слизи. Большое количество слизи наблюдается у микроорганизмов в тех случаях, когда среда содержит сахарозу.

Поверхность некоторых бактерий покрыта большим количеством (от 10 до нескольких тыс.) длинных, тонких прямых нитей, толщиной 3-25 нм и длиной до 12 мкм, называемых *фимбриями* или *пилями*. Они встречаются как у жгутиконосных, так и нежгутиконосных бактерий.

У многих прокариот в определенных условиях среды внутри клетки откладываются вещества, которые можно рассматривать как *запасные* – это полисахариды, жиры, полифосфаты и сера.

Многие водные бактерии имеют *газовые вакуоли*, в особенности фототрофные, бесцветные, галобактерии и некоторые кластридии. Они придают клетке способность изменять свою среднюю плотность и оставаться взвешенными в воде. Благодаря такой способности бактерии могут держаться в определенном слое воды, не прибегая к активному движению с помощью жгутиков. Каждая газовая вакуоль это скопление газовых пузырьков (везикул), которые имеют веретенообразную форму. Их оболочка состоит не из обычной мембраны, а из чистого белка, обладающего складчатой структурой, толщина которой составляет всего лишь 2 нм.

В клетках некоторых автотрофных бактерий имеются *карбоксисомы*. Это полиэдрические образования величиной с головку фага, в которой, иногда наряду с небольшим количеством ДНК, содержится фермент-рибулезобисфосфат-карбоксилаза. Карбоксисомы найдены у *Nitrosomonas*, *Nhiobacillus* и многих цианобактерий.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Строение прокариотической клетки.
- 2) Назовите основные компоненты клеточной стенки грамположительных бактерий.
- 3) Чем отличается строение прокариотической клетки от эукариотической?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Гусев, М.В. Микробиология. / М.В. Гусев, Л.А. Минаева. – М.: Академия, 2008. – 464 с.
2. Емцев, В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин – М.: Дрофа, 2005. – 446 с.
3. Котова, И.Б. Общая микробиология / И.Б. Котова, А.И. Нетрусов – М.: Академия, 2007. – 288 с.
4. Пиневиц, А.В. Микробиология. Биология прокариотов: Учебник. В 3-х томах. Том 3 / А.В. Пиневиц. - СПб., Изд-во СПбГУ, 2009. – 457 с.

Дополнительная

1. Асонов, Н.Р. Микробиология / Н.Р. Асонов. – М.: Колос, 2001. – 352 с.
2. Биология / Под ред. В.Н. Ярыгина. – М.: Медицина, 1987. – 448с.
3. Стейниер, Р. Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – М.: Мир, 1979.: Т.1. – 320 с. Т.2. – 336 с.Т.3. – 488 с.
4. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель – М.: Мир, 1987. – 568 с.

Лекция 4

СИСТЕМАТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ БАКТЕРИЙ

4.1. Понятие “систематика” и “классификация”

Систематика или *таксономия* – распределение (классификация) организмов по группам (таксонам) в соответствии с определенными признаками, а также установление родственных связей между ними. Каждая группа имеет свое название: класс, порядок, семейство, род, вид. Вид – основная таксономическая единица. Изучение основных групп микроорганизмов полезно предварить знакомством с принципами их номенклатуры.

Классификация– (от лат. classic – разряд, класс и фикация), система соподчиненных понятий какой-либо области знания или деятельности человека, используемая как средство для установления связей между этими понятиями или классами объектов.

Любая система номенклатуры и таксономии требует наиболее полного знания объектов. Чтобы получить информацию, необходимую для наименования и классификации микроорганизмов, изучают все многообразие и все особенности их внешней и внутренней структуры, физиологические и биохимические свойства, а также процессы, вызываемые микроорганизмами в их естественной среде обитания.

Для описания бактерий необходимо перечислить *морфологические признаки*:

- форма,
 - отдельные клетки или агрегаты,
 - наличие жгутиков,
 - образование эндоспор, окраска по Граму;

физиолого-биохимические признаки:

- отношение к O₂,
- получение энергии (в процессе дыхания, брожения, фотосинтеза),
- зависимость роста от температуры, pH,
 - усвоение питательных веществ, места обитания, наличие симбиотических или паразитических взаимоотношений,
- клеточные включения (пигментация, состав капсулы),
- компоненты КС,
- серологическая дифференциация (поверхностные антигены, гомологичные белки),
- состав оснований ДНК (мол. % GC),
- гибридизация ДНК/ДНК, трансформируемость при межвидовом переносе ДНК,
- последовательность нуклеотидов в 16S или 5S РНК,
- чувствительность к антибиотикам и др.

4.2. Бинарная номенклатура бактерий

Номенклатура(лат. *nomenclatura* - перечень названий, терминов, роспись имен) – это система наименований, применяемых в определенной области знаний.

После подробного изучения микроорганизму дают научное название, которое должно быть выражено двумя латинскими словами, как это требует *биномиальная номенклатура*, предложенная еще в XVIII в. К. Линнеем.

Первое слово – название рода, обычно оно латинского происхождения, пишется с прописной буквы и отражает какой-либо морфологический или физиологический признак микроорганизма либо фамилию ученого, открывшего микроорганизм, либо особый отличительный признак, например место обитания.

Второе слово – пишется со строчной буквы и обозначает видовое название микроорганизма. Иногда оно представляет собой производное от существительного, дающего описание цвета колонии, источника происхождения микроорганизма, вызываемого этим микроорганизмом процесса или болезни и некоторых других отличительных признаков. Например, название *Bacillus albus* указывает, что микроорганизм грамположителен, представляет собой спорообразующую аэробную палочку (свойства рода *Bacillus*), а видовое название характеризует цвет колонии (*albus* - белый); *E. coli* – открыл Эшерих, *coli* – обитатель кишечника; *B. anthracis* – микроб, образующий споры, а вид - *anthracis* – возбудитель сибирской язвы; *Azotobacter* – микроорганизм, фиксирующий атмосферный азот.

Вид– основная таксономическая единица, представляет собой совокупность особей одного генотипа, обладающих хорошо выраженным фенотипическим сходством. Вид подразделяют на *подвиды*, или *варианты*. Имеются также и инфраподвидовые (внутри) подразделения, которые основаны на отличии особей каким-либо небольшим наследственным признаком: антигенным – серовар, биохимическим – биовар, отношением к фагам – фаговар, патогенностью – патовар и т.д.

Штаммами называют культуры микроорганизмов одного и того же вида, выделенные из различных природных сред (почв, водоемов, организмов и т.д.) (из разных объектов) или из одной и той же среды, но в разное время и отличающиеся незначительными изменениями свойств (например, чувствительностью к антибиотикам, ферментацией углеводов и др.). Штаммы одного и того же вида могут быть близки по своим свойствам или различаться по отдельным признакам. В то же время характерные свойства разных штаммов не выходят за пределы вида.

Термин “культура” – микроорганизмы, выращенные на плотной или жидкой среде в условиях лаборатории.

Клон– это культура, полученная из одной клетки. Совокупность (популяцию) микроорганизмов, состоящую из особей одного вида, называют *чистой культурой*. Смешанная культура – смесь неоднородных микроорганизмов, выделенных из исследуемого материала (молока, почвы, воды и т.д.). Колонии образуются путем деления одной, чаще всего, клетки, поэтому представляют собой чистую культуру микроорганизмов.

В биологии выделяют две системы живых организмов – филогенетическую, или естественную и искусственную. Систематика бактерий – сложная проблема. Единой “естественной” (филогенетической классификации, отражающей их родственные связи между отдельными группами бактерий, эволюционное развитие отдельных видов, не существует. Современные системы классификации бактерий по существу являются искусственными, они объединяют бактерии в определенную группу на основе сходства их по комплексу морфологических, физиологических, биохимических признаков. Эти системы используются для распознавания (определения – идентификации) тех или иных бактерий.

Микробиология еще не располагает достаточными данными об эволюции и филогении микроорганизмов, позволяющими построить естественную систематику, подобную той, что создана для высших растений и животных. Современные системы классификации микроорганизмов, по существу, искусственные. Они играют роль

диагностических ключей, или определителей, которыми пользуются главным образом при идентификации того или иного микроорганизма

4.3. Методы геносистематики

Геносистематика изучает физико-химические свойства ДНК с целью создания естественной системы микроорганизмов), позволяющие непосредственно охарактеризовать наследственные свойства (*генотип*) микроорганизмов и таким образом дополнить их описание, которое до последнего времени отражало исключительно структурные и функциональные свойства (*фенотип*). Данные о генотипе микроорганизма получают при помощи методов анализа выделенных НК: определения нуклеотидного состава ДНК и изучения химической гибридизации НК, изолированных из разных микроорганизмов. По соотношениям пар пуриновых и пиримидиновых оснований в молекуле ДНК выявляют генетические различия между группами микроорганизмов. Второй метод помогает установить гомологию ДНК при гибридизации пары исследуемых молекул, выделенных из разных микроорганизмов. Если наблюдается высокая степень связывания молекул ДНК (80 - 90 % и более), то можно говорить о гомологии первичной структуры и близком генетическом родстве микроорганизмов (филогенетической связи). Низкая степень гомологии (50 %) характеризует достаточно отдаленные генетические связи между микроорганизмами. Особое значение для развития геносистематики имела разработка *методов секвенирования*, т.е. определения последовательности нуклеотидов в нуклеиновых кислотах, в частности в рРНК. Сравнение таких последовательностей у разных микроорганизмов и построение т.н. филогенетических деревьев, в определенной мере отражающих степень родства между ними, привело к коренным изменениям в систематике микроорганизмов.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое систематика?
- 2) Что такое бинарная номенклатура бактерий?
- 3) Что такое штамм?
- 4) Что такое классификация бактерий?
- 5) Методы геносистематики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Емцев, В.Т.** Микробиология/ В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин – М.: Дрофа, 2005. – 446 с.

Дополнительная

1. Краткий определитель Берги. М.: Мир, 1980. – 496 с.
2. **Стейниер, Р.** Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – М.: Мир, 1979.: Т.1. – 320 с.
Т.2. – 336 с.

Т.3. – 488 с.

3. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель – М.: Мир, 1987. – 568 с.

Лекция 5

МЕТАБОЛИЗМ МИКРООРГАНИЗМОВ

Все реакции жизнеобеспечения, происходящие в микробной клетке и катализируемые ферментами, составляют обмен веществ или *метаболизм*. Промежуточные или конечные продукты, образующиеся в процессе этих реакций, называется *метаболитами*. В метаболизме микроорганизмов непрерывно осуществляется два противоположных и вместе с тем единых процесса: *анаболизм* и *катаболизм*. Другими словами обмен *конструктивный* и *энергетический*. В первом случае обмен веществ протекает с поглощением свободной энергии при расходовании небольшого объема питательного материала, во втором случае – идет процесс выделения свободной энергии, на что расходуется огромная масса питательного субстрата. Энергетический обмен (реакции, сопровождающиеся выделением энергии) – это дыхание, брожение. Конструктивный обмен (реакции, сопровождающиеся расходом энергии) – это синтез нуклеиновых кислот, белков, липидов и др. биополимеров; активный транспорт питательных веществ; биолюминесценция; выделение тепла и др.

Проникновение питательных веществ в клетку может осуществляться с помощью *диффузии* и *стереохимического специфического переноса* питательных веществ. Каждый из этих процессов может протекать как активно, так и пассивно. При пассивной диффузии питательные вещества проникают с током жидкости в клетку только тогда, когда вещества способны растворяться в клеточной стенке бактерий. При активной диффузии наблюдается проникновение питательных веществ в бактериальную клетку тех веществ, которые не способны растворяться в клеточной стенке.

При стереохимическом переносе – роль переносчика выполняет пермеаза-белковый комплекс. В этот период питательные вещества среды активно транспортируются в клетку, осуществляя конструктивный и энергетический обмен.

5.1. Типы питания микробов

Различают углеродное и азотное питание микроорганизмов. По типу углеродного питания микробы принято делить на *аутотрофы* и *гетеротрофы*.

Аутотрофы или прототрофы (греч. *autos* – сам, *trophe* – пища), микроорганизмы, способные воспринимать углерод из угольной кислоты (CO_2) воздуха. К ним относят нитрифицирующие бактерии, железобактерии, серобактерии и др. Они превращают CO_2 в сложные органические соединения путем хемосинтеза, т.е. путем окисления химических соединений (NH_3 , нитритов, H_2S и др.). Т.е. они способны из неорганических соединений создавать органические соединения. Поскольку такие микробы не нуждаются в углероде, входящем в органические соединения животных и человека, они не являются болезнетворными. Однако имеются и такие бактерии, которые усваивают углерод из CO_2 воздуха и из органических соединений – это так называемые *миксотрофы* (миксо – смесь, т.е. смешанный тип питания). Некоторые аутотрофы осуществляют питание за счет фотосинтеза, подобно зеленым растениям. Так, пурпурные серобактерии вырабатывают пигмент типа хлорофилла – бактериопурпурин, при помощи которого происходит использование световой энергии (фотосинтез) для построения органических веществ из CO_2 и неорганических солей.

Гетеротрофы (heteros – другой) – получают углерод главным образом из готовых органических соединений. Гетеротрофы – возбудители различного рода брожений, гнилостные бактерии, а также все болезнетворные микроорганизмы: возбудители туберкулеза, бруцеллеза, листериоза сальмонеллеза, гноеродные микроорганизмы – стрфилококки, стрептококки, диплококки и ряд других патогенных для животного организма возбудителей. Гетеротрофы включают в себя две подгруппы: *метатрофы* и *паратрофы*.

Метатрофы или *сапрофиты* живут за счет использования мертвых субстратов (sargos - гнилой, rhyton - растение) – гнилостные микробы. *Паратрофы* (греч. parasitos – нахлебник) паразиты, живущие на поверхности или внутри организма хозяина и питающиеся за его счет.

В качестве источника углерода гетеротрофы чаще всего используют углеводы, спирты, различные органические кислоты. Наиболее полноценным источником углерода являются сахара, спирты (глицерин, манит, сорбит и др.), карбоновые кислоты (глюкуроновая) и оксикислоты (молочная, яблочная).

Основным источником азотного питания у аутотрофов являются неорганические соединения азота, т.е. соли азота. Угетеротрофов – аминокислоты.

В качестве универсального источника питания азота и углерода в питательных средах применяют пептоны.

Необходимые для жизни бактерий минеральные соли (S, P и др.) почти всегда имеются в естественной питательной среде.

Бор, цинк, магний, кобальт встречаются в бактериях в ничтожных количествах и служат стимуляторами роста микробов.

5.2. Факторы роста микробов

В 1901 году Вильдье в дрожжах нашел особое вещество и назвал его *биос*– ростовое вещество. В 1904 году Никитинский установил такие же стимуляторы роста в культурах плесневых грибов. В дальнейшем, подобные соединения были выявлены у патогенных микроорганизмов и простейших. Было установлено, что под воздействием ничтожно малых количеств ростовых веществ увеличивается накопление микробной массы и изменяется обмен веществ. Как оказалось далее, эти соединения по химической структуре и физиологическому действию являются подлинными витаминами. Витамины, главным образом, играют роль катализаторов биохимических процессов микробов, являются структурными элементами при образовании некоторых ферментов (H – биотин, B₁ – тиамин, B₂ –рибофлавин, B₃– пантотеновая кислота, B₄ – холин, B₅ – никотиновая кислота, B₆ – пиридоксин, B₇ – гемин, витамин K и др.).

Концентрация витаминов в питательной среде составляет от 0,05 до 40 мкг/мл. Избыток витаминов задерживает рост.

К факторам роста помимо витаминов относят пуриновые и пиримидиновые основания и их производные (аденин, гуанин, цитозин, тимин, урацил, ксантин, гипоксантин). Например, для стрептококка фактором роста является аденин, золотистого стафилококка – урацил, возбудителя столбняка – аденин или гипоксантин.

Некоторые микроорганизмы в качестве фактора роста используют аминокислоты, синтезирующиеся самой микробной клеткой или находящиеся в среде в готовом виде.

5.3. Классификация по типу дыхания

В 1861 г. Л. Пастер изучая бродильные свойства микроорганизмов обнаружил, что отдельные микроорганизмы способны размножаться без доступа атмосферного O_2 . Бактерии и грибы, использующие O_2 из воздуха, называются облигатными *аэробами*, в условиях отсутствия – *анаэробами*. У аэробов конечным акцептором электронов является молекулярный O_2 , для анаэробов - неорганические соединения (нитраты, сульфаты, карбонаты).

По типу дыхания микроорганизмы разделяют на 4 группы:

- *облигатные (безусловные) аэробы* – растут при свободном доступе O_2 , обладают ферментами, позволяющими передавать H_2 от окисляемого субстрата конечному акцептору O_2 воздуха. Сюда относят уксуснокислые бактерии, возбудители туберкулёза, сибирской язвы и др.;

- *микроаэрофильные бактерии* – развиваются при низкой (до 1%) концентрации O_2 (актиномицеты, лептоспириллы, бруцеллы);

- *факультативные анаэробы* – растут как при доступе O_2 , так и без него. Это многочисленная группа (энтеробактерии, возбудитель рожи свиней и др.);

- *облигатные анаэробы* – развиваются при полном отсутствии O_2 в окружающей среде (маслянокислые бактерии, клостридии – возбудители ботулизма, газовой гангрены и др.).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое метаболизм?
- 2) Типы питания у микробов?
- 3) Какие вещества могут выступать в качестве факторов роста?
- 4) Классификация бактерий по типу питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Гусев, М.В. Микробиология. / М.В. Гусев, Л.А. Минаева. – М.: Академия, 2008. – 464 с.
2. Емцев, В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин – М.: Дрофа, 2005. – 446 с.
3. Котова, И.Б. Общая микробиология / И.Б. Котова, А.И. Нетрусов – М.: Академия, 2007. – 288 с.

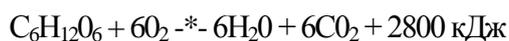
Дополнительная

1. Асонов, Н.Р. Микробиология / Н.Р. Асонов. – М.: Колос, 2001. – 352 с.
2. Стейниер, Р. Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – М.: Мир, 1979.: Т.1. – 320 с.
Т.2. – 336 с.
Т.3. – 488 с.
3. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель – М.: Мир, 1987. – 568 с.

Лекция 6

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН У МИКРООРГАНИЗМОВ

Химическая энергия питательных веществ заключена в различных ковалентных связях между атомами в молекулах органических соединений. Например, при разрыве такой химической связи, как пептидная, освобождается около 12 кДж на 1 моль. В глюкозе количество потенциальной энергии, заключенной в связях между атомами С, Н и О, составляет 2800 кДж на 1 моль (т.е. на 180 г глюкозы). При расщеплении глюкозы энергия выделяется поэтапно при участии ряда ферментов согласно итоговому уравнению:



Часть энергии, освобождаемой из питательных веществ, рассеивается в форме теплоты, а часть аккумулируется, т.е. накапливается в богатых энергией фосфатных связях АТФ. Именно АТФ обеспечивает энергией все виды клеточных функций: биосинтез, механическую работу (деление клетки, сокращение мышц), активный перенос веществ через мембраны, поддержание мембранного потенциала в процессе проведения нервного импульса, выделение различных секретов. Молекула АТФ состоит из азотистого основания аденина, сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты (рис.). Аденин, рибоза и первый фосфат образуют аденозинмонофосфат (АМФ). Если к первому фосфату присоединяется второй, получается аденозиндифосфат (АДФ). Молекула с тремя остатками фосфорной кислоты (АТФ) наиболее энергоемка. Отщепление конечного фосфата АТФ сопровождается выделением 40 кДж вместо 12 кДж, выделяемых при разрыве обычных химических связей. Благодаря богатой энергией связям в молекулах АТФ клетка может накапливать большое количество энергии в очень небольшом пространстве и расходовать ее по мере надобности.

6.1. Энергетический обмен

Энергетический обмен обычно делят на три этапа.

Первый этап — *подготовительный*. На этом этапе молекулы ди- и полисахаридов, жиров, белков распадаются на мелкие молекулы - глюкозу, глицерин и жирные кислоты, аминокислоты; крупные молекулы нуклеиновых кислот - на нуклеотиды. На этом этапе выделяется небольшое количество энергии, которая рассеивается в виде теплоты.

Второй этап - *бескислородный*, или неполный. Он называется также анаэробным дыханием (гликолизом), или *брожением*. Термин "брожение" обычно применяют по отношению к процессам, протекающим в клетках микроорганизмов или растений. Образующиеся на этапе вещества при участии ферментов подвергаются дальнейшему расщеплению. Например, в мышцах в результате анаэробного дыхания молекула глюкозы распадается на две молекулы пировиноградной кислоты, которые затем восстанавливаются в молочную кислоту. В реакциях расщепления глюкозы участвуют фосфорная кислота и АДФ. У дрожжевых грибов молекула глюкозы без участия кислорода превращается в этиловый спирт и диоксид углерода (спиртовое брожение). У других микроорганизмов гликолиз может завершаться образованием ацетона, уксусной кислоты и т.д. Во всех случаях распад одной молекулы глюкозы сопровождается образованием двух молекул АТФ. В ходе бескислородного расщепления глюкозы в

виде химической связи в молекуле АТФ сохраняется 40% энергии, а остальная рассеивается в виде теплоты.

Третий этап энергетического обмена — *стадия аэробного дыхания*, или *кислородного расщепления*. Реакции этой стадии энергетического обмена также катализируются ферментами. При доступе кислорода к клетке образовавшиеся во время предыдущего этапа вещества окисляются до конечных продуктов — H_2O и CO_2 . Кислородное дыхание сопровождается выделением большого количества энергии и аккумуляцией ее в молекулах АТФ.

6.2. Дыхание

Процессы окисления глюкозы до углекислого газа и воды. Дыхание – совершенный энергетический процесс.

Процесс дыхания включает три этапа:

- Гликолиз – в цитоплазме клетки образуется ПВК и высвобождается 2 молекулы АТФ;
- Цикл трикарбоновых кислот (Кребса) – в мезосомах- ПВК окисляется до углекислого газа и воды, высвобождается 36 молекул АТФ;
- Дыхательная цепь – на цитоплазматической мембране – электроны переносятся на акцептор.

6.3. Брожение. Типы брожений

Брожение – анаэробный окислительно-восстановительный процесс, вызываемый как живыми клетками микроорганизмов, так и выделяемыми ими ферментами. Это примитивный энергетический процесс расщепления глюкозы до пировиноградной кислоты.

Процесс брожения протекает в две фазы:

- 1) в начальной, или общей, фазе, которая проходит в анаэробных условиях, сахар расщепляется до пировиноградной кислоты;
- 2) конечная фаза зависит от условий культивирования и особенностей микроорганизма. При этом образуются разные продукты.

В зависимости от конечного продукта выделяют: молочнокислое брожение, спиртовое, пропионовокислое, маслянокислое, ацетонобутиловое.

Молочнокислое брожение. Оно широко распространено в природе. Впервые человек встретился с ним при сквашивании молока, хотя существа, причины этого процесса он не знал. Молочнокислые бактерии обычно находятся в молоке и молочных продуктах, на растениях, в кишечнике животных и человека и почти не встречаются в воде и почве.

Чистая культура молочнокислого брожения *Streptococcus lactis* выделенная Р. Листером в 1877г., описана им в 1878г. Позднее были обнаружены и другие микробы, вызывающие такой же процесс. Так были установлены микроорганизмы, способные сбраживать лактозу- молочный сахар. По конечным продуктам их делят на две группы: гомоферментативные, образующие молочную кислоту, и гетероферментативные, которые кроме молочной образуют летучие кислоты, этиловый спирт, диоксид углерода, водород и другие продукты.

Спиртовое брожение. Его применяют в разных областях человеческой деятельности: пивоварении, виноделии, хлебопечении, производстве спиртных напитков, а также как топливо для двигателей внутреннего сгорания. В последние десятилетия основной продукт

такого брожения - этиловый спирт, или этанол, рассматривают как перспективное топливо.

Химизм спиртового брожения изучали многие ученые: Л. Лавуазье (1789), Л. Пастер (1857), Э. Бухнер (1897), Н. А. Лебедев (1911) и др. Они определили не только качественную, но и количественную сторону этого процесса. Углеводы (сахара) разлагаются на этиловый спирт и диоксид углерода:



Основной возбудитель спиртового брожения — дрожжи рода *Saccharomyces*. Они растут в кислой среде при pH 4,0 - 4,5. В промышленности используют культурные дрожжи. По структуре накапливаемой дрожжевой массы их делят на пылевидные и хлопьевидные. У пылевидных дрожжей клетки отделены, изолированы, у хлопьевидных — склеены; они образуют хлопья и оседают на дно.

Пропионовокислое брожение вызывается жизнедеятельностью особых пропионовокислых бактерий, относящихся к роду *Propionibacterium*, которые находятся в молоке, молочных продуктах и почве. Obligатные анаэробы. При росте на агаризованной среде не образуют поверхностных колоний. Растут при температуре 14—35 °С. Внешне - это мелкие, неподвижные, грамположительные палочки, но могут быть и кокковые формы. Для своего развития требуют органические азотистые соединения типа белка, набор аминокислот и т. д. Конечные продукты пропионовокислого брожения — пропионовая и уксусная кислоты, а также диоксид углерода и вода.



Пропионовокислые бактерии широко используют в сыроделии. Они играют большую роль в созревании сыров: советского, швейцарского, голландского и др.

Маслянокислое брожение. Это сложный биохимический процесс, протекающий в анаэробных условиях. В результате маслянокислого брожения образуются масляная кислота, диоксид углерода, водород и выделяется энергия:



$$DG = -63 \text{ кДж/моль.}$$

Масляная кислота - летучая жидкость с неприятным запахом, возбудители маслянокислого брожения открыты в 1861 г. Л. Пастером. Они широко распространены в природе и относятся к *Clostridium*. До 90% почв содержат такие бациллы. Маслянокислые экстремодостридии развиваются в анаэробных условиях. Попадая в корма, они вызывают их порчу. Образующаяся масляная кислота ухудшает качество корма, происходит его прогоркание. Животные плохо поедают такой корм.

Ацетонобутиловое брожение. Еще Л. Пастер (1862) установил, что в процессе маслянокислого брожения образуется бутиловый спирт. Позже среди других продуктов этого брожения были обнаружены ацетон и этиловый спирт. Возбудитель ацетонобутилового брожения - *Clostridium acetobutylicum*. По морфологическим признакам этот микроб похож на маслянокислые бациллы. Образуют споры, подвижен, грамположителен. Анаэроб. В цитоплазме клеток содержит гранулезу. Отличается от маслянокислых бацилл по биохимическим свойствам. Ацетонобутиловое брожение проходит в две фазы, что впервые было установлено В.Н. Шапошниковым. В первой фазе накапливаются масляная и уксусная кислоты. Во второй фазе — кислоты

восстанавливаются в спирты – бутиловый и этиловый, накапливается ацетон. Дальнейшими исследованиями установлено, что во второй фазе уксусная кислота превращается в ацетон, масляная – в бутиловый спирт.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Какие способы получения энергии имеются у микроорганизмов?
- 3) Что такое дыхание?
- 4) Что такое брожение?
- 5) Типы брожений.
- 6) Какие микроорганизмы вызывают молочнокислое брожение?
- 7) Какие микроорганизмы вызывают спиртовое брожение?
- 8) Какие микроорганизмы вызывают пропионовокислое брожение?
- 9) Какие микроорганизмы вызывают маслянокислородное брожение?
- 10) Какие микроорганизмы вызывают ацетонбутиловое брожение?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Гусев, М.В.** Микробиология. / М.В. Гусев, Л.А. Минаева. – М.: Академия, 2008. – 464 с.
2. **Емцев, В.Т.** Микробиология/ В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин – М.: Дрофа, 2005. – 446 с.
3. **Котова, И.Б.** Общая микробиология / И.Б. Котова, А.И. Нетрусов – М.: Академия, 2007. – 288 с.

Дополнительная

1. **Асонов, Н.Р.** Микробиология / Н.Р. Асонов. – М.: Колос, 2001. – 352 с.
2. **Стейниер, Р.** Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – М.: Мир, 1979.: Т.1. – 320 с.
Т.2. – 336 с.
Т.3. – 488 с.
3. **Шлегель, Г.** Общая микробиология / Г. Шлегель – М.: Мир, 1987. – 568 с.

Лекция 7

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ

Микроорганизмы в природе распространены повсеместно. Они населяют почву, воду, воздух, организм человека и животных.

7.1. Микрофлора почвы

В почве живут и развиваются самые разнообразные микроорганизмы: амёбы, инфузории, грибы, водоросли, актиномицеты и бактерии. Из структурных частей почвы для микробиологии особый интерес представляет её органическое вещество – гумус, состоящий из остатков животных и растительных организмов и, обитающих в почве, микробов. Поверхностный слой почвы беднее микробами, т.к. на них вредно воздействуют факторы внешней среды: высушивание, ультрафиолетовые лучи, солнечный свет, температура повышенная и др. Наибольшее количество микроорганизмов находится на глубине 5-15 см, меньшее на глубине 20-30 см и еще меньше на глубине 30-40 см. Почвы, богатые микроорганизмами биологически более активны. Между плодородием почвы и содержанием в ней микроорганизмов имеется определенная зависимость. Подсчеты показали, что на каждый га малопродуктивной почвы приходится 2,5-3 тонны микробной биомассы; высокопродуктивной – до 16 тонн. Число микроорганизмов в 1 г почвы может колебаться от $1-3 \cdot 10^6$ до $20-25 \cdot 10^9$.

Наиболее богаты микрофлорой возделываемые (культурные) почвы; бедны песчаные, горные и почвы, лишенные растительности. Содержание микроорганизмов в почве увеличивается с севера на юг. Цвет и запах почвы также зависят от состава микроорганизмов. Запах почве придают определенные виды актиномицетов. Почвенные бактерии *Bacillus subtilis*, *mycoides*, *mesentericus*, *megaterium*; *Clostridium tetani*, *perfringens*, *botulinum*; а также термофильные, пигментные и др., составляющие иногда 80-90% всей микрофлоры почвы.

В ряде случаев почва представляет резервуар для некоторых патогенных микробов, попадающих с выделениями больных животных или трупами. Длительность выживания в почве патогенных бактерий зависит от их биологических свойств и условий среды обитания. Наиболее длительно живут спорообразующие микробы – возбудители столбняка, ботулизма, споры сибирской язвы. Они могут сохраняться в почве на протяжении десятилетий. При благоприятных условиях микробы в почве могут не только выжить, но и долго (годы) сохранять вирулентные свойства.

Для общей оценки санитарного состояния почвы основное значение имеет наличие *E.coli*, т.к. сроки выживания этой бактерии примерно равны срокам выживания других патогенных представителей.

7.2. Микрофлора воды

Качественный состав обитающих в воде микроорганизмов зависит в основном от самой воды, поступления в неё сточных и промышленных отходов. К постоянно живущим в воде микроорганизмам относятся *Azotobacter*, *Nitrobacter*, *Micrococcus roseus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus vulgaris*, *Spirillum* и др. Кроме сапрофитов в воде могут быть возбудители инфекционных болезней животных и человека.

Определение конкретного возбудителя сложно, потому санитарную оценку воды дают по наличию в ней кишечной палочки. Кроме того, определяют *бродильный титр*, *микробное число*, *коли-титр*, *коли-индекс* воды, *титр фекального стрептококка* (*S. faecalis*), который является постоянным обитателем кишечника человека и животных.

Бродильный титр – наименьший объем воды, при посеве которой на глюкозную среду обнаруживается газообразование.

Общее микробное число – устанавливают по количеству микроорганизмов, содержащихся в 1 мл воды. Водопроводная вода считается хорошей, если общее микробное число в 1 мл равно 100, сомнительной – 100-150, загрязненной – 500 и более. В воде колодцев и открытых водоемах в 1 мл не должно быть более 1 тыс. микробов.

Коли-титр – наименьший объем воды в мл или сухого вещества в г, в котором обнаруживается хотя бы одна кишечная палочка.

Коли-индексом называют число кишечных палочек, обнаруженных в 1 мл воды.

7.3. Микрофлора воздуха

Микрофлора воздуха зависит от микрофлоры почвы, воды, откуда они вместе с пылью и капельками влаги увлекаются в атмосферу. Воздух является неблагоприятной средой для размножения микроорганизмов. Отсутствие питательных веществ, солнечные лучи и высушивание обуславливают быструю гибель микроорганизмов в воздухе. Вследствие этого микрофлора воздуха менее обильна, чем микрофлора почвы и воды.

Состав микробов воздуха весьма разнообразен. В воздухе часто встречаются пигментные сапрофитные бактерии (микрочетки, сарцины), споровые (сенная и картофельная др. палочки), актиномицеты, плесневые грибы, дрожжи и др. Наряду с сапрофитами в воздухе встречаются условно-патогенные микроорганизмы, споры грибов из родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*.

Санитарное состояние воздуха оценивается по *микробному числу* - количеству микроорганизмов, обнаруженных в 1 м³ атмосферного воздуха, а в помещении для животных, мясо- и птицекомбинатов – по микробному числу и наличию в них санитарно-показательных микробов: *S. aureus*, *S. haemolyticus*, *E. coli*.

Бактериальное исследование воздуха осуществляется с использованием седиментационных аспирационно-фильтрационных (сорбционных) методов, основанных на осаждении микроорганизмов из воздуха на поверхность твердых питательных сред или задержке их в жидкой среде путем сифонирования и барботажа. Наиболее простым, но менее точным является метод самопроизвольного оседания микроорганизмов из воздуха на чашки Петри с МПА (метод Коха). Для более точного исследования микробов воздуха применяют специальные аппараты: бактериоуловитель Речменского, аппарат Кротова, Костенко и др. Разрабатываются и внедряются в практику методы обнаружения микробов в воздухе с помощью мембранных фильтров, каскадных импакторов, фильтров Петрянова “Микрофил” и др.

Допустимые санитарно-бактериологические показатели для воздуха животноводческих помещений не должны превышать 500-1000 бактерий в 1 м³.

7.4. Микрофлора организма животных

Микрофлора кожи.

Постоянные обитатели кожи – стафилококки, стрептококки, сарцины, актиномицеты, микрококки, вызывающие нагноительные процессы: фурункулы, гнойники, флегмоны и др.

Из палочковидных форм обнаружены: кишечная палочка, синегнойная палочка, псевдодифтерийная палочка. Также на кожу попадают микробы из аэробов и анаэробов. При плохом уходе животных на 1 см² поверхности кожи находится до 1-2 млрд. микробных клеток.

Микрофлора вымени – это преимущественно микрококки (*Micrococcus luteus*, *candidus* и др.). Внешняя кожа вымени из-за наличия грубых и мелких складок это место скопления практически всех микробов. При недостаточно тщательной уборке и дезинфекции помещения обычно обнаруживается более 10⁵ микробов на 1 см² кожи вымени, вследствие чего вымя может стать одним из главных источников заражения выдоенного молока. Из патогенных микробов часто встречаются возбудители маститов (*Streptococcusagalactiae*, *uberis*, *S. aureus*) и колимаститов (*E.coli*, *Klebsiella aeruginosa*, *Bacillus subtilis* и др.). *Streptococcusagalactiae* вызывает 70-80% всех бактериальных маститов.

Микрофлора конъюнктивы – находится небольшое количество микробов (стафилококки, стрептококки, сарцины, реже микоплазмы, микрококки, актиномицеты, плесневые грибы, дрожжи).

Микрофлора дыхательных путей.

У новорожденных животных в дыхательных путях микроорганизмов нет. При дыхании на слизистые оболочки верхних дыхательных путей из воздуха оседают бактерии в основном это стрептококки, стафилококки, микрококки.

Микрофлора пищеварительного канала.

У новорожденных желудочно-кишечный тракт не содержит микробы. Через несколько часов организм животного заселяется микрофлорой, которая в процессе жизнедеятельности может видоизменяться, но в основном остается стабильной до конца жизни животного. Микрофлора бывает факультативная, которая может меняться в зависимости от корма, условий содержания и т.д. и облигатная (постоянная) которая представлена молочнокислыми бактериями, *E.coli*.

Микрофлора полости рта.

Она наиболее обильна и разнообразна. Обнаружено более 100 видов микроорганизмов. К постоянным обитателям относят диплококки, стафилококки, сарцины, микрококки, анаэробы и аэробы, целлюлозоразрушающие бактерии, спирохеты, грибы, дрожжи и др.

Микрофлора желудка.

Она относительно бедна как по количественному, так и по качественному составу. Объясняется это бактерицидным действием кислого желудочного сока. В желудке выживают споровые бактерии (бациллы), микобактерии, сарцины, молочнокислые бактерии, актиномицеты, энтерококки и др. При понижении кислотности, а также при заболевании желудка в его содержимом находят богатую микрофлору гнилостных бактерий, дрожжей, плесневых грибов и др. микроорганизмов.

Микрофлора рубца жвачных животных более богата микробами. Здесь много гнилостных бактерий, возбудителей различных брожений. С кормом сюда попадают большое количество эпифитной и почвенной микрофлоры. Здесь много

целлюлозоразрушающих бактерий, которые переваривают клетчатку с помощью целлюлазы до глюкозы, которая легко усваивается организмов животных. Пектиновые вещества расщепляют *B. macerans* и др. Стрептококки сбраживают крахмал, глюкозу с образованием молочной кислоты. Пропионовокислые бактерии сбраживают лактаты с образованием пропионовой кислоты, частично масляной и уксуснокислой, продуцируют витамины группы В. Микробы, заселяющие рубец, расщепляют белки, нитраты, мочевины, синтезируют все витамины, за исключением витаминов А, Е, Д.

Микрофлора тонкого кишечника.

Она наиболее бедна. В 12- перстной и тощей кишках ослабляется деятельность целлюлозных бактерий. Здесь чаще обитают устойчивые к желчи энтерококки, ацидофильные, споровые микробы, актиномицеты.

Микрофлора толстых кишок.

Она наиболее богата. Постоянные обитатели – энтерококки, стафилококки, стрептококки, целлюлозные бактерии, актиномицеты, ацидофилы, термофилы, споровые формы, дрожжи, плесневые грибы, гнилостные бактерии. Обилие микроорганизмов объясняется наличием в них больших объемов переваренной пищи. Установлено, что 1/3 сухого вещества фекальных масс человека состоит из микробов. У здоровых животных наряду с нормальной микрофлорой в ряде случаев обнаруживают патогенные микроорганизмы – возбудителя столбняка, инфекционного аборта кобыл, сибирской язвы, рожи свиней, пастереллеза, сальмонеллеза и др. инфекций.

Микрофлора мочеполовых органов.

На слизистой оболочке мочеполовых органов обнаружены стафилококки, стрептококки, микрококки, кислотоустойчивые микобактерии и др. При физиологическом состоянии мочеполовых путей микрофлора обнаруживается только в их наружных частях. Матка, яичники, семенники, мочевого пузыря в физиологическом состоянии стерильны.

7.5. Микрофлора кормов

Микрофлору, находящуюся на поверхности растений называют эпифитной (поверхностной). Эпифитная микрофлора представлена, главным образом, безвредными сапрофитами. Однако при скашивании растений они могут интенсивно размножаться, вызывая гнилостные и бродильные процессы, приводящие к порче и разложению корма. Для предотвращения этих процессов растительные корма консервируют. Наиболее эффективным способом консервирования скошенной травы, зерна и др. кормов является сушка. Сено сушат в валках, копнах, на вешалах с помощью принудительной вентиляции атмосферным или прогретым воздухом. Пересушивание зеленой массы приводит к потере питательных веществ (протеина, каротина). При увлажнении высушенного корма в нем вновь возникают микробиологические процессы, приводящие к повышению температуры, т.е. происходит термогенез (самонагревание) за счет деятельности вначале мезофильной, затем термофильной микрофлоры. При ускоренном развитии самонагревания солома, например, становится самопрелой и лучше поедается скотом. Явление микробного термогенеза в районах с влажным климатом используют для приготовления, так называемого, *бурого сена*.

Силосование (заквашивание кормов) - это лучший способ консервирования зеленого корма, при котором растительную массу укладывают в силосные ямы, траншеи и др. сооружения.

Существует 2 способа силосования: *холодный* и *горячий*.

При холодном способе, имеющем наибольшее распространение, в созревающей силосе происходит умеренное повышение температуры до 25-30 °С. Растительная масса в этом случае укладывается в траншею одновременно, утрамбовывается и изолируется слоем земли.

При горячем способе силосная траншея заполняется по частям, без утрамбовки с перерывами в 1-2 дня. При таком способе обеспечивается аэрирование, более интенсивно идут микробиологические и ферментативные процессы, в результате которой температура повышается до 45-50 °С. Затем укладывают второй слой толщиной до 1,5 м, третий и так до полного заполнения траншеи. Горячий способ применяется реже, поскольку разогревание растительной массы приводит к потере питательных веществ.

Дрожжевание кормов.

Для обогащения кормов белком и витаминами используют кормовые или пивные дрожжи. Дрожжевание производят заквасочным или опарным методом.

Сенаж.

Если влажность консервируемой массы ниже 50 %, то происходит хорошая ферментация даже при дефиците углеводов и получается корм высокого качества – сенаж.

7.6. Микрофлора навоза

Навоз – ценное удобрение, повышающее плодородие почв и улучшающее их структуру. В нем имеется много органических соединений, которые служат хорошей средой для развития сапрофитов и даже патогенных бактерий, поэтому свежий навоз для удобрения не применяют.

В настоящее время имеется 2 способа хранения навоза:

- 1- аэробно-анаэробный.
- 2- анаэробный.

7.7. Микрофлора молока и молочных продуктов

В молоке всегда есть сапрофиты - непатогенные микрококки, коринебактерии, имеются стрептококки, молочнокислые палочки, бактерии рода *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*. При нарушении санитарных правил доения в молоко попадает много микроорганизмов из окружающей среды: с грязных рук, из воды, пыли и т.п. Помимо обычных кишечных палочек, микрококков, коринебактерий, микобактерий, грибов плесневых и не плесневых (дрожжи), бацилл, клостридий в молоке могут быть возбудители туберкулеза, бруцеллеза, риккетсиозов и др. После получения молока размножение микроорганизмов нередко временно приостанавливается (бактерицидная фаза). Это связано с наличием в молоке молочных ингибиторов: лактоферрина, лизоцима и др. Молоко подвергают пастеризации – это тепловая обработка молока при температуре ниже 100 °С с целью уничтожения большей части микробов за исключением термостойких, прежде всего спор, при условии сохранения свойств присутствующих свежему молоку. Охлаждение молока ограничивает рост и размножение микробов.

7.8. Микрофлора мяса

Микрофлора мяса по своему составу весьма разнообразна. Из него можно выделить до 20 родов бактерий, до 10 родов плесневых и не плесневых грибов. Можно обнаружить кокки (стафилококки, микрококки), псевдомонады, сальмонеллы, кишечную палочку, лактобациллы, спорообразующие бактерии и др. Среди плесневых грибов встречаются пенициллы, мукоровые, аспергиллы и др. Дрожжи представлены такими родами как *Torulopsis*, *Rodotorulla*. Микроорганизмы, обнаруженные на мясе подразделяются на термофильные (теплолюбивые) – оптимальная температура роста +50 °С, психрофильные (холодолюбивые) – оптимальная температура роста от + 35 °С до – 10 °С, мезофильные – оптимальная температура роста от + 25 °С до + 40 °С.

7.9. Микрофлора яиц

Содержимое свежеснесенного яйца, полученного от здоровой птицы, имеющей нормальное физиологическое состояние, стерильно, т.е. не содержит микроорганизмов. Стерильность яйца объясняется тем, что в яйцеводах здоровых птиц активно протекает фагоцитарная реакция, происходят перистальтические сокращения, которые механически удаляют микробы и осуществляется бактерицидное действие белковины, имеющей в своем состав лизоцим. Заражение яиц микроорганизмами может быть эндогенным и экзогенным. Эндогенное заражение происходит в процессе формирования яйца в яичнике и яйцеводе больных птиц или бактерионосителей при сальмонеллезе, туберкулезе, орнитозе, пастереллезе и ряда других инфекционных заболеваний. Экзогенное заражение происходит во время сборки, хранения, транспортирования в результате проникновения через поры скорлупы и подскорлупные оболочки сапрофитных, условно патогенных и патогенных микроорганизмов. Степень загрязнения зависит от условий содержания и кормления птицы. Попавшие на скорлупу микроорганизмы могут проникать в содержимое яйца, этому способствует повышенная влажность воздуха и колебания температуры.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Микрофлора почвы.
- 2) Микрофлора воды.
- 3) Микрофлора воздуха.
- 4) Микрофлора организма животных.
- 5) Микрофлора кормов.
- 6) Микрофлора навоза.
- 7) Микрофлора молока, яиц и яйцепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Емцев, В.Т.** Микробиология/ В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин – М.: Дрофа, 2005. – 446 с.
2. **Емцев, В.Т.** Микробиология, гигиена и санитария в животноводстве/ В.Т. Емцев, Г.И. Переверзева, В.А. Пухальский – М.: Дрофа, 2004. – 304 с.
3. **Мудрецова-Висс, К.А.** Микробиология, санитария и гигиена / К.А. Мудрецова-Висс, А.А. Кудряшова, В.П. Дедюхина – М.: Деловая лит., 2008. – 400 с.

Дополнительная

1. Ветеринарная микробиология и иммунология / Под ред. Н.А. Радчука. – М.: Агропромиздат, 1991. – 384 с.

Лекция 8

ГЕНЕТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ

Генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов. Целью генетики является изучение и анализ законов передачи наследственных признаков от поколения к поколению, а также выяснение механизмов, обеспечивающих наследование на всех уровнях организации живых существ (особь, клетка). Под *наследственностью* понимают свойство живых организмов воспроизводить одни и те же или сходные морфологические свойства в ряду поколений благодаря передаче материальных задатков (генов) от родителей потомкам. Наследственность неразрывно связана с другими свойствами живой материи – *размножением* и *изменчивостью*. Учение о наследственности и изменчивости организмов было основано Ч. Дарвиным в 1859 г.

8.1. Материальные основы наследственности

Основной генетической структурой прокариотических клеток является хромосома, представляющая собой молекулу ДНК в виде спирали замкнутой в кольцо. Она является носителем генетической информации. ДНК состоит из генов, которые располагаются линейно вдоль хромосомы. Бактерии, как и все прокариоты, гаплоидны, т.е. генетический материал у них представлен одним набором генов. *Ген* – функциональная единица наследственности. Все свойства организма однозначно определяются его генами. Каждый ген может существовать в виде ряда структурных форм, или аллелей. Совокупность аллелей всех генов составляет *генотип*. В генах записана информация относительно всех свойств, присущих клетке. Гены определяют особенности клеточных компонентов, их структуру и функцию.

8.2. Синтез белка и генетический код

Биосинтез белков происходит на рибосомах, которые непосредственно с ДНК не соприкасаются. Передачу записанной в ДНК информации к местам синтеза белка осуществляет матричная или информационная РНК (мРНК или иРНК). Она состоит из одной цепи и очень напоминает одноцепочечную цепь ДНК с тем отличием, что тимин заменен на урацил. мРНК синтезируется на одной из цепей ДНК, причем механизм этого процесса сходен с механизмом репликации ДНК. Таким образом, при синтезе мРНК просто копируется нуклеотидная последовательность ДНК. Это процесс называется транскрипцией (переписыванием). Процесс биосинтеза белка происходит в 2 этапа:

- 1) ДНК – мРНК и называется *транскрипцией* (переписыванием),
- 2) мРНК – белок – и называется *трансляцией* (переводом).

8.3. Формы изменчивости микроорганизмов

У бактерий различают *фенотипическую* или модификационную (ненаследственную) и *генотипическую* (наследственную) изменчивость.

Фенотипическая изменчивость

Проявление наследуемых морфологических признаков и физиологических процессов у индивидуумов называется *фенотипом* (греч. φαίνο- проявлять,

показывать). Сходные по генотипу микроорганизмы, могут существенно различаться по фенотипу, т.е. по способу проявления наследственных признаков. Фенотипические различия между микроорганизмами одинаковыми по генотипу называются *модификациями* (фенотипическими адаптациями). Фенотипическая изменчивость выражается в изменении формы, размера бактерий, биохимической активности и ряда других свойств.

Изменчивость основных признаков микроорганизмов

Изучение изменчивости основных признаков микроорганизмов началось с первых лет зарождения микробиологии – с исследований Л. Пастера, показавшего возможность ослабить вирулентные свойства у микроорганизмов при воздействии различных факторов – физических, биологических, химических.

Генетическая изменчивость

Генетическая изменчивость (изменяется генотип) играет большую роль в эволюции организмов. В основе генотипической изменчивости лежат *мутации* и *рекомбинации*. Они происходят в структуре ДНК и проявляются в стабильности изменений каких-либо свойств.

Мутации (от *mutation* – изменение) понимают внезапные, скачкообразные изменения наследственных свойств. Основу этого явления составляют качественные или количественные изменения последовательности нуклеотидов в ДНК, которые могут возникать при жизнедеятельности бактерий под влиянием эндогенных факторов или при действии химических или физических мутагенов.

Спонтанные (самопроизвольные) мутации возникают под влиянием неизвестных причин. Частота спонтанных мутаций мала $1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-10}$. Одним из распространенных типов мутаций микроорганизмов является *ауксотрофность*, т.е. утрата способности к синтезу, например, лейцина, которым обладали клетки родительского типа. В этом случае мутант будет расти только на той среде, к которой добавлена эта аминокислота. Такой мутант называется *ауксотрофным* по лейцину, т.е. нуждающимся в лейцине. Спонтанные мутации служат основным источником естественной изменчивости и лежат в основе эволюции.

Индукцированные (направленные) мутации проявляются в результате обработки микроорганизмов специальными мутагенами (химическими веществами, физическими – температура, ультрафиолет, ионизирующее излучение и др.) В основе механизма действия мутагенов лежит их прямое или косвенное влияние на ДНК или на её предшественников – основания. Методом направленных мутаций получены живые вакцины с ослабленной вирулентностью, которые с успехом используются для профилактики листериоза (вакцина АУФ), сальмонеллеза свиней (вакцина ТС-117) и др.

Генетические рекомбинации (комбинативные изменения).

Помимо мутаций, ведущих к изменению генотипа, у бактерий известны три способа передачи генетической информации от донорской клетки с одним генотипом реципиенту с другим генотипом. Эта передача осуществляется путем *трансформации, трансдукции и конъюгации*.

В результате генетического обмена между бактериями образуются рекомбинанты, т.е. бактерии, обладающие свойствами обеих родителей. Клетки рекомбинанты в основном сохраняют генотип бактерии - реципиента, приобретая отдельные свойства бактерии- донора. Это связано с тем, что рекомбинант несет хромосому реципиента, в которую включается только отдельные фрагменты ДНК донора.

Трансформация (приобретение, перестройка) – изменение генома бактерии – реципиента в результате поглощенной из среды свободного фрагмента ДНК клетки-донора. Впервые явление трансформации у бактерий наблюдал Ф. Гриффитс (1928 г.). Он одновременно ввел мышам две культуры пневмококков: 1 – непатогенная, бескапсульная (R – штамм) и 2 – патогенная с капсулой (S – штамм), убитая нагреванием. Из крови погибших мышей (все мыши погибли от воспаления легких) были выделены патогенные с капсулой бактерии пневмококка третьего типа. Это означало, что убитые нагреванием клетки передали наследственную информацию к образованию капсул непатогенному бескапсульному штамму.

В 1944 г. О. Эвери, К. Мак-Леод и М. Мак-Карти установили (*in vitro*), что трансформирующим веществом является ДНК (они к культуре штамма пневмококков непатогенных, бескапсульных добавили ДНК штамма патогенных, капсульных).

Трансдукция (1952 г. Н. Циндер, Дж. Ледерберг) – передача ДНК от клетки-донора клетке-реципиенту при участии бактериофагов. Трансдуцирующими свойствами обладают в основном умеренные фаги. Размножаясь в бактериальной клетке, фаги включают в состав своей ДНК часть бактериальной ДНК и передают её после проникновения клетке-реципиенту. Различают три типа трансдукции: *общую, специфическую и abortивную*.

При *общей трансдукции* фаг выступает в качестве пассивного “переносчика” генетического материала бактерий, захватывая в свою головку фрагмент бактериальной ДНК вместо своего генома. Эти фаги получили название дефектных фагов. Один и тот же фаг может трансдуцировать различные признаки: ферментативную активность, устойчивость к антибиотикам, подвижность, серологические и вирулентные свойства.

Специфическая трансдукция осуществляется фагами, геном которых при лизогении соединяется только с определенным участком хромосомы бактерий, т.е. фаг имеет определенную точку прикрепления на хромосоме. Поэтому при освобождении такой фаг захватывает только рядом расположенную строго определенную область хромосомы бактерий и передает её реципиентной клетке, принося ей новый ген.

Abortивная трансдукция – перенос фагом участка ДНК клетки-донора в клетку-реципиент, который не включается в её геном, а следовательно проявление нового признака не наблюдается.

Конъюгация (спаривание) – это передача генетического материала донорской клеткой клетке-реципиенту при непосредственном контакте. Впервые было обнаружено у *E.coli* и описано в 1946 году Дж.Ледербергом и Э. Татумом.

8.4. Плазмиды

Кроме хромосомы у некоторых бактерий имеются дополнительные внехромосомные генетические детерминанты, получившие название **плазмиды**. У бактерий обнаружено большое разнообразие плазмид, среди которых наиболее изученными являются половой фактор (F), фактор множественной лекарственной устойчивости (R), факторы бактериоциногенности (Col), плазмиды, которые у *E.coli* ответственны за синтез энтеротоксина (Hly), плазмиды, детерминирующие синтез поверхностных антигенов (K88, K99) и др. Носительство плазмид – широко распространенное явление среди микроорганизмов, их наличие придает клетке определенные преимущества.

8.5. Генная инженерия

Возможность введения генетической информации от одного вида бактерий другому различными методами привела к созданию нового направления в генетике – генной инженерии. Генная инженерия разрабатывает методы получения новых рекомбинантных молекул ДНК с заданной генетической информацией, способов их переноса в клетки прокариотов и эукариотов и изучает поведение их в реципиентной клетке. Генная инженерия в области микробиологии весьма перспективна. Основной целью её является создание новых штаммов и видов в целях микробного синтеза ферментов, гормонов, антибиотиков, витаминов, аминокислот, спиртов и др. продуктов и веществ на основе мутаций, межвидовой и межродовой рекомбинации микроорганизмов. В настоящее время из организма человека выделены гены, синтезирующие инсулин и интерферон и перенесены в геном *E.coli*. Эти штаммы стали вырабатывать белковые вещества инсулин и интерферон.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что изучает генетика?
- 2) Материальные основы наследственности.
- 3) Фенотипическая и генетическая изменчивость.
- 4) Что такое мутации?
- 5) Способы передачи генетической изменчивости.
- 6) Плазмиды.
- 7) Цель и задачи генетической инженерии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Генетика/ А.А. Жученко [и др.] – М.: Колосс, 2006. – 480 с.
2. Емцев, В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин – М.: Дрофа, 2005. – 446 с.

Дополнительная

1. Пехов, А.П. Биология и общая генетика / А.П. Пехов – М.: Изд-во РУДН, 1993. – 217 с.
2. Стейниер, Р. Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – М.: Мир, 1979.:Т.1. – 320 с.Т.2. – 336 с.Т.3. – 488 с.
3. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель – М.: Мир, 1987. – 568 с.

Лекция 9

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА МИКРООРГАНИЗМЫ

Жизнедеятельность микроорганизмов тесно связана с окружающей средой. Чем благоприятнее условия окружающей среды для данного микроорганизма, тем интенсивнее протекают его развитие и жизнедеятельность. Условия среды обитания микроорганизмов обуславливаются тремя группами факторов: физическими, химическими и биологическими.

По отношению к каждому фактору можно выделить три кардинальные точки, определяющие не только интенсивность развития микроорганизмов, но и возможность их развития и существования – *минимум*, при котором жизнедеятельность едва проявляется; *максимум*, выше которого она практически прекращается, и *оптимум*, при котором жизнедеятельность микроорганизмов проявляется с наибольшей интенсивностью.

9.1 Физические факторы

Влажность среды. Жизнедеятельность микроорганизмов возможна только при наличии влаги в среде. Вода входит в состав их клеток (до 85%). Она создает нормальное тургорное давление. Все химические реакции, протекающие в клетках, требуют наличия водной среды. Кроме того, вода должна находиться в доступной для организма форме. Многие питательные вещества могут проникать внутрь клетки лишь в растворенном состоянии.

Микроорганизмам недоступна связанная влага, а необходима свободная – капельно-жидкостная влага (минимум влажности 20-30%). Плесневые грибы могут развиваться без капельно-жидкостной воды, но во влажной атмосфере (минимум влажности лежит около 10-15%), поэтому они могут расти на стенах сырых помещений, на пищевых продуктах и т. п. Микроорганизмы, нуждающиеся в ничтожном количестве влаги, называются *ксерофильными*.

Отношение микроорганизмов к высушиванию различно. Например, уксуснокислые бактерии очень чувствительны к влаге и при высушивании быстро погибают, а молочнокислые бактерии в высушенном состоянии могут сохранять свою жизнеспособность десятки лет, на чем основано применение сухих заквасок в производстве кисломолочных продуктов. Особенно хорошо переносят высушивание спорообразующие бактерии. На чувствительности микроорганизмов к влажности среды основано консервирование пищевых продуктов путем высушивания.

Концентрация растворенных веществ. Нормальная жизнедеятельность микроорганизмов протекает лишь при оптимальных концентрациях растворенных веществ в среде.

Для большинства микроорганизмов оптимальной концентрацией для активного обмена веществ является 0,5% сахара или соли в среде. В таком растворе клетки микроорганизмов находятся в состоянии *тургора* (цитоплазма плотно прилегает к клеточной стенке). Осмотическое давление в растворе в этом случае немного меньше внутриклеточного, которое у микроорганизмов обычно достигает 0,5-2 мПа, но имеются и отклонения. У почвенных бактерий внутриклеточное давление 5- 8 мПа, у некоторых плесневых грибов оно может достигать 20 мПа.

При более высокой концентрации сахара или соли в питательной среде наступает *плазмолиз* клетки – она обезвоживается, цитоплазма отходит от клеточной стенки. В

состоянии плазмолиза в клетке не происходит процессов питания, размножения, это состояние клетки называется *анабиозом*. На анабиозе основано консервирование различных продуктов с помощью сахара или соли.

При ничтожном количестве солей в среде (в дистиллированной воде) в клетку начинает поступать большое количество воды, она набухает, теряет форму, может произойти разрыв оболочки и клетка погибнет – состояние *плазмолитиза*. При изменениях привычного осмотического давления наступают существенные изменения в физиологии микроорганизмов. Так, при перенесении пресноводных светящихся бактерии в концентрированный раствор соли явление свечения исчезает, то же самое наблюдается при помещении в пресную воду морских светящихся бактерий.

Существуют микроорганизмы, приспособившиеся к обитанию в средах с высоким осмотическим давлением сахара, например, дрожжи *Zygosaccharomyces*, обитающие в меду и варенье с концентрацией сахара до 90% (40-50 мПа). Такие микроорганизмы называются *осмофильными*. Микроорганизмы, устойчивые к высоким концентрациям поваренной соли, называются *галофильными*. Они выносят концентрации NaCl до 15-20% (0,9-10 мПа). Соответственно у них высокое и внутриклеточное давление. Это в основном обитатели соленых озер и солончаковых почв.

На чувствительности микроорганизмов к повышенным концентрациям веществ в среде основаны способы консервирования пищевых продуктов при помощи сахара или соли (гнилостные бактерии погибают при 5-10% NaCl). Многие микроорганизмы погибают при концентрации соли более 15%.

Температура. Это один из главных факторов, определяющих не только интенсивность развития, но и саму возможность существования микроорганизмов. Каждый микроорганизм имеет свой оптимум, минимум и максимум температуры. Эти три точки, определяющие развитие микроорганизмов, называют *кардинальными*. Для различных микроорганизмов они имеют свои значения. По отношению к температуре все микроорганизмы делятся на психрофильные, мезофильные и термофильные.

Психрофильные микроорганизмы – это в основном обитатели холодных источников, северных морей, почв и микроорганизмы, развивающиеся на охлажденных продуктах и вызывающие их порчу. К психрофилам относятся многие светящиеся морские бактерии.

Максимальная температура их развития равна 30° С, оптимальная – 8–12° С, минимальная – 0 – минус 7° С и даже ниже, что зависит от точки замерзания среды.

Мезофильные микроорганизмы – наиболее широко распространены в природе. К ним относятся микроорганизмы, обитающие в воде, воздухе, почве, в живых организмах. Они представлены как сапрофитами, так и паразитами. Мезофилами являются представители дрожжей, плесневых грибов, молочнокислых бактерий, группы кишечной палочки, протей, стафилококков, фекального стрептококка и многих других. Возбудители порчи пищевых продуктов в основном представлены мезофилами. Оптимальная температура их развития равна 25-40° С, минимальная – 5-10° С, максимальная – 45-50° С.

Термофильные микроорганизмы также широко распространены в природе. Они могут обитать в горячих источниках, в почвах и водоемах жарких стран, в песках пустынь, в кишечнике человека и животных, так как имеют устойчивые споры. Оптимальная температура их развития составляет 40-60° С, минимальная около 30° С и максимальная 70-80° С. В особый род были выделены бактерии, развивающиеся в горячих источниках – *Thermusaquaticus*.

С жизнедеятельностью термофильных микроорганизмов связано явление термогенеза.

Среди мезофилов встречаются *термотолерантные* микроорганизмы, которые при оптимальной температуре развития 30° С имеют высокую максимальную ° 55-60° С.

Температуры, превышающие максимальные температуры роста, губительно влияют на микроорганизмы. Неспороносные бактерии при нагревании до 60-70° С отмирают через 15-30 мин, а при 80-100° С через 0,5-3 мин. Дрожжи и плесени погибают уже при температуре 50-60° С, а их споры при 65-80° С. Более устойчивыми к нагреванию являются споры бактерий, которые при нагревании до 120° С во влажной среде погибают через 20-30 мин. В высушенном состоянии споры бактерий более устойчивы (при температуре 160- 170° С погибают через 1-2 ч).

На губительном действии высоких температур основаны процессы пастеризации, стерилизации и тиндализации (дробной стерилизации).

Биохимическая основа тепловой смерти микроорганизмов еще недостаточно ясна. Очевидно их гибель наступает вследствие денатурации белков и инактивации ферментов, для чего достаточно воздействие температуры порядка 60° С и выше. Особенно чувствительны к тепловой денатурации ферменты цикла трикарбоновых кислот. Возможно, что гибель микроорганизмов при высоких температурах отчасти является результатом тепловой инактивации РНК и повреждения цитоплазматической мембраны.

Температуры ниже минимальных не убивают микроорганизмы, а только приостанавливают их развитие, потому низкие температуры используют для хранения скоропортящихся продуктов. Микроорганизмы переносят и очень низкие температуры, даже температуру жидкого воздуха (минус 190°С) и жидкого водорода (минус 252° С). Например, некоторые представители группы кишечной палочки, грибов и дрожжей не погибали к течение длительного времени при минус 190° С, споры плесеней сохраняли жизнеспособность при этой температуре в течение нескольких месяцев. Даже после [0- часового пребывания при температуре минус 252°С бактерии и споры оставались жизнеспособными.

Очевидно это объясняется тем, что при быстром замораживании жидкая среда, в которой находятся микроорганизмы, превращается в лед, а вода внутри клетки либо остается в переохлажденном состоянии и не превращается в лед, либо образуются очень мелкие Кристаллы льда, которые не повреждают клетку. При замедленном охлаждении происходит образование крупных кристаллов льда, повреждающих клетку при температурах, близких к 0°С.

Лучистая энергия. К различным видам лучистой энергии относятся солнечный свет, ультрафиолетовые (УФ), рентгеновские лучи и радиоактивные излучения. Чтобы излучение подействовало на какое-либо вещество живой клетки, оно должно этим веществом поглощаться.

Космические, рентгеновские лучи и искусственные коротковолновые излучения (α -, β - и γ -лучи), возникающие в результате разнообразных ядерных реакций и приобретающие все большее значение в связи с развитием ядерной физики, называются *ионизирующими излучениями*. Энергия получается в виде квантов. Она настолько велика, что при поглощении ее веществом кванты выбивают электроны из всех его атомов – происходит ионизация.

Солнечный свет необходим только фотоавтотрофным микроорганизмам и некоторым грибам, на остальные микроорганизмы, особенно на патогенные, свет оказывает губительное влияние. Большое значение имеет солнечный свет для

самоочищения водоемов. В прозрачную воду солнечные лучи проникают на глубину до 2 м, резко снижается их проникающая способность в мутной воде и особенно в загрязненных водоемах (не более 0,5 м).

УФ-лучи с длиной волны 250-260 нм являются наиболее активной частью солнечного спектра. Они вызывают либо гибель микроорганизмов, либо мутагенный эффект в зависимости от вида микроорганизмов, дозы и продолжительности облучения. Гибель микроорганизмов вызывается, с одной стороны, воздействием УФ-лучей непосредственно на клетки, а с другой стороны неблагоприятным влиянием на них облученного субстрата. УФ-лучи адсорбируются важнейшими веществами клетки – белками, нуклеиновыми кислотами и вызывают их химические изменения, повреждающие клетку. Так, летальный эффект УФ-лучей с длиной волны около 260 нм объясняется тем, что максимум поглощения их пуриновыми и пиримидиновыми основаниями, входящими в состав ДНК и РНК, лежит именно в этой области. В облучаемой среде могут образоваться вещества (перекись водорода, озон), губительно действующие на микроорганизмы.

Из всех микроорганизмов наименее устойчивы к УФ-лучам бактерии. Среди неспорозных форм особенно чувствительны к облучению бактерии, выделяющие пигмент в окружающую среду, например *Pseudomonas fluorescens*. Микрококки, сарцины и другие бактерии, содержащие пигменты в клетках – каротиноиды, меланины – весьма устойчивы к действию УФ-лучей, так как каротиноидные пигменты обладают защитными свойствами против УФ-лучей.

Споры бактерий значительно устойчивее к действию УФ-лучей, чем вегетативные клетки (для уничтожения спор энергии требуется в 4-5 раз больше), конидии грибов более устойчивы, чем мицелий.

УФ-лучи применяются для дезинфекции воздуха в медицинских и производственных помещениях, холодильных камерах, для обеззараживания производственного оборудования, воды. Применение УФ-облучения ограничено вследствие их невысокой проникающей способности, позволяющей уничтожить только микроорганизмы, находящиеся на поверхности облучаемых предметов.

УФ-лучи, поглощаясь веществом, вызывают возбуждение молекул, т. е. переход электронов на более высокий энергетический уровень.

Рентгеновские лучи, или X-лучи, являются коротковолновым электромагнитным излучением, обладающим высокой проникающей способностью. Эффект воздействия рентгеновских лучей на микроорганизмы зависит от дозы облучения. В малых дозах эти лучи повышают интенсивность жизненных процессов, а в больших изменяют морфологические и физиологические свойства микробов, задерживают их рост и размножение и даже приводят к гибели клеток. Микроорганизмы по сравнению с высшими организмами менее чувствительны к рентгеновским лучам. Наименее устойчивы к лучам Рентгена вирусы, наиболее устойчивы дрожжи и плесени, бактерии занимают промежуточное положение. Споры бактерий в 10-12 раз устойчивее к рентгеновским лучам, чем вегетативные клетки.

Радиоактивные излучения возникают при распаде радиоактивных элементов. Наибольшей проникающей способностью обладают лучи, действие которых аналогично действию рентгеновских лучей. В малых дозах они стимулируют рост клеток, в больших вызывают бактерицидный эффект. Гибель микроорганизмов происходит при дозах облучения, в сотни и тысячи раз превосходящих смертельную дозу для животных. При дозе ниже смертельной возможно восстановление нормальной жизнедеятельности – реактивация микроорганизмов.

Наиболее чувствительны к радиоактивным излучениям грамотрицательные бактерии, наиболее устойчивы грамположительные бактерии. Слабой устойчивостью к этим видам излучений отличаются психрофильные бактерии. Очень устойчивы к ионизирующим излучениям некоторые микрококки (*Micrococcus radiodurans*) и споры *Bacillus* и *Clostridium*. По чувствительности к радиоактивным излучениям плесневые грибы и некоторые виды дрожжей близки к бактериальным спорам. Губительное действие радиоактивных излучений на микроорганизмы обусловлено их ионизирующей способностью. Они вызывают радиолит воды в клетках и субстратах с образованием свободных радикалов, атомарного водорода, гидроксидов. В присутствии кислорода образуются соединения типа перекисей, вступающие во взаимодействие с другими веществами, что сопровождается возникновением большого количества химических реакций, не свойственных нормально живущей клетке. В результате наступает глубокое нарушение обмена веществ, разрушаются ферменты, изменяются внутриклеточные структуры. Особой чувствительностью к радиоактивному излучению обладает ДНК.

Радиоактивные излучения применяются для холодной стерилизации продуктов, в консервной промышленности, бактериологических препаратов, медикаментов и др., чтобы предотвратить изменения качества объекта стерилизации в результате денатурации белков и разрушения полисахаридов, витаминов и т. п., неизбежного при термической стерилизации.

Радиоволны. Это электромагнитные волны, характеризующиеся различной длиной волны: короткие волны (ВЧ) длиной от 10 до 50 м и ультракороткие (УВЧ) длиной 10 м и меньше, губительно действующие на микроорганизмы. При прохождении через среду коротких и ультракоротких радиоволн возникают переменные токи высокой частоты, что обуславливает быстрый нагрев среды до высокой температуры. Гибель микроорганизмов наступает вследствие теплового эффекта.

Ультразвуковое воздействие. Звуковые колебания делятся на инфразвуки, слышимые звуки и ультразвуки (УЗ). УЗ – это механические колебания с частотами выше 20000 колебаний в секунду (20 кГц), что находится за пределами частот, воспринимаемых человеком.

УЗ-волны распространяются в твердых, жидких и газообразных средах, несут большой запас механической энергии и вызывают ряд физических, химических и биологических изменений. Проходя через жидкость, УЗ-волны вызывают *кавитацию* — образование мелких разрывов, принимающих форму пузырьков под действием сил поверхностного натяжения жидкости. В момент захлопывания кавитационного пузырька возникает мощная гидравлическая ударная волна, вызывающая сильное разрушительное действие.

Механизм действия на микроорганизмы УЗ недостаточно изучен, но считают, что под действием кавитации происходит разрыв оболочки клетки, а иногда и разрушение составных частей клетки. УЗ-колебания ускоряют многие химические реакции, вызывают распад высокомолекулярных соединений, коагуляцию белков, инактивацию ферментов.

Для микроорганизмов губительны УЗ-колебания только определенной мощности, ниже которой даже длительное воздействие не вызывает летального исхода, а обуславливает только снижение ферментативной активности организмов, потерю способности к движению, размножению.

Среди микроорганизмов наиболее чувствительны к действию УЗ-волн бактерии, споры бактерий более устойчивы, чем вегетативные клетки. УЗ легче вызывает гибель палочковидных форм бактерий, чем шаровидных.

Давление и механические сотрясения. Микроорганизмы довольно устойчивы к давлению и механическим сотрясениям. Давление до 50 МПа не оказывает существенного влияния на бактериальные клетки. При давлении выше 60 МПа у большинства микроорганизмов угнетаются процессы роста и размножения, о чем свидетельствуют удлинение лаг-фазы и задержка клеточного деления, когда одноклеточные микроорганизмы образуют длинные нити.

Многие бактерии переносят кратковременное повышение давления до 300 МПа, это очевидно связано с малой чувствительностью белков к давлению. Белки денатурируются лишь при очень высоком гидростатическом давлении – порядка 1000 МПа.

Имеется значительное количество микроорганизмов, обитающих в глубинах океанов, грунтах морей, нефтяных скважинах, подвергающихся постоянно значительному гидростатическому давлению (до 20-30 МПа). Многие из них не могут развиваться при обычном атмосферном давлении. Такие микроорганизмы называются *барофильными*.

Широко распространены также *баротолерантные* микроорганизмы, хорошо переносящие высокое давление, но способные развиваться и при нормальном атмосферном давлении.

К механическим сотрясениям микроорганизмы различных систематических групп относятся по-разному. Сильные и частые сотрясения могут вызвать гибель микроорганизмов, а редкие и слабые даже стимулируют их развитие. Наиболее стойкими к механическим сотрясениям являются подвижные бактерии, обитающие в проточной воде.

9.2 Химические факторы

Концентрация водородных ионов. Реакция среды – это водородный показатель (рН), отражающий степень ее кислотности (рН от 1 до 7) или щелочности (рН от 7 до 14).

Микроорганизмы проявляют свою жизнедеятельность в пределах определенных значений рН. Для одних микроорганизмов эти пределы весьма широкие, для других, наоборот, очень узкие (рис. 62). Так, некоторые плесневые грибы развиваются при рН от 1 до 10, пневмококки при рН от 7 до 8,2, а микобактерии при рН всего лишь от 7,5 до 7,8. Наиболее кислотолюбивыми микроорганизмами являются автотрофные тионовые бактерии *Thiobacillusthiooxydans*, развитие которых возможно при рН 0,6 (оптимум рН 2,5—3,5). Существуют бактерии, способные развиваться при рН 11. Наиболее благоприятна для большинства бактерий среда с рН 7,0-7,3, для дрожжей и плесневых грибов – с рН 5-6.

Изменения рН в кислую сторону губительно сказываются на гнилостных бактериях, оптимум развития которых лежит в слабощелочной области (рН 7,5). Это свойство используется при консервировании продуктов путем маринования или квашения.

Уксуснокислые бактерии сами активно накапливают кислоту и устойчивы к рН от 3 до 4, поэтому их относят к *ацидофильным* микроорганизмам, а холерный вибрион лучше развивается при рН 9. Такие микроорганизмы называются *алкалофильными*.

К ним относятся также уробактерии, разлагающие мочевины.

Если pH не соответствует оптимальной величине, то микробы не могут нормально развиваться даже при наличии всех необходимых питательных веществ, так как pH оказывает большое влияние на активность ферментов клетки и ее проницаемость.

Кислород и окислительно-восстановительный потенциал. Молекулярный кислород является одним из важнейших факторов внешней среды, определяющим направление биохимических реакций, осуществляемых микроорганизмами в энергетическом обмене.

Ядовитые вещества. Многие химические вещества как неорганические (соли ртути, меди, серебра; окислители – хлор, озон, йод, перекись водорода, хлорная известь, перманганат калия; щелочи и кислоты – едкий натр, сернистая, фтористоводородная, борная кислоты, некоторые газы – сероводород, сернистый, угарный газ), так и органические (спирты, фенолы, альдегиды, особенно формальдегид) оказывают губительное действие на микроорганизмы, механизм которого определяется химической природой этих веществ. Например, формальдегид вступает во взаимодействие с аминными группами аминокислот и пептидов и связывает их, нарушая нормальную жизнедеятельность клеток, фенолы угнетают дыхание микроорганизмов. В основном ядовитые вещества разрушают тонкую структуру клетки, вызывают денатурацию белков, инактивацию ферментов.

Ядовитые вещества либо убивают бактерии (*бактерицидное* действие), либо задерживают их развитие (*бактериостатическое* действие). На этом основано их использование в качестве дезинфицирующих средств и антисептиков).

В малых дозах ядовитые вещества часто стимулируют развитие микроорганизмов.

9.3 Биологические факторы

В природных условиях микроорганизмы подвергаются действию разнообразных биологических факторов. Это в основном продукты жизнедеятельности животных, растений и микроорганизмов, которые могут оказывать как благоприятное (стимуляторы роста, например, гиббереллиновая кислота или витамины), так и губительное воздействие на клетки (ингибиторы роста, например фитонциды), а также антибиотики.

Между микроорганизмами, а также между макро- и микроорганизмами существует два вида взаимоотношений: симбиоз и антагонизм.

Вопросы для самоконтроля

1. Физические факторы влияния окружающей среды на микроорганизмы.
2. Химические факторы влияния окружающей среды на микроорганизмы.
3. Биологические факторы влияния окружающей среды на микроорганизмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Мудрецова-Висс, К.А. Микробиология, санитария и гигиена / К. А. Мудрецова-Висс, В. П. Дедюхина. - 4-е изд., испр. и доп. – М. : ИД ФОРУМ : Инфра-М, 2010. – 400 с.
2. Санитарная микробиология [Электронный ресурс] / Р. Г. Госманов. – 1-е изд. - Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2010. – 240 с.
3. Нетрусов, А.И. Микробиология / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 384 с.

Дополнительная

1. Асонов, Н. Р. Микробиология : Учебник / Н. Р. Асонов. – М. : Колос, 1980. – 310 с.

Лекция 10

УЧЕНИЕ ОБ ИНФЕКЦИИ И ИММУНИТЕТЕ

10.1. Характеристика инфекционного процесса

Под названием «инфекция» подразумевают проникновение микроорганизма в макроорганизм и его размножение в нем, в результате чего возникает инфекционный процесс, который в зависимости от свойств возбудителя и формы его взаимодействия с макроорганизмом может иметь различные проявления: от бессимптомного носительства до тяжелейших форм инфекционного заболевания с летальным исходом. Наиболее выраженная форма инфекционного процесса называется инфекционной болезнью, для которой характерно наличие определенного возбудителя, инкубационного периода, специфичных для данной болезни симптомов и иммунного ответа. Название болезни обычно включает название возбудителя (вид, род или семейство) с добавлением суффиксов -оз, -ез или -аз. Например, сальмонелла – сальмонеллез, риккетсия – риккетсиоз, амeba – амeбиаз. В результате инфекции, т.е. проникновения патогенного микроорганизма в макроорганизм, размножения в нем, высвобождения продуктов метаболизма (ферменты, токсины) и действия их на макроорганизм нарушаются нормальные физиологические процессы, постоянство внутренней среды (гомеостаз). Макроорганизм, мобилизуя присущие ему неспецифические и специфические механизмы защиты, стремится уменьшить или полностью ликвидировать патогенную деятельность возбудителя, восстановить нарушенный гомеостаз. В большинстве случаев восстановление гомеостаза сопровождается приобретением организмом нового качества – иммунитета.

Возбудителями инфекционных болезней являются вирусы, прионы, бактерии, грибы, простейшие, гельминты. Все они являются паразитами. Паразитизм – форма отношений между двумя организмами разных видов, из которых один, называемый паразитом, использует другого, именуемого хозяином, как источник питания и место постоянного или временного обитания. Свойство паразитизма генетически закреплено за видом и передается по наследству. К паразитам относятся все возбудители инфекционных (из мира растений) и инвазионных (из мира животных) болезней человека. Патогенные (болезнетворные) микроорганизмы произошли, по-видимому, от сапрофитов, приспособившихся в процессе эволюции к паразитическому типу питания в различных тканях и органах животного организма. Патогенность – видовой признак, передающийся по наследству, закрепленный в геноме микроорганизма, в процессе эволюции паразита, т. е. это генотипический признак, отражающий потенциальную возможность микроорганизма проникать в макроорганизм (инфективность) и размножаться в нем (инвазионность), вызывать комплекс патологических процессов, возникающих при заболевании. Фенотипическим признаком патогенного микроорганизма является его вирулентность, т.е. свойство штамма, которое проявляется в определенных условиях (при изменчивости микроорганизмов, изменении восприимчивости макроорганизма и т.д.). Вирулентность можно повышать, понижать, измерять, т.е. она является мерой патогенности. Количественные показатели вирулентности могут быть выражены в DLM (минимальная летальная доза), PL (доза, вызывающая гибель 50 % экспериментальных животных). При этом учитывают вид животных, пол, массу тела, способ заражения, срок гибели. Организм человека или животного, находящийся в состоянии инфекции, называют инфицированным, а

предметы окружающей среды, на которые попали возбудители, называют загрязненными, или контаминированными.

Для инфекционного заболевания характерны определенные стадии развития:

- инкубационный период – время, которое проходит с момента заражения до начала клинических проявлений болезни. В зависимости от свойств возбудителя, иммунного статуса макроорганизма, характера взаимоотношений между макро- и микроорганизмом инкубационный период может колебаться от нескольких часов до нескольких месяцев и даже лет;
- продромальный период – время появления первых клинических симптомов общего характера, неспецифических для данного заболевания, например слабость, быстрая утомляемость, отсутствие аппетита и т. д.;
- период острых проявлений заболевания – разгар болезни. В это время проявляются типичные для данного заболевания симптомы: температурная кривая, высыпания, местные поражения и т. п.;
- период реконвалесценции – период угасания и исчезновения типичных симптомов и клинического выздоровления.

Не всегда клиническое выздоровление сопровождается освобождением макроорганизма от микроорганизмов. Иногда на фоне полного клинического выздоровления практически здоровый человек продолжает выделять в окружающую среду патогенные микроорганизмы, т.е. наблюдается острое носительство, иногда переходящее в хроническое носительство (при брюшном тифе – пожизненное).

Заразность инфекционной болезни – свойство передавать возбудителя от инфицированного к здоровому восприимчивому организму. Инфекционные болезни характеризуются воспроизводством (размножением) заразного начала, способного вызвать инфекцию у восприимчивого организма.

Инфекционные заболевания широко распространены среди населения. По массовости они занимают третье место после сердечно-сосудистых и онкологических болезней. Инфекционные болезни отрицательно влияют на здоровье людей и наносят значительный экономический ущерб. Существуют кризисные инфекционные болезни (например, ВИЧ-инфекция), которые в силу своей высокой эпидемичности и летальности угрожают всему человечеству.

Инфекционные болезни различают по степени распространенности среди населения; условно их можно разделить на пять групп:

- имеющие наибольшую распространенность (более 1000 случаев на 100 000 населения) – грипп, ОРВИ;
- широко распространенные (более 100 случаев на 100 000 населения) – вирусный гепатит А, шигеллезы, острые кишечные заболевания неустановленной этиологии, скарлатина, краснуха, ветряная оспа, эпидемический паротит;
- часто встречающиеся (10.100 случаев на 100 000 населения) – сальмонеллезы без брюшного тифа, гастроэнтероколиты установленной этиологии, вирусный гепатит В, коклюш, корь;
- сравнительно малораспространенные (1.10 случаев на 100000 населения) – брюшной тиф, паратифы, иерсиниозы, бруцеллез, менингококковая инфекция, клещевой энцефалит, геморрагические лихорадки;
- редко встречающиеся (менее 1 случая на 100 000 населения) -полиомиелит, лептоспироз, дифтерия, туляремия, риккетсиозы, малярия, сибирская язва, столбняк, бешенство.

Возникновение инфекционного заболевания зависит от многих факторов: патогенности и вирулентности микроорганизма, его дозы, способа и пути проникновения, состояния макроорганизма. Факторы вирулентности определяют способность микроорганизмов прикрепляться (адсорбироваться) на клетках (адгезия), размножаться на их поверхности (колонизация), проникать в клетки (пенетрация), противостоять факторам неспецифической резистентности и иммунной защиты организма (агрессия). Начальной стадией инфекционного процесса является проникновение микроорганизмов во внутреннюю среду организма путем преодоления ими механических барьеров (кожа, слизистые оболочки, бактерицидные и бактериостатические вещества кожи, пищеварительного тракта – ферменты, соляная кислота желудка и т.д.). При этом микроорганизмы могут проникать через кожу и слизистые оболочки, респираторный, желудочно-кишечный тракт, мочеполовую систему и т.д. Следующими стадиями являются адгезия и колонизация, связанные с прикреплением микроорганизмов на чувствительные клетки с последующим размножением возбудителя на поверхности этих клеток. Механизм адгезии основан или на физико-химическом взаимодействии между клетками возбудителя и макроорганизма (вандерваальсовы силы), или на специфическом взаимодействии с адгезинами – химическими группировками, расположенными на поверхности микробных клеток, соответствующих рецепторам клеток хозяина. У каждого вида и даже штамма микроорганизма имеются свои адгезины, обладающие уникальными структурами, что обеспечивает высокую специфичность взаимодействия бактериальной клетки с клеткой хозяина. С этим связана тропность бактерий, т.е. избирательность связывания микроорганизмов с теми или иными клетками организма, например сродство к эпителию респираторного тракта, кишечному эпителию, нервным клеткам и т.д.

Адгезины многих бактерий отдела Gracillicutes связаны с фимбриями, у бактерий отдела Firmicutes адгезины в основном представляют собой белки и липотейхоевые кислоты клеточной стенки. Все вирусы, а также некоторые виды патогенных бактерий могут пенетрировать (проникать) внутрь клеток макроорганизма. В эпителиальные клетки проникают шигеллы, некоторые серовары эшерихий, где они, размножаясь, разрушают клетки с образованием эрозий слизистой оболочки кишечника. Процесс проникновения вируса в клетки – многоэтапный сложный процесс (см. главу 3).

Взаимодействие микро- и макроорганизма может привести к подавлению неспецифических факторов защиты. Агрессия осуществляется за счет структур бактериальной клетки: капсулы, клеточной стенки, липополисахаридов грамотрицательных бактерий, которые подавляют миграцию лейкоцитов, препятствуют фагоцитозу. Для подавления иммунитета патогенные микроорганизмы продуцируют ферменты: протеазы, разрушающие иммуноглобулины; коагулазу, свертывающую плазму крови; фибринолизин, растворяющий сгустки фибрина; лецитиназу, растворяющую лецитин в оболочках клеток человека.

Одним из мощных факторов агрессии являются токсины, играющие основную роль в патогенезе инфекционного процесса. Бактериальные токсины могут быть секретлируемыми (экзотоксин) и несекретлируемыми (эндотоксин).

По механизму действия экзотоксины делятся на четыре типа.

1. Цитотоксины блокируют синтез белка на субклеточном уровне. Например, дифтерийный цитотоксин полностью угнетает действие фермента трансферазы II, ответственной за элонгацию (удлинение) полипептидной цепи на рибосоме;

- Мембранотоксины повышают проницаемость поверхностной мембраны эритроцитов (гемолизин) и лейкоцитов (лейкоцидины), разрушая их.
 - Функциональные блокаторы – токсины, блокирующие функции определенных тканевых систем.
2. Энтеротоксины (холероген и др.) активируют аденилатциклазу, что приводит к повышению проницаемости стенки тонкой кишки и повышению выхода жидкости в ее просвет, т.е. диарее.
 3. Нейротоксины (тетаноспазмин столбнячной палочки и др.) блокируют передачу нервных импульсов в клетках спинного мозга
 4. Эксофолиатины и эритрогенины образуются некоторыми штаммами золотистого стафилококка и скарлатинозного стрептококка.

Отдельные участки белковой молекулы этих токсинов имитируют структуры субъединиц гормонов, ферментов, нейромедиаторов макроорганизма и блокируют функциональную активность этих соединений.

Эндотоксины отличаются от экзотоксинов меньшей специфичностью действия, меньшей токсичностью, большей термостабильностью. Эндотоксины угнетают фагоцитоз, вызывают одышку, диарею, падение сердечной деятельности, понижение температуры тела. Малые дозы эндотоксина могут вызывать обратный эффект. Эндотоксины активируют комплемент по альтернативному пути.

Многие факторы вирулентности бактерий (адгезия, колонизация, пенетрация, инвазия, подавление неспецифической и иммунной защита макроорганизма) контролируются хромосомными и плазмидными генами. R-плазмиды детерминируют не только множественную резистентность к разным антибиотикам, но и их токсигенность. Токсинообразование детерминируется хромосомными генами или различными плазмидами (F, R, Col и др.), содержащими tox-транспозоны или умеренные фаги. Утрата плазмидных (в отличие от хромосомных) генов не приводит к гибели бактериальной клетки.

В условиях макроорганизма на фоне химиотерапии может происходить селекция антибиотикоустойчивых маловирулентных штаммов, предсуществующих в гетерогенной популяции. Механизм селекции осуществляется при отборе авирулентных и высоковирулентных штаммов.

Инфекционный процесс может протекать в различных клинических формах. Их проявления обозначают специальными терминами. Сепсис – генерализованная форма инфекции. Характеризуется размножением возбудителя в крови вследствие снижения иммунных механизмов. При возникновении вторичных гнойных очагов во внутренних органах развивается септикопиемия, а при массивном поступлении в кровь бактерий и их токсинов может развиваться бактериемический или токсико-септический шок. Одной из стадий в патогенезе некоторых инфекционных болезней являются бактериемия и вирусемия. Они отличаются от сепсиса тем, что возбудители не размножаются в крови, а кровь выполняет транспортную функцию для микроорганизма. При некоторых протозойных инфекциях наблюдается циклическое размножение в крови паразитов (малярия, трипаносомоз).

Инфекционное заболевание, вызванное одним видом микроорганизмов, называют моноинфекцией, а двумя или более видами (многие респираторные инфекции, внутрибольничные инфекции) – смешанной (микст-)инфекцией. От смешанных инфекций отличают вторичную инфекцию, когда к первоначальной, основной, уже развившейся инфекционной болезни присоединяется другая, вызываемая новым

возбудителем (на фоне брюшного тифа может возникнуть пневмония, бактериальная или вирусная). Реинфекция – повторное заражение тем же возбудителем (после некоторых заболеваний стойкий иммунитет не образуется). Если инфицирование тем же возбудителем происходит до выздоровления, возникает суперинфекция.

Иногда клинические симптомы болезни появляются вновь без повторного инфицирования – за счет активации оставшихся в макроорганизме возбудителей (возвратный тиф, остеомиелит, сыпной тиф, болезнь Бриля). В таких случаях говорят о рецидиве болезни. Инфекционное заболевание может сопровождаться полным набором характерных для него симптомов (манифестная форма) либо симптомы заболевания могут быть слабо выражены (инаппарантная форма) или протекать с неполным набором симптомов (абортивная форма). Иногда после перенесенного заболевания формируется реконвалесцентное носительство, когда физиологические показатели здоровья возвращаются к норме, но больной продолжает выделять жизнеспособных возбудителей.

10.2. Основные эпидемиологические понятия

Эпидемиология – это наука, изучающая условия возникновения и механизмы распространения эпидемического процесса, а также совокупность противоэпидемических мероприятий, направленных на предупреждение и снижение инфекционных заболеваний, циркулирующих в человеческом коллективе.

Эпидемический процесс включает три взаимосвязанных обязательных элемента:

- источник инфекции;
- механизм передачи инфекции;
- восприимчивый коллектив людей.

Исключение любого из перечисленных элементов прерывает эпидемический процесс.

Источник инфекции представляет собой биологический или абиологический объект, являющийся естественной средой обитания, размножения патогенных микробов. Это может быть человек (больной или носитель), животные (больные или носители) и некоторые объекты внешней среды, где при благоприятных условиях (температура, влажность, питательная среда) возможно размножение возбудителей болезни. Болезни, при которых источником инфекции является человек, называются ант-ропозами; если источником инфекции являются животные, – зоонозами; а в тех случаях, когда болезнетворный микроб размножается в окружающей среде, болезни называют сапронозами. У сапронозов первый и второй элементы эпидемической цепочки как бы сливаются воедино.

Известный российский ученый Л. В. Громашевский разработал закономерность механизма передачи инфекции из инфицированного организма в неинфицированный, связал механизм передачи инфекции с локализацией патологического очага в инфицированном организме и на этой основе разработал классификацию инфекционных болезней, принятую во всем мире:

- группа I – болезни с фекально-оральным механизмом передачи (дизентерия, холера и т. д.);
- группа II – болезни с аэрогенным (респираторным) механизмом передачи (дифтерия, корь и т. д.);
- группа III – болезни с трансмиссивным механизмом передачи (сыпной тиф, малярия и т. д.);

- группа IV – болезни с контактным механизмом передачи (сифилис, гонорея и т. д.).

Последователи Л. В. Громашевского расширили разработанную им схему, добавив в нее искусственный парентеральный механизм заражения (шприцы, плохо стерилизованные медицинские инструменты и т. п.), а также вертикальный механизм передачи, при котором возбудитель может через зародышевые клетки передаваться плоду; разделили каждую группу на антропонозный и зоонозный ряд. В рамках одного механизма передачи могут действовать различные пути передачи (пищевой, водный и др.). В рамках пищевого пути передачи могут действовать отдельные факторы передачи (молоко, мясо и т. д.). Третий элемент эпидемического процесса составляет восприимчивость к данной инфекции конкретного коллектива. В понятие коллективной невосприимчивости входят не только иммунная прослойка населения (количество невосприимчивых людей из 100 членов коллектива), но и социальные условия жизни, уровень питания и т. д. Противоэпидемические и профилактические мероприятия обычно направлены на все три звена эпидемической цепи: на первый элемент – раннее выявление, диагностика, изоляция (в стационаре или на дому), карантинные меры – дератизация; на второй элемент – дезинфекция в очаге болезни, дезинфекция питьевой воды, обеззараживание нечистот, организация санитарно-противоэпидемического режима в медицинских учреждениях, отпугивание и уничтожение членистоногих переносчиков болезней (инсектициды и репелленты, противомоскитные сетки); на третий элемент – плановая и по эпидемиологическим показаниям активная иммунизация, экстренная (применение антибиотиков) и пассивная иммунизация.

Это общая схема, но при каждой болезни медицинская служба делает различные акценты. Например, при борьбе с дизентерией (и большинством кишечных инфекций) акцент противоэпидемических мероприятий смещается на второй элемент эпидемической цепи, при борьбе с дифтерией – на третий элемент (массовая вакцинация), что, конечно, не исключает воздействия и на другие элементы эпидемического процесса. Интенсивность эпидемического процесса выражается в интенсивных показателях заболеваемости (смертности): количество заболевших (умерших) на 10 000 (или 100 000) населения с указанием названия болезни, территории и исторического отрезка времени. Эпидемиологи различают три степени интенсивности эпидемического процесса. Спорадическая заболеваемость – обычный уровень заболеваемости данной нозологической формой на данной территории в данный исторический отрезок времени (например, заболеваемость брюшным тифом в городе N. в 1988 г. составила 2 на 100 000 населения).

Эпидемия – уровень заболеваемости данной нозологической формой на данной территории в конкретный отрезок времени, резко превышающий уровень спорадической заболеваемости (например, заболеваемость брюшным тифом в городе N. в 1976 г. составила 200 на 100 000 населения).

Пандемия – уровень заболеваемости данной нозологической формой на данной территории в конкретный отрезок времени, резко превышающий уровень эпидемий. Как правило, такой высокий уровень заболеваемости трудно удержать в рамках определенного географического региона, и заболеваемость обычно быстро распространяется, захватывая новые и новые географические зоны (например, пандемия холеры, гриппа и др.). Не исключена возможность пандемии какого-либо заболевания в строгих географических рамках. Например, пандемия сыпного тифа в период гражданской войны в России (1908-1922), которая не вышла за границы России.

Эндемия – не характеризует интенсивность эпидемического процесса. Это понятие включает в себя относительную частоту заболевания данной нозологической формой на данной географической территории. Различают эндемию природно-очаговую, связанную с природными условиями и ареалом распространения переносчиков и резервуаров инфекции (например, желтая лихорадка, чума и др.), и эндемию статистическую, обусловленную комплексом климатогеографических и социально-экономических факторов (например, холера в Индии и др.).

Конвенционные (карантинные) болезни – наиболее опасные болезни, склонные к быстрому распространению. Система информации и меры профилактики в этих случаях обусловлены международными соглашениями (конвенцией). Это касается, например, чумы, холеры, оспы, желтой лихорадки.

10.3 Виды иммунитета

Различают несколько основных видов иммунитета. Наследственный иммунитет (врожденный, видовой) обусловлен выработанной в процессе филогенеза генетически закрепленной невосприимчивостью вида к данному антигену или микроорганизму; он связан с биологическими особенностями макро- и микроорганизма и характером их взаимодействия. Видовой иммунитет неспецифичен и может быть абсолютным (например, невосприимчивость животных к возбудителю ВИЧ-инфекции человека, к вирусам бактерий) и относительным (например, появление чувствительности к столбнячному токсину у нечувствительных к нему лягушек при повышении температуры тела).

Приобретенный иммунитет специфичен и не передается по наследству. Он формируется естественно и создается искусственно. Естественный приобретенный иммунитет появляется после перенесенного инфекционного заболевания (оспа, корь и др.) или при бытовых скрытых контактах с небольшими дозами микробных антигенов (так называемая бытовая иммунизация).

Искусственный приобретенный иммунитет возникает при вакцинации.

Иммунитет бывает активный и пассивный. Активный иммунитет вырабатывается организмом в результате воздействия антигена на иммунную систему (например, при вакцинации).

Пассивный иммунитет обусловлен антителами, передаваемыми от иммунной матери ребенку при рождении или путем введения иммунных сывороток, а также при пересадке иммунных клеток.

Активный иммунитет может быть гуморальным (обусловлен антителами), клеточным (обусловлен иммунокомпетентными клетками) и клеточно-гуморальным (обусловлен и антителами, и иммунокомпетентными клетками). Например, антитоксический иммунитет к ботулизму и столбняку является гуморальным, так как он обусловлен антителами, циркулирующими в крови, иммунитет к лепре или туберкулезу – клеточный, а к оспе – клеточно-гуморальный. Различают также иммунитет стерильный, сохраняющийся в отсутствие микроорганизма, и нестерильный, который существует только при наличии возбудителя в организме.

Классическим примером нестерильного иммунитета является иммунитет при туберкулезе.

Отдельно выделяют так называемый местный иммунитет, который защищает отдельные участки организма, например слизистые оболочки, от возбудителей инфекционных болезней. Он формируется при участии секреторного иммуноглобулина А и характеризуется более активным фагоцитозом.

Вопросы для самоконтроля

1. Характеристика инфекционного процесса
2. Основные эпидемиологические понятия
3. Виды иммунитета

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Мудрецова-Висс, К.А. Микробиология, санитария и гигиена / К. А. Мудрецова-Висс, В. П. Дедюхина. - 4-е изд., испр. и доп.– М. : ИД ФОРУМ : Инфра-М, 2010.–400 с.
2. Санитарная микробиология [Электронный ресурс] / Р. Г. Госманов.–1-е изд. - Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2010. – 240 с.
3. Нетрусов, А.И. Микробиология / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 384 с.

Дополнительная

1. Асонов, Н. Р. Микробиология : Учебник / Н. Р. Асонов. – М. : Колос, 1980. – 310 с.

Лекция 11

ПРИНЦИПЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В связи с бурным развитием промышленности и урбанизацией потребление воды во всем мире увеличивается все нарастающими темпами. Вода превратилась в один из ценнейших видов сырья. Так, на выработку 1 т хлопчатобумажной ткани расходуется 6-30 м³, на выработку 1 т капроновой ткани – 5000 м³ воды.

США в 1900 г. потребляли 6% своих водных ресурсов, в 1960 г. – уже 60%, а в настоящее время они импортируют воду из Канады. Швеция экспортирует воду в Данию, а также в Голландию и ФРГ.

К концу века потребность в воде увеличится в 4-5 раз по сравнению с ее потребностью в 1965 г.

Научно-технический прогресс обуславливает возрастание загрязнения биосферы в целом, и в частности загрязнение рек, озер и других источников воды, включая Мировой океан.

Так, в Стокгольме за год сбрасывают в водоемы 850 тыс. м³ снега, содержащего около 30 тыс. кг свинца, 6 тыс. кг нефти, 130 тыс. кг хлорида натрия и большие количества других ядовитых загрязнений.

Запасы чистой питьевой воды катастрофически уменьшаются вследствие загрязнения и евтрофикации водоемов. Часто реки, особенно малые с замедленным водообменом, и озера погибают не от того, что в них накапливаются ядовитые вещества, а от обилия питательных веществ. Например, удобрения или органические отходы, попадающие в реку с сельскохозяйственными стоками, из городской канализации и с отходами пищевой промышленности, нарушают природное равновесие в воде. Нитраты удобрений, а также фосфаты моющих средств и удобрений способствуют ускоренному росту фитопланктона. Затем возрастает количество ракообразных и рыб. Увеличение численности населения водоема и разложение большого количества отмерших организмов приводит к дефициту кислорода и накоплению сероводорода, в результате чего водоем становится непригодным для существования любых форм организмов и постепенно «умирает» – евтрофируется.

Так погибли Великие американские озера. Сейчас умирает Женевское озеро. Ежегодно содержание кислорода в нем падает на 30 тыс. т.

В восточных многоводных штатах США 90% рек превращены в канализационные коллекторы, примером степени загрязнения их может служить р. Потомак, равная по своей водности нашему Днестру. Вода в этой реке настолько загрязнена, что ее не разрешается использовать даже для декоративных фонтанов.

11.1 Природные воды как источник водоснабжения и их очистка

Для хозяйственно-питьевых целей в качестве источников водоснабжения используются: воды глубокого залегания, выкачиваемые через артезианские скважины; подземные воды верхних слоев, скапливающиеся в колодцах; родниковые воды; речные; озерные; воды искусственных источников водоснабжения – водохранилищ.

Требования к качеству хозяйственно-питьевой воды. Определены специальными государственными стандартами ГОСТ 2874-54 «Вода питьевая» и ГОСТ 2761-74 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Правила выбора и оценка качества». К качеству питьевой воды предъявляются следующие требования: вода должна быть прозрачной, по возможности

бесцветной, без постороннего запаха и вкуса; не должна содержать посторонние примеси, влияющие на здоровье человека, а также болезнетворные микроорганизмы; должна быть свободна от животных и растительных организмов, паразитов, яиц и личинок паразитов.

Наиболее удовлетворяют этим требованиям артезианские и родниковые воды, не нуждающиеся в предварительной очистке. В реках, используемых в качестве источников водоснабжения, вода бывает уже менее чистой и далеко не из всякой реки вода может быть использована для питьевых целей. Даже в относительно чистой реке не в каждом месте можно забирать воду для водопровода. Прежде всего в водопровод не должны попадать канализационные стоки, поэтому забор воды для водопровода должен осуществляться выше или значительно ниже места спуска канализационных вод, где процессы самоочищения воды заканчиваются.

Водохранилища как источники водоснабжения имеют ряд преимуществ перед реками: обладают более постоянной водностью, а также более стабильными физическими и химическими показателями воды. Однако в отличие от рек в водохранилищах отмечается бурное цветение воды, обусловленное развитием диатомовых и синезеленых водорослей, что очень затрудняет фильтрование воды, обуславливает неприятные запахи и привкусы воды в результате выделения водорослями продуктов обмена, иногда токсичных для человека и скота.

Источниками водоснабжения, близкими к водохранилищам, являются естественные озера. Наиболее пригодны для водоснабжения озера олиготрофного типа с бесцветной мягкой водой, не подвергающиеся интенсивному цветению. Труднее использовать для водоснабжения евтрофные озера, сильно заиленные и часто цветущие синезелеными водорослями. Еще менее пригодны для водоснабжения дистрофные озера с коричневой кислой водой, с торфянистыми отложениями на дне.

В связи с этим при заборе воды из реки, озера или водохранилища необходима соответствующая ее обработка.

11.2 Загрязнение водоемов патогенными микроорганизмами

Заражение воды патогенными микроорганизмами может происходить самыми различными путями: попадание в источники организованного водоснабжения неочищенных хозяйственно-фекальных (бытовых) стоков, спуск сточных вод с плавающих судов, боен мясокомбинатов, ветеринарных лечебниц, предприятий, обрабатывающих животное сырье; перегон через реки домашнего скота, загрязнение воды дикими животными – переносчиками ряда инфекционных заболеваний; аварий на канализационных сооружениях и др.

Использование водоемов в рекреационных целях приводит к значительному загрязнению воды.

Так, каждый купающийся человек, вносит в воду в среднем 462,2 мг органического вещества и 3,4 млрд. бактерий, в том числе от 100 тыс. до 20 млн. кишечной палочки, а загрязнение воды при купании животных во много раз больше.

Значительное загрязнение дают стоки от рынков, в которых количество одних только сапрофитных бактерий достигает 10 млрд. в 1 мл, а коли-титр составляет 10^6 - 10^8 . Поверхностный сток современного города по степени его загрязнения микроорганизмами, основная масса которых представлена кишечной микрофлорой, приравнивается к хозяйственно-бытовым сточным водам.

Некоторое количество микроорганизмов попадает в воду из воздуха, оседая с пылью или с атмосферными осадками, вымывается из почвы дождями, при таянии снега.

Незагрязненные реки, озера и водохранилища, в которых развивается нормальная флора и фауна, являются неблагоприятной средой для развития болезнетворных бактерий.

В водоемах с высоким содержанием кислорода (100-150% насыщения) развиваются аэробные микроорганизмы, активно окисляющие и минерализующие органическое вещество, вследствие чего патогенные бак-герии лишаются источника питания и фактически не размножаются, а лишь сохраняются. Вода обычно имеет более низкую температуру, чем организм человека и животных – естественное местообитание патогенных бактерий, что также препятствует их развитию.

Несмотря на факторы, ограничивающие развитие болезнетворных микроорганизмов, вода часто является источником ряда кишечных инфекционных заболеваний – брюшного тифа, паратифа, дизентерии, холеры. Доказано, что через воду передаются и такие заболевания, как инфекционная желтуха, туляремия, бруцеллез, водная лихорадка, полиомиелит, лептоспироз, шигеллез, туберкулез и др. Продолжительность сохранения патогенных бактерий в речной воде колеблется в зависимости от ее состава и свойств. Холерный вибрион может сохраняться в ней более года. Однако в воде некоторых рек, например Ганга, он быстро гибнет, что объясняется наличием в ней бактериофага. В воде патогенные микроорганизмы могут выживать значительно дольше вследствие высокой концентрации питательных веществ.

11.3 Микробиологические показатели качества хозяйственно-питьевой воды

Пригодность природной и водопроводной воды для хозяйственно-питьевого использования определяют по ряду микробиологических показателей, основными из которых являются микробное число, коли-титр и коли-индекс, вспомогательными – количество патогенных микроорганизмов, не выявляемых анализом на коли-титр, а также наличие бактериофагов, микроорганизмов, вырастающих при посеве 1 мл неразбавленной воды на обычных питательных средах (МПА и др.) за 24 ч при 37° С.

Большинство водных микроорганизмов при определении микробного числа не учитывается, так как на обычных средах не вырастают нитрифицирующие, азотфиксирующие бактерии, серобактерии, большинство грибов, а также анаэробы. Несмотря на относительную малочисленность сапрофитная микрофлора является важным показателем санитарного состояния и качества воды.

По количеству сапрофитных микроорганизмов в 1 мл воду делят на следующие категории (схема Микеля): чрезвычайно чистая (от 0 до 10 клеток); весьма чистая (10—100); чистая (100-1000); посредственная (1000- 10 000); нечистая (10 000—100 000 клеток).

Согласно другим нормам, принятым в ряде стран, вода по содержанию микроорганизмов в 1 мл, разделяется на три категории: до 100 бактерий — хорошая питьевая вода; от 100 до 500 бактерий – сомнительная вода; более 500 бактерий — вода, которую можно употреблять только после фильтрации, поскольку на фильтрах задерживается до 98-99% бактерий.

В соответствии с ГОСТ 2874-54 «Вода питьевая» микробное число не должно превышать 100.

Для оценки качества питьевой воды наиболее важное значение имеют не содержание микроорганизмов вообще, а наличие в ней патогенных микроорганизмов.

11.4 Основные методы обработки питьевой воды

На водопроводных станциях воду, поступающую из какого-либо источника водоснабжения, подвергают обработке. В основе методов обработки лежат химические, физические и физико-химические процессы, которые можно разделить на две большие группы: процессы, связанные с корректированием ее физических и химических свойств и процессы, обеспечивающие обеззараживание воды, т.е. освобождение ее от болезнетворных микроорганизмов.

Среди процессов первой группы основное место занимают осветление, обесцвечивание воды, удаление из воды нежелательных привкусов и запахов, агрессивных газов, ионов железа, марганца, кремниевой кислоты, катионов кальция и магния, обессоливание и опреснение воды и т. д.

Осветление и частичное обесцвечивание воды осуществляются как безреагентными, так и реагентными методами. Осветление и частичное обесцвечивание воды без использования реагентов происходит при длительном ее отстаивании в открытых бассейнах-отстойниках или водохранилищах. К безреагентным методам относится также *медленное фильтрование* (0,1-0,2 м/ч) через слой фильтрующего материала (обычно кварцевого речного песка) с мелкими фракциями (0,25-0,35 мм), задерживающегося находящиеся в воде взвешенные вещества.

Реагентный метод осветления и обесцвечивания – *коагулирование* – основан на применении коагулянтов: сульфата; хлорного железа; сульфата железа и др. В результате коагулирования в воде образуются хлопья, включающие взвешенные и коллоидные частицы, придающие воде окраску и мутность. После осаждения основной массы взвеси вода обычно фильтруется через слой песка, при этом в отличие от медленного фильтрования скорость процесса составляет 5-10 м/ч и фильтрующий материал содержит более крупные фракции (0,5-2,0 мм). Этот процесс называется *скорым фильтрованием*. При пропускании воды через фильтры нормальная очистка воды достигается только тогда, когда в верхних слоях фильтра сформируется биологическая пленка, состоящая из содержащихся в воде примесей, в том числе и микроорганизмов (медленные фильтры) или из хлопьев коагулянтов, примесей и клеток бактерий (скорые фильтры). После медленной фильтрации в воде остается 1-3% бактерий и вирусов, после скорой – 25-30% бактерий, 65% бактериофагов и 90% энтеровирусов, поэтому профилированную воду необходимо обеззараживать.

Обеззараживание воды осуществляется обработкой сильными окислителями (при больших количествах воды – хлором, при малых – соединениями хлора, йодом, ионами тяжелых металлов), озонированием, облучением ультрафиолетовыми лучами, гамма-излучением, ультразвуковыми волнами.

Наряду с современными методами обеззараживания воды, недостаточно эффективно инактивирующими вирусы, некоторые споровые формы патогенных бактерий, особенно имеющих капсулы и др., начинают применяться новые методы обработки воды. Показана перспективность использования ионообменных, адсорбционных процессов для одновременного удаления из воды взвешенных веществ, бактерий и вирусов. Известно, что мутные воды содержат много бактерий, адсорбированных на взвешенных частицах, поэтому они хуже обеззараживаются и в них создаются условия для выживания микроорганизмов. Новые методы основаны на адсорбционных свойствах некоторых высокодисперсных материалов, например глинистых минералов (природные алюмосиликаты – каолин, бентонит и др.). Частицы глины способны собирать примеси коллоидного характера (коагуляция), не поддающиеся удалению из воды другими способами, а также бактерии и

энтеровирусы. Так, гель бентонита в концентрации 2,5-5% адсорбирует более 99% исходного количества вируса ящура. На первом этапе очистки осуществляют искусственное замутнение воды с помощью этих минералов. Коагуляцию и осветление воды ускоряют добавлением флокулянтов– реагентов, способствующих коагуляции: полиакриламида, активированной кремнекислоты и др. Затем воду фильтруют. Таким путем обеспечивается более полное обеззараживание воды, чем при обычно применяемых методах.

Вопросы для самоконтроля

1. Природные воды как источник водоснабжения и их очистка
2. Загрязнение водоемов патогенными микроорганизмами
3. Микробиологические показатели качества хозяйственно-питьевой воды
4. Основные методы обработки питьевой воды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Мудрецова-Висс, К.А. Микробиология, санитария и гигиена / К. А. Мудрецова-Висс, В. П. Дедюхина. - 4-е изд., испр. и доп.– М. : ИД ФОРУМ : Инфра-М, 2010.–400 с.
2. Санитарная микробиология [Электронный ресурс] / Р. Г. Госманов.–1-е изд. - Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2010. – 240 с.
3. Нетрусов, А.И. Микробиология / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 384 с.

Дополнительная

1. Асонов, Н. Р. Микробиология : Учебник / Н. Р. Асонов. – М. : Колос, 1980. – 310 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асонов, Н. Р. Микробиология : Учебник / Н. Р. Асонов. – М. : Колос, 1980. – 310 с.
2. Асонов, Н.Р. Микробиология / Н.Р. Асонов. – М.: Колос, 2001. – 352 с.
3. Биология / Под ред. В.Н. Ярыгина. – М.: Медицина, 1987. – 448с.
4. Вербина, Н.М. Гидромикробиология с основами общей микробиологии. – М. : «Пищевая промышленность», 1980. – 288 с.
5. Гусев, М.В. Микробиология. / М.В. Гусев, Л.А. Минаева. – М.: Академия, 2008. – 464 с.
6. Емцев, В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин – М.: Дрофа, 2005. – 446 с.
7. Котова, И.Б. Общая микробиология / И.Б. Котова, А.И. Нетрусов – М.: Академия, 2007. – 288 с.
8. Мудрецова-Висс, К.А. Микробиология, санитария и гигиена / К. А. Мудрецова-Висс, В. П. Дедюхина. - 4-е изд., испр. и доп.– М. : ИД ФОРУМ : Инфра-М, 2010.–400 с.
9. Нетрусов, А.И. Микробиология / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 384 с.
10. Нетрусов, А.И. Микробиология / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. –М.: Издательский центр "Академия". 2006. - 352 с.
11. Пиневиц, А.В. Микробиология. Биология прокариотов: Учебник. В 3-х томах. Том 3 / А.В. Пиневиц. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 2009. – 457 с.
12. Санитарная микробиология [Электронный ресурс] / Р. Г. Госманов.–1-е изд. - Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2010. – 240 с.
13. Стейниер, Р. Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – М.: Мир, 1979.: Т.1. – 320 с. Т.2. – 336 с.Т.3. – 488 с.
14. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель – М.: Мир, 1987. – 568 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лекция 1. ПОЛОЖЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРИРОДЕ	4
Лекция 2. СТРОЕНИЕ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ	6
Лекция 3. СТРОЕНИЕ ПРОКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ	8
Лекция 4. СИСТЕМАТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ БАКТЕРИЙ	11
Лекция 5. МЕТАБОЛИЗМ МИКРООРГАНИЗМОВ	15
Лекция 6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН У МИКРООРГАНИЗМОВ	18
Лекция 7. РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ	22
Лекция 8. ГЕНЕТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ	28
Лекция 9. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА МИКРООРГАНИЗМЫ	32
Лекция 10. УЧЕНИЕ ОБ ИНФЕКЦИИ И ИММУНИТЕТЕ	40
Лекция 11. ПРИНЦИПЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	48
Библиографический список	53