

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

А. П. Дуктов, Г. В. Воронцов

# МИКРОБИОЛОГИЯ

## Курс лекций

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства  
в качестве учебно-методического пособия для студентов  
учреждений высшего образования, обучающихся  
по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство*

Горки  
БГСХА  
2017

УДК 579(075.8)

ББК 28.4я73

Д79

*Одобрено методической комиссией  
факультета биотехнологии и аквакультуры  
27.12.2016 (протокол № 4)  
и Научно-методическим советом БГСХА  
28.12.2016 (протокол № 4)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук *А. П. Дуктов*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Г. В. Воронцов*

Рецензенты:

доктор ветеринарных наук, доктор биологических наук, профессор  
*П. А. Красочко* (РУП «ИЭВ им. С. Н. Вышелесского»);  
кандидат ветеринарных наук, доцент *А. А. Гласкович* (УО ВГАВМ)

**Дуктов, А. П.**

Д79      Микробиология. Курс лекций : учебно-методическое пособие / А. П. Дуктов, Г. В. Воронцов. – Горки : БГСХА, 2017. – 136 с.

ISBN 978-985-467-669-2.

Курс лекций подготовлен в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой ступени специальности «Промышленное рыбоводство». Включает два раздела – «Общая микробиология» и «Частная микробиология». В разделе «Общая микробиология» рассматриваются общие вопросы, характеризующие микробиологию как науку с ее основными понятиями, принципами и закономерностями. В разделе «Частная микробиология» дается представление о микрофлоре воды и ее видовом составе в водоемах разных климатических зон, в частности Беларуси, также о микробиологии рыбы и продуктов рыбоводства.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

**УДК 579(075.8)**

**ББК 28.4я73**

**ISBN 978-985-467-669-2**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Данный курс лекций подготовлен для студентов специальности «Промышленное рыбоводство». Он позволит более подробно разобраться с ролью микроорганизмов в природе, их свойствами, особенностями и полезным использованием.

Роль микробиологии определяется значением микроорганизмов в природных процессах и в человеческой деятельности. Именно они обеспечивают протекание глобального круговорота элементов на нашей планете. Такие его стадии, как фиксация молекулярного азота, денитрификация или минерализация сложных органических веществ, были бы невозможны без участия микроорганизмов. На деятельности микроорганизмов основан целый ряд необходимых человеку производств рыбных и других продуктов питания. Микроорганизмы используются для очистки окружающей среды от различных природных и антропогенных загрязнений. В то же время многие микроорганизмы являются возбудителями заболеваний человека, животных, рыб, растений, а также не только вызывают порчу продуктов питания, но и способствуют процессу их приготовления.

Микроорганизмы играют наиважнейшую роль в природе и в жизнедеятельности человека.

## Раздел 1. ОБЩАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

### 1.1. История развития микробиологии как науки. Систематика и классификация микроорганизмов

Микробиология – наука о живых организмах, невидимых невооруженным глазом (микроорганизмах, размеры которых не превышают 0,1 мм). К ним относят: бактерии, археобактерии, микроскопические грибы и водоросли, часто этот список продолжают простейшими и вирусами. В область изучения микробиологии входит их систематика, морфология, физиология, биохимия, эволюция, роль в экосистемах, а также возможности практического использования.

Разделы микробиологии: бактериология, микология, вирусология и т. д. В зависимости от экологических особенностей микроорганизмов, условий их обитания, сложившихся отношений с окружающей средой и в зависимости от практических потребностей человека наука о микробах в своем развитии дифференцировалась на такие специальные дисциплины, как общая микробиология, медицинская, промышленная (или техническая), космическая, геологическая, сельскохозяйственная и ветеринарная микробиология.

#### **История науки.**

За несколько тысяч лет до возникновения микробиологии как науки человек, не зная о существовании микроорганизмов, широко применял природные процессы, связанные с брожением, для приготовления кумыса и других кисломолочных продуктов, для получения алкоголя, уксуса, при мочке льна.

*Донаучный этап развития.* Люди издавна знали о многих процессах, вызываемых микроорганизмами, однако не знали истинных причин, вызывающих эти явления. Отсутствие сведений о природе таких явлений не мешало делать наблюдения и даже использовать некоторые из этих процессов в быту. Ряд философов и естествоиспытателей делали умозрительные заключения о причинах тех или иных явлений. При этом наиболее близко к открытию микромира подошел венецианский врач Джироламо Фракасторо (1478–1553), предположивший, что инфекции вызывают маленькие тельца, передающиеся при контакте и сохраняющиеся на вещах больного. Однако в то время невозможно было удостовериться в правильности его идей, и распространение получили совершенно иные гипотезы.

Многие ученые продолжали отвергать бактериальную природу инфекционных заболеваний даже после революционных открытий Пас-

тера и Коха. Так, в 1892 году немецкий естествоиспытатель Макс Петтенкофер, уверенный в том, что холеру вызывают миазмы, выделяемые окружающей средой, проглотил при свидетелях-медиках культуру холерных вибрионов и не заболел.

**Описательный этап.** Возможность изучения микроорганизмов возникла лишь с развитием оптических приборов. Первый микроскоп был создан еще в 1610 году Галилеем. В 1665 году Роберт Гук впервые увидел растительные клетки. Однако 30-кратного увеличения его микроскопа не хватило, чтобы увидеть простейших и тем более бактерии. По мнению В. Л. Омелянского, «первым исследователем, перед изумленным взором которого открылся мир микроорганизмов, был ученый иезуит Афанасий Кирхер (1601–1680), автор ряда сочинений астрологического характера». Однако обычно первооткрывателем микромира называют нидерландского натуралиста Антони ван Левенгука.

В своем письме Лондонскому Королевскому обществу он сообщает, как 24 апреля 1676 года микроскопировал каплю воды, и дает описание увиденных там существ, в том числе бактерий. Левенгук считал обнаруженных им микроскопических существ «очень маленькими животными» и приписывал им те же особенности строения и поведения, что и обычным животным. Повсеместное распространение этих «животных» стало сенсацией не только в научном мире. Левенгук демонстрировал свои опыты всем желающим, в 1698 году его даже посетил Петр I.

Между тем наука в целом еще не была готова к пониманию роли микроорганизмов в природе. Система теорий возникла тогда лишь в физике. Во времена Левенгука отсутствовали представления о ключевых процессах живой природы. Так, незадолго до него в 1648 году Ван Гельмонт, не имея никакого понятия о фотосинтезе, заключил из своего опыта с ивой, что растение берет питание только из дистиллированной воды, которой он его поливал. Более того, даже неживая материя еще не была достаточно изучена, состав атмосферы, необходимый для понимания того же фотосинтеза, будет определен лишь в 1766–1776 годах. Поэтому неудивительно, что «животным» Левенгука не нашлось место нигде, кроме как в коллекции курьезов.

В течение следующих 100–150 лет развитие микробиологии проходило лишь с описанием новых видов. Видную роль в изучении многообразия микроорганизмов сыграл датский ученый, естествоиспытатель Отто Фридрих Мюллер, который к 1789 году описал и назвал по линеевской биномиальной номенклатуре 379 различных видов. В это время было сделано и несколько интересных открытий. Так, в

1823 году была определена причина «кровоточения» просфор – бактерия, названная *Serratia marcescens* (другое название *Monas prodigiosa*). Также следует отметить немецкого натуралиста-зоолога Христиана Готфрида Эренберга, описавшего множество пигментированных бактерий, первые железобактерии, а также скелеты простейших и диатомовых водорослей в морских и лиманных отложениях, чем он положил начало микропалеонтологии. Именно он впервые объяснил окраску воды Красного моря развитием в ней цианобактерий *Trichodesmium erythraeum*. Он, однако, причислял бактерий к простейшим и рассматривал их вслед за Левенгуком как полноценных животных с желудком, кишечником и конечностями.

В России одним из первых микробиологов был Л. С. Ценковский (1822–1887), описавший большое число простейших, водорослей и грибов и сделавший вывод об отсутствии резкой границы между растениями и животными. Им также была организована одна из первых Пастеровских станций и предложена вакцина против сибирской язвы.

Высказывались в это время и смелые гипотезы. Например, врач-эпидемиолог Д. С. Самойлович (1744–1801) был убежден в том, что болезни вызываются именно микроорганизмами, однако тщетно пытался увидеть в микроскоп возбудитель чумы – возможности оптики тогда еще не позволяли это сделать. В 1827 году итальянец А. Басси обнаружил передачу болезни шелковичного червя при переносе микроскопического гриба. Ж. Л. Л. Бюффон и А. Л. Лавуазье связывали брожение с дрожжами, однако общепринятой оставалась чисто химическая теория этого процесса, сформулированная в 1697 году немецким врачом и химиком Г. Э. Шталем. Для спиртового брожения, как для любой реакции, А. Л. Лавуазье и Л. Ж. Гей-Люссаком были подсчитаны стехиометрические соотношения. В 1830-х годах Ш. Каньяр де Латур, Ф. Кютцинг и Т. Шванн независимо друг от друга наблюдали обилие микроорганизмов в осадке и пленке на поверхности бродящей жидкости и связали брожение с их развитием. Эти представления наткнулись, однако, на резкую критику со стороны таких видных химиков, как Фридрих Вёлер, Йёнс Якоб Берцелиус и Юстус Либих. Последний даже написал анонимную статью «О разгаданной тайне спиртового брожения» (1839) – саркастическую пародию на микробиологические исследования тех лет.

Тем не менее вопрос о причинах брожения, тесно связанный с вопросом о спонтанном самозарождении жизни, стал первым успешно решенным вопросом о роли микроорганизмов в природе.

**Споры о самозарождении и брожении.** Средние века были временем господства идей Аристотеля, что означало также и признание его теорий зарождения двоякодышащих рыб из ила, насекомых из экскрементов или капель росы на листьях. Первые эксперименты, опровергающие представления Аристотеля, поставил тосканский придворный медик Франческо Реди (1626–1697). Общий его принцип – наблюдение за питательным веществом в открытом, куда возможно попадание живых организмов, и в каком-либо образом закрытом от них, но не от воздуха сосуде – использовался во всех подобных опытах. Тогда было опровергнуто самозарождение насекомых, но уже в XVIII веке католический священник Джон Турбервилл Нидхем выдвинул гипотезу «жизненной силы», существующей в живых телах и вызывающей при их распаде возникновение микроорганизмов. Против него выступил итальянский ботаник и зоолог Ладзаро Спалланцани, показав, что нагревание препятствует появлению живых существ в настое растительных и животных волокон, закрытом в сосуде. Тогда Нидхем возразил, что воздух, в котором имеют потребность живые существа, теряет свою «жизненную силу» при нагревании.

Немецкий зоолог Франц Шульц после стерилизации сосуда с настоем пускал туда воздух, пропущенный через карболовую кислоту, и не наблюдал развития там микроорганизмов. Чтобы избежать возражений о том, что кислота тоже лишает воздух «жизненной силы», Шрёдер и фон Душ в 1854 году пропускали воздух через хлопковый фильтр, а в 1860 году Гофман и независимо от него в 1861 году Шевре и Пастер показали, что нет необходимости и в фильтре – достаточно изогнуть соединяющие сосуд с атмосферой трубки, чтобы в нем после стерилизации не «зарождалась» жизнь. Так, принцип *omne vivum ex vivo* (все живое из живого) окончательно победил в биологии. Используя представления о невозможности самозарождения жизни, Луи Пастер в 1860-х годах показал, что стерилизация делает брожение невозможным, таким образом было доказано участие в нем микроорганизмов. Кроме того, это стало открытием новой формы жизни – анаэробной, не требующей кислорода, а иногда даже гибнущей под его воздействием.

Постепенно складывалось и осознание особого положения микромира в живой природе. В начале XIX века микроорганизмы причислялись к червям. В 1866 году немецкий естествоиспытатель Эрнст Геккель впервые выделил их в отдельное царство *Protista*. Затем ботаник и бактериолог Фердинанд Юлиус Кон в 1875 году, изучая синезеленые водоросли, отграничил их от растений и объединил с бакте-

риями как наиболее простых из существующих организмов. К концу XIX века стало ясно, что протисты, объединяемые по своим микроскопическим размерам, существенно различаются между собой. Они были разделены на «высшие» (простейшие, микроскопические грибы и водоросли, дрожжи) и «низшие» (бактерии и сине-зеленые водоросли). Лишь в 1930-х годах после новых открытий в строении клетки французский биолог Э. Шаттон предложил термины «эукариоты» и «прокариоты». Отсекаются и приписываемые микроорганизмам «уникальные» свойства, одним из которых была способность самозарождаться. Другим был их плеоморфизм, т. е. нераспространение на бактерий закона Линнея о постоянстве видов. Его появление было вызвано бедностью внешних форм бактерий при богатстве физиологических и биохимических свойств, отчего и казалось, что одна и та же бактерия проявляет себя по-разному. Особую роль в опровержении этой теории также сыграл Ф. Кон.

**Золотой век микробиологии.** 1880-е и 1890-е годы ознаменовались для микробиологии всплеском открытий. Во многом это было связано с подробной разработкой методологии. Прежде всего, здесь следует отметить вклад Роберта Коха, создавшего в конце 1870-х – начале 1880-х годов ряд новых методов и общих принципов ведения исследовательской работы. Пастер использовал для выращивания микроорганизмов жидкие среды, содержащие все элементы, находимые в живых организмах. Жидкие среды, однако, были недостаточно удобны. Так, сложно было выделить колонию, происходящую от одной живой клетки («чистая культура»), в связи с чем можно было изучать только обогащенные самой природой культуры. Лишь в 1883 году Э. Христианом Гансеном была получена первая чистая культура дрожжей, полученная методом висячей капли. Твердые среды впервые использовались для изучения грибов, при котором необходимость чистых культур также была обоснована. Для бактерий твердые среды применял Кон во Вроцлаве зимой 1868/69 года, однако только в 1881 году Роберт Кох положил начало широкому применению желатиновых и агаровых пластинок. В 1887 году введены в практику чашки Петри.

Коху принадлежат также знаменитые постулаты:

- возбудитель заболевания должен регулярно обнаруживаться у пациента;
- возбудитель должен быть выделен в чистую культуру;
- выделенный организм должен вызывать у подопытных животных те же симптомы, что и у больного человека.

Эти принципы были приняты не только в медицине, но и в экологии для определения вызывающих те или иные процессы организмов. Также Кох ввел в применение методы окраски бактерий (ранее использованные в ботанике) и микрофотографию. Публикации Коха содержали в себе методики, принятые микробиологами всего мира. Вслед за ним началось развитие и обогащение методологии. Так, в 1884 году Ганс Христиан Грам использовал метод дифференцирующего окрашивания бактерий (метод Грама), С. Н. Виноградский в 1891 году применил первую элективную среду. За следующие годы было описано больше видов, чем за все предыдущее время, выделены возбудители опаснейших заболеваний, обнаружены новые процессы, производимые бактериями и неизвестные в других царствах природы.

**Инфекционные заболевания.** В изучение жизнедеятельности микроорганизмов следует отметить вклад Луи Пастера (1822–1895). Он же вместе с Робертом Кохом (1843–1910) стоит в истоках учения о микроорганизмах как возбудителях заболеваний.

**Экология микроорганизмов.** Экологическую роль и многообразие микробиологических процессов показали голландский микробиолог, ботаник Мартин Бейеринк (1851–1931) и русский микробиолог, основатель экологии микроорганизмов и почвенной микробиологии С. Н. Виноградский (1856–1953).

**Открытие вирусов. Изучение обмена веществ микроорганизмов. Техническая, или промышленная, микробиология.** Техническая микробиология изучает микроорганизмы, используемые в производственных процессах с целью получения различных практически важных веществ: пищевых продуктов, этанола, глицерина, ацетона, органических кислот и др.

Огромный вклад в развитие микробиологии внесли русские и советские ученые: И. И. Мечников (1845–1916), Д. И. Ивановский (1863–1920), Н. Ф. Гамалея (1859–1949), Л. С. Ценковский, С. Н. Виноградский, В. Л. Омелянский, Д. К. Заболотный (1866–1929), В. С. Буткевич, С. П. Костычев, Н. Г. Холодный, В. Н. Шапошников, Н. А. Красильников, А. А. Ишменецкий и др.

Большая роль в развитии технической микробиологии принадлежит С. П. Костычеву, С. Л. Иванову и А. И. Лебедеву, которые изучили химизм процесса спиртового брожения, вызываемого дрожжами. На основании исследований химизма образования органических кислот мицелиальными грибами, проведенным В. Н. Костычевым и В. С. Буткевичем, в 1930 году в Ленинграде было организовано производство

лимонной кислоты. На основе изучения закономерностей развития молочнокислых бактерий, осуществленного В. Н. Шапошниковым и А. Я. Мантейфель, в начале 1920-х годов в СССР было организовано производство молочной кислоты, необходимой в медицине для лечения ослабленных и рахитичных детей. В. Н. Шапошников и его ученики разработали технологию получения ацетона и бутилового спирта с помощью бактерий, и в 1934 году в Грозном был пущен первый в СССР завод по выпуску этих растворителей. Труды Я. Я. Никитинского и Ф. М. Чистякова положили начало развитию микробиологии консервного производства и холодильного хранения скоропортящихся пищевых продуктов. Благодаря работам А. С. Королева, А. Ф. Войткевича и их учеников значительное развитие получила микробиология молока и молочных продуктов.

Частью технической микробиологии является пищевая микробиология, изучающая способы получения пищевых продуктов с использованием микроорганизмов. Например, дрожжи применяют в виноделии, пивоварении, хлебопечении, спиртовом производстве; молочнокислые бактерии – в производстве кисломолочных продуктов, сыров, при квашении овощей; уксусно-кислые бактерии – в производстве уксуса; мицелиальные грибы используют для получения лимонной и других пищевых органических кислот и т. д. К настоящему времени выделились специальные разделы пищевой микробиологии: микробиология дрожжевого и хлебопекарного производства, пивоваренного производства, консервного производства, молока и молочных продуктов, уксуса, мясных и рыбных продуктов, маргарина и т. д.

#### **Методы и цели микробиологии.**

К методам исследования любых микроорганизмов относятся:

- микроскопия: световая, фазово-контрастная, темнопольная, флуоресцентная, электронная;
- культуральный метод (бактериологический, вирусологический);
- биологический метод (заражение лабораторных животных с воспроизведением инфекционного процесса на чувствительных моделях);
- молекулярно-генетический метод (ПЦР, ДНК- и РНК-зонды и др.);
- серологический метод – выявления антигенов микроорганизмов или антител к ним (ИФА).

*Цель микробиологии* – глубокое изучение структуры и важнейших биологических свойств микробов, взаимоотношения их с организмом человека и животных в определенных условиях природной и социаль-

ной среды, совершенствование методов микробиологической диагностики, разработка новых, более эффективных лечебных и профилактических препаратов, решение такой важной проблемы, как ликвидация и предупреждение инфекционных болезней.

### **Классификация микробиологических наук.**

Микробиология представляет собой целый комплекс биологических наук, которые можно классифицировать или по объекту изучения, или по прикладным целям.

В зависимости от **объекта изучения** различают, прежде всего, общую микробиологию и так называемые частные микробиологические науки (бактериология, микология, протозоология и вирусология).

1. **Общая микробиология** изучает общие закономерности структуры и функционирования микробной клетки.

2. **Бактериология** изучает прокариотические микроорганизмы – бактерии.

3. **Микология** изучает микроскопические грибки (эти микроорганизмы являются эукариотами).

4. **Протозоология** изучает простейших (клетки которых, как и у грибов, имеют эукариотический тип строения).

5. **Вирусология** изучает микроорганизмы, представляющие собой неклеточную форму жизни – вирусы.

По **прикладным целям** изучения различают медицинскую, санитарную, ветеринарную, промышленную, почвенную, морскую и космическую микробиологию.

1. **Медицинская** микробиология изучает микроорганизмы, имеющие медицинское значение.

2. **Санитарная** микробиология изучает микробиологические аспекты безопасности человека. Ее изучают на медико-профилактических (санитарно-гигиенических) факультетах медицинских высших учебных заведений. Выпускники этих факультетов составляют костяк сотрудников Центров гигиены и эпидемиологии (санитарно-гигиенических станций).

3. **Ветеринарная** микробиология изучает микроорганизмы, вызывающие патологические процессы у животных.

4. **Промышленная** микробиология занимается вопросами использования микроорганизмов как источников получения необходимых веществ в промышленных масштабах. На предприятиях микробиологической промышленности производят антибиотики, витамины, ами-

нокислоты и другие биологически активные вещества. Кроме того, специалисты промышленной микробиологии работают в пищевой, химической и других отраслях производства.

5. **Почвенная** микробиология изучает микроорганизмы, обитающие в почве. Эти микробы играют большую роль в жизни растений.

6. **Морская** микробиология изучает микроорганизмы Мирового океана.

7. **Космическая** микробиология изучает взаимодействие человеческого организма с микробами в условиях космического полета, а также занимается поисками микроорганизмов внеземного происхождения.

### **Систематика и классификация микроорганизмов.**

Систематика микроорганизмов крайне сложна. Многие микроорганизмы имеют одинаковые морфологические признаки, но различные физиологические свойства. Эволюция многих микроорганизмов неизвестна, а родственные связи между ними часто неясны. Кроме того, понятие «вид» для микроорганизмов до сих пор не имеет четкого определения. Обычно к одному виду относят микроорганизмы, обладающие общими морфологическими и физиологическими свойствами, сходные по антигенной структуре. В среде обитания микроорганизмы, составляющие данный вид, вызывают сходные процессы в результате своей жизнедеятельности. Наименование вида у микроорганизмов дают по биномиальной (двойной) номенклатуре, предложенной Линнеем в 1760 году. Первое слово в названии микроорганизма означает род и обычно является латинским, второе слово – видовое название микроба. Наименование рода пишется с прописной буквы, а видовое название – со строчной, например *Bacillus anthracis* – сибиреязвенная палочка, возбудитель сибирской язвы. При написании родовое название бактерии принято сокращать до начальной буквы, например *E. coli* (*Escherichia coli*) – кишечная палочка.

В названии микроорганизмов могут быть отражены имена открывших их ученых. Так, бруцеллы описаны английским ученым Брюсом, лямблии – русским врачом Лямблем. В честь американского микробиолога Сальмона назван род «сальмонелла», немецкого ученого Эшериха – род «эшерихиа», японского микробиолога Шига – род «шигелла». Иногда название микроорганизмов связано с названием органа, который они поражают: например, менингококки вызывают поражение мозговых оболочек, пневмококки – легких и т. д. Эти названия не согласуются с правилами номенклатуры.

*Систематика* – распределение микроорганизмов в соответствии с

их происхождением и биологическим сходством. Систематика занимается всесторонним описанием видов организмов, выяснением степени родственных отношений между ними и объединением их в различные по уровню родства классификационные единицы – таксоны. Основные вопросы, решаемые при систематике (три аспекта, три кита систематики), – классификация, идентификация и номенклатура. Другими словами, основная цель систематики – идентифицировать микроорганизм. Классификация – распределение (объединение) организмов в соответствии с их общими свойствами (сходными генотипическими и фенотипическими признаками) по различным таксонам.

*Таксономия* – наука о методах и принципах распределения (классификации) организмов в соответствии с их иерархией. Наиболее часто используют следующие таксономические единицы (таксоны) – штамм, вид, род. Последующие более крупные таксоны – семейство, порядок, класс. В современном представлении *вид в микробиологии* – это совокупность микроорганизмов, имеющих общее эволюционное происхождение, близкий генотип (высокую степень генетической гомологии, как правило, более 60 %) и максимально близкие фенотипические характеристики. Нумерическая (численная) таксономия основывается на использовании максимального количества сопоставляемых признаков и математическом учете степени соответствия. Большое число сравниваемых фенотипических признаков и принцип их равной значимости затрудняли классификацию.

### **Систематика микроорганизмов по Берги (Берджи).**

Распознавание прокариот проводится по четырехтомному определителю Берги, в котором царство *Procsaryote* подразделяется на четыре раздела:

- тонкостеночные – *Gracilicutes*;
- толстостеночные – *Firmicutes*;
- лишенные стенок – *Tenericutes*;
- дефектные по клеточной стенке – *Mendosicutes*.

При этом в нем выделены три класса.

Класс 1. *Актерии-хемоорганотрофы* – используют химический источник энергии и органические вещества.

Класс 2. *Риккетсии* – внутриклеточные бактерии-паразиты, которые не растут на искусственных питательных средах.

Класс 3. *Микоплазмы* – бактерии, лишенные клеточной стенки.

Бактерии-хемоорганотрофы по морфологии и окраске по Граму

подразделяются на четыре морфогруппы и две хромогруппы. Среди морфогрупп выделяют:

- 1) палочки и кокки, образующие эндоспores;
- 2) спирохеты;
- 3) спиралевидные и изогнутые бактерии (спириллы и вибрионы);
- 4) актиномицеты и родственные им ветвистые бактерии.

В составе хромогрупп выделяют грамположительные и грамотрицательные аэробные бактерии, размножающиеся при широком доступе кислорода, факультативно-анаэробные и анаэробные, развитие которых происходит в бескислородной среде.

*При изучении, идентификации и классификации микроорганизмов чаще всего изучают следующие (генотипические и фенотипические) характеристики:*

1. **Морфологические** – форма (рис. 1), величина, особенности взаиморасположения, структура.



Рис. 1. Формы микроорганизмов

2. **Тинкториальные** – отношение к различным красителям (характер окрашивания), прежде всего к окраске по Граму. По этому признаку все микроорганизмы делят на грамположительные и грамотрицательные.

Морфологические свойства и отношение к окраске по Граму позволяют, как правило, отнести изучаемый микроорганизм к крупным таксонам – семейству, роду.

3. **Культуральные** – характер роста микроорганизма на питательных средах.

4. **Биохимические** – способность ферментировать различные субстраты (углеводы, белки и аминокислоты и др.), образовывать в про-

цессе жизнедеятельности различные биохимические продукты за счет активности различных ферментных систем и особенностей обмена веществ.

5. **Антигенные** – зависят преимущественно от химического состава и строения клеточной стенки, наличия жгутиков, капсулы, распознаются по способности макроорганизма (хозяина) вырабатывать антитела и другие формы иммунного ответа, выявляются в иммунологических реакциях.

6. **Физиологические** – способы углеводного (аутотрофы, гетеротрофы), азотного (аминоавтотрофы, аминокетотрофы) и других видов питания, тип дыхания (аэробы, микроаэрофилы, факультативные анаэробы, строгие анаэробы).

7. **Подвижность и типы движения.**

8. **Способность к спорообразованию, характер спор.**

9. **Чувствительность к бактериофагам, фаготипирование.**

10. **Химический состав клеточных стенок** – основные сахара и аминокислоты, липидный и жирнокислотный состав.

11. **Белковый спектр** (полипептидный профиль).

12. **Чувствительность к антибиотикам и другим лекарственным препаратам.**

13. **Генотипические** (использование методов геносистематики).

### **Классификация микроорганизмов.**

Классификация микроорганизмов (корневой таксон) – это распределение микроорганизмов по сходным или отличительным признакам в упорядоченные группы.

Классификация микроорганизмов является одним из наиболее сложных разделов микробиологии. Чем полнее наши сведения об организмах, тем точнее мы их классифицируем.

Современная классификация микроорганизмов построена по иерархическому принципу. Различные уровни иерархии (таксономические категории, ряды, ранги) имеют собственные названия (от высших к низшим): царство, отдел, класс, порядок, семейство, род, вид. Принято, что любой конкретный микроорганизм должен последовательно принадлежать ко всем семи категориям.

Царство (лат. *regnum*) – это иерархическая ступень научной классификации микроорганизмов, таксон самого высокого уровня среди основных. Исторически выделяют пять царств живых организмов: животные; растения; грибы; бактерии; вирусы. С 1977 года к ним присоединены еще два царства: протисты; археи. С 1998 года выделяют еще одно царство: хромисты.

Отдел (лат. *divisio*) – один из высших рангов таксономической иерархии в микробиологии. В иерархии таксономических категорий отдел находится выше класса и ниже царства. Названия отделов, как и названия других таксонов, ранг которых выше рода, являются униномиальными, т. е. состоят из одного слова – существительного или прилагательного, используемого как существительное, во множественном числе, написанного с заглавной буквы.

Класс (лат. *classis*) – один из основных рангов иерархической классификации в биологической систематике. В иерархии систематических категорий класс стоит ниже отдела и выше порядка. Названия классов, как и названия других таксонов, ранг которых выше рода, являются униномиальными.

Порядок (лат. *ordo*) – один из основных рангов иерархической классификации. В иерархии систематических категорий стоит ниже класса и выше семейства. В бактериологии для названия порядков используется стандартизированное окончание – *ales*. Карл Линней высказал мнение о том, что «порядок есть подразделение классов, вводимое для того, чтобы не разграничивать роды в числе большем, чем их легко может воспринять разум».

Семейство (лат. *familia*) – один из основных рангов иерархической классификации в биологической систематике. В иерархии систематических категорий семейство стоит ниже порядка и выше рода. Названия семейств образуются по правилам, регулируемым международным кодексом номенклатуры бактерий. Название семейства образуется от названия типового рода, к основе которого добавляется стандартное окончание *aceae*.

Род (лат. *genus*) – один из основных рангов иерархической классификации в биологической систематике. В иерархии систематических категорий род стоит ниже семейства и выше вида. Научное название рода униномиально, т. е. состоит из одного слова. Кодексы биологической номенклатуры требуют, чтобы это слово было по форме латинским, т. е. было написано буквами латинского алфавита и подчинялось правилам латинской грамматики. Название рода рассматривается как имя существительное в единственном числе и пишется с заглавной буквы. Других ограничений нет, поэтому названием рода может быть как слово, заимствованное из классической латыни, так и латинизированное слово из любого языка (чаще всего из древнегреческого). Нередко название рода является словом, образованным от фамилии или имени (например, *Escherichia* – от имени ученого Эшериха). От осно-

вы родового названия образуются названия таксонов группы семейства. Правила образования и применения родовых названий устанавливаются правилами, зафиксированными в международном кодексе номенклатуры бактерий.

Вид (лат. *species*) – это таксономическая, систематическая единица, группа особей с общими морфофизиологическими, биохимическими и поведенческими признаками, способная к взаимному скрещиванию, дающему в ряду поколений плодовитое потомство, закономерно распространенная в пределах определенного ареала и сходно изменяющаяся под влиянием факторов внешней среды. Вид – реально существующая единица живого мира, основная структурная единица в системе организмов. В классификации микроорганизмов проблема вида является самой важной и трудной. Без определения вида нельзя строить классификацию. Вид – совокупность микроорганизмов, имеющих единое происхождение и генотип, сходные морфологические и биологические свойства. Вид у бактерий определяется суммой разнообразных признаков и свойств и представляет собой продукт эволюции живой материи, имеющий свою историю развития, формирования и стабилизации в результате приспособления к условиям существования.

Чистая культура – это совокупность однородных микроорганизмов, выделенных на питательной среде, для которых характерно сходство биологических свойств.

Штамм – чистая культура микроорганизма, выделенная из определенного источника и отличающаяся от других представителей вида.

Клон – совокупность потомков, выращенных из единственной микробной клетки.

В современных классификациях используют любой признак, лишь бы он выделялся и давал возможность распознать изучаемый микроорганизм.

Сравнительно новым является понятие *надцарства*, или биологического домена.

Оно было предложено в 1990 году Карлом Вёзе и ввело разделение всей биомассы Земли на три домена:

- 1) эукариоты (домен, объединивший все организмы, клетки которых содержат ядро);
- 2) бактерии;
- 3) археи.

На основании особенностей строения микроорганизмов и других одноклеточных их разделяют на две четко различающиеся группы: эукариоты и прокариоты.

*Эукариоты* – высшие микроорганизмы, или протисты. Клетки их по строению сходны с растительными и животными клетками. К эукариотам относят водоросли, грибы и простейших. В клетках эукариотов имеется дифференцированное ядро, ограниченное от цитоплазмы ядерной мембраной. Внутри ядра находится набор хромосом, которые, удваиваясь в процессе деления – митоза, передаются дочерним клеткам. В цитоплазме эукариотов имеются развитая эндоплазматическая сеть, происходящая из цитоплазматической мембраны, а также митохондрии и различные органеллы – пластиды.

*Прокариоты* – низшие протисты. К ним относятся бактерии и сине-зеленые водоросли. Прокариоты по своей структуре резко отличаются от всех остальных живых организмов. В клеточной стенке прокариотов обнаружены пептидогликаны (гликопротеиды), не выявленные в составе клеток эукариотов. Ядро прокариотической клетки не дифференцировано: дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), составляющая хромосому, свободно погружена в цитоплазму, ядерная оболочка отсутствует. Эндоплазматическая сеть развита слабо, поэтому деление на «отсеки» в цитоплазме не выражено.

До сих пор единая международная классификация микроорганизмов отсутствует. Грибы, простейшие и вирусы имеют свою определенную классификацию, которая будет изложена в соответствующих разделах. Существуют также различные схемы классификаций бактерий и сине-зеленых водорослей. В настоящее время все большее признание получает систематика Берджи, изложенная в «Определителе бактерий», последний раз изданном в 1974 году. В нем описано и систематизировано более 1500 видов микроорганизмов, относящихся к прокариотам. Микроорганизмы, относящиеся к прокариотам, в определителе Берджи разделены на два отдела:

**1-й отдел: цианобактерии**, или сине-зеленые водоросли, – фототрофные (фотосинтезирующие) организмы. Фотосинтез осуществляют с выделением кислорода. Некоторые цианобактерии одноклеточные, другие многоклеточные, образуют простые или ветвящиеся нити. Цианобактерии привлекают внимание ученых как продуценты пищевого белка;

**2-й отдел: бактерии**. Этот отдел разделен на *19 частей*, каждая из которых делится на порядки, порядки – на семейства, семейства – на роды, роды – на виды.

**Часть 1. Фототрофные бактерии** (фотосинтезирующие). Это преимущественно водные бактерии, имеющие клетки различной формы.

В клетках содержатся бактериохлорофиллы и каротиноидные пигменты. К фототрофным бактериям относятся пурпурные бактерии и зеленые серобактерии.

**Часть 2. Скользящие бактерии.** Такие бактерии передвигаются путем скольжения (ползающие). Скользящие бактерии делят на *два порядка*:

- миксобактерии (*Myxobacteriales*) – это палочки, образующие плодовые тела – скопления клеток, заключенных в слизи. Клетки в плодовых телах переходят в покоящееся состояние – миксоспоры. Миксобактерии живут в основном в почве, на разлагающемся растительном материале;

- цитофаги (*Cytophagales*) – одно- и многоклеточные палочки и нити. Плодовых тел не образуют. Это преимущественно водные бактерии, но живут они и в почве.

**Часть 3. Хламидобактерии.** В основном это бактерии с чехлом или «влагалищем», которые могут содержать окись марганца или окислы железа. Хламидобактерии могут быть в виде одиночных клеток или нитей, подвижными либо прикрепленными к субстрату. Живут они в водоемах, встречаются в почве.

**Часть 4. Почкующиеся и (или) стебельковые бактерии.** К этой группе относят бактерии, размножающиеся почкованием; они образуют стебельки или почки и стебельки. В эту группу включают новые виды бактерий с выростами-простеками. Широко распространены в почве и в водоемах.

**Часть 5. Спирохеты.** Это тонкие, гибкие, спирально извитые одноклеточные бактерии длиной от 3 до 500 мкм. Истинная клеточная стенка у них отсутствует. Они подвижны, эндоспор не образуют. Некоторые виды патогенны, вызывают заболевания человека (сифилис, возвратный тиф).

**Часть 6. Спиральные и изогнутые бактерии.** Это спирально извитые палочки с одним или многими витками. Они подвижны, имеют жгутики. В основном это сапрофиты, встречаются паразиты и патогенные виды.

**Часть 7. Грамотрицательные аэробные палочки и кокки.** Это преимущественно прямые или изогнутые подвижные палочки с полярными жгутиками, имеются и неподвижные. Широко распространены в природе, среди них существуют виды, патогенные для растений. К этой группе относятся многие бактерии, являющиеся возбудителями порчи пищевых продуктов.

**Часть 8. Грамотрицательные факультативно-анаэробные палочки.** Они могут быть подвижными (перитрихи) и неподвижными, широко распространены. Некоторые бактерии этой группы (семейства *Enterobacteriaceae*) являются обычными обитателями кишечника человека и животных; другие – возбудителями инфекционных кишечных заболеваний (дизентерии, брюшного тифа, паратифа); есть и возбудители пищевых отравлений (сальмонеллы, протей).

**Часть 9. Грамотрицательные анаэробные бактерии.** Это однотипные или плеоморфные палочки, неподвижные или подвижные, не образуют спор. Имеются патогенные виды, вызывающие гнойные или гангренозные инфекции.

**Часть 10. Грамотрицательные кокки и коккобациллы.** Клетки таких бактерий сферические, иногда в виде пар или скоплений, неподвижны. Встречаются виды, патогенные для человека и животных.

**Часть 11. Грамотрицательные анаэробные кокки.** Кокки обычно образуют пары, но бывают и одиночными, и в виде цепочки. Живут в пищеварительном тракте человека и животных. Непатогенны.

**Часть 12. Грамотрицательные хемолитотрофные бактерии.** Это палочковидные, эллипсоидные, сферические клетки без эндоспор, подвижные и неподвижные. Энергию они получают за счет окисления аммиака или нитрита, за счет окисления серы или ее соединений, углерод фиксируют из углекислого газа. Живут в почве, в воде.

**Часть 13. Метанобразующие бактерии.** Это палочки или кокки, подвижные и неподвижные, грамположительные и грамотрицательные. Спор не образуют. Они анаэробы, образуют метан. Широко распространены в природе.

**Часть 14. Грамположительные кокки.** Клетки этих бактерий сферические, делятся в одной и нескольких плоскостях с образованием правильных или неправильных групп, цепочек, пакетов и др. Они аэробы, факультативные анаэробы или микроаэрофилы. Широко распространены в природе. Многие из них (различные микрококки) являются возбудителями порчи пищевых продуктов, некоторые стафилококки могут развиваться на пищевых продуктах, вырабатывать токсические вещества и вызывать отравления. К этой группе бактерий отнесены также молочнокислые стрептококки, используемые в технологии производства кисломолочных и других продуктов переработки молока.

**Часть 15. Палочки и кокки, образующие эндоспоры.** Большинство палочек грамположительны, подвижны, имеют латеральные или перитрихальные жгутики. Эти бактерии – аэробы, анаэробы, факультативные анаэробы; многие являются возбудителями порчи пищевых

продуктов. Существуют патогенные виды, которые могут передаваться через пищевые продукты и вызывать заболевания (сибирская язва) или отравления (ботулизм).

**Часть 16. Грамположительные аспорогенные палочковидные бактерии.** Это прямые или изогнутые палочки, встречаются одиночные и в цепочках. Неподвижные и подвижные. В эту группу бактерий включены палочковидные молочнокислые бактерии, которые широко распространены на пищевых продуктах и могут вызывать их порчу. Многие из бактерий этой группы используются в технологии приготовления теста, кисломолочных продуктов, сыров и для квашения овощей.

**Часть 17. Актиномицеты и родственные организмы.** К ним относят коринеформные бактерии, пропионовокислые бактерии и актиномицеты. Бактерии этой группы палочковидные, часто неправильной формы, образуют гифы. Некоторые актиномицеты растут в виде тонких ветвящихся нитей, образующих мицелий, размножаются спорами, развивающимися на воздушных ветвях мицелия. Часто окрашены в разные цвета. Широко распространены в природе. Встречаются на пищевых продуктах и могут вызывать их порчу; при этом продукты приобретают характерный землистый запах. Существуют виды, патогенные для человека (дифтерийная и туберкулезная палочки) и для растений. Многие виды актиномицетов являются продуцентами антибиотиков, получаемых в промышленном масштабе.

**Часть 18. Риккетсии.** Это палочковидные и кокковидные микроорганизмы. Они неподвижны, грамтрицательны, спор не образуют. Являются внутриклеточными паразитами. Размножаются делением клеток. Некоторые вызывают заболевания животных и человека (сыпной тиф, ку-лихорадка). Переносчиками риккетсии в основном являются беспозвоночные животные (вши, блохи, клещи).

**Часть 19. Микоплазмы.** Клетки этих организмов не имеют клеточной стенки, покрыты лишь трехслойной мембраной. Клетки очень мелкие, иногда ультрамикроскопических размеров (около 200 нм), плеоморфные (разнообразной формы) – от кокковидных до нитевидных. Способ их размножения до конца не выяснен. Это сапрофиты, паразиты; некоторые могут вызывать заболевания у человека, животных и растений.

## 1.2. Физиология микроорганизмов. Влияние факторов внешней среды на микроорганизмы. Генетика микроорганизмов. Грибы

**Химический состав микроорганизмов** сходен с химическим составом тела животных и растений.

Важнейшими химическими элементами, преобладающими в составе клеток микроорганизмов, являются углерод, кислород, водород, азот, сера, фосфор, калий, марганец, кальций и железо.

Первые четыре из указанных элемента составляют основу органических веществ – их называют органогенными элементами. Их соединения составляют 90–97 % сухого вещества. Другие элементы называются зольными, или минеральными, на их долю приходится 3–10 %. Больше всего содержится фосфора, который входит в состав многих веществ цитоплазмы. В крайне малых количествах в состав входят микроэлементы, но при этом они выполняют важную роль в процессах жизнедеятельности (Cu, Mn, Zn, Mo). Соотношение элементов будет зависеть от вида и роста организмов.

*Вода* ( $H_2O$ ) в составе микроорганизмов занимает 75–90 % массы. В клетке протекает множество различных химических процессов. Одни сложные вещества разлагаются, другие образуются из более простых соединений; вода же является той необходимой средой, в которой только и могут осуществляться все эти химические реакции, с водой же удаляются из клетки продукты обмена.

Все вещества поступают в клетку только с водой и с ней же удаляются. Часто вода в клетке находится в связанном (с белками, углеводами) состоянии и входит в состав клеточной структуры.

Вода в свободном состоянии служит дисперсной средой для коллоидов и растворителем органических и минеральных соединений, которые образуются в клетке в результате обмена веществ, участвует во многих химических реакциях, протекающих в клетке. Содержание свободной воды в клетках может изменяться в зависимости от условий внешней среды, физиологического состояния клетки, ее возраста. Потеря свободной воды влечет за собой высыхание клетки, т. е. ее смерть.

Сухое вещество тела микроорганизмов не превышает 15–25 % и состоит преимущественно (до 95 %) из органических соединений – белков, углеводов, жиров, липидов и др. Минеральные соединения составляют не более 5–15 % сухого вещества. Большая часть зольных элементов в клетке химически связана с органическими веществами и входит в их состав.

Содержание *белковых веществ* у бактерий достигает 40–80 % сухого вещества, у дрожжей – 60 %, у грибов – 15–40 %. В состав клеток микроорганизмов входят белки простые (протеины) и сложные (протеиды). Белки выполняют две основные функции: во-первых, входят в состав всех мембран клетки; во-вторых, играют роль ферментов – биохимических катализаторов. Среди белков есть и такие, которые убивают жизнь, – токсины. Бактериальные токсины наиболее ядовитые. Благодаря тому, что микроорганизмы богаты белками, возможно их пищевое и кормовое использование. Продуцентами могут быть дрожжи, бактерии и водоросли, особенно цианобактерии.

Также в состав клеток микроорганизмов входят небелковые азотистые вещества – аминокислоты, пурины и др.

*Углеводы* в теле микроорганизмов используются для синтеза белков и жиров, построения клеточных оболочек и капсул, а также в качестве энергетического материала в дыхательных процессах. Углеводы, как и белки, могут откладываться в клетках в виде запасных питательных веществ. Содержание углеводов достигает 10–30 % их сухой массы (бактерий); у грибов – выше 40–60 %.

В теле микроорганизмов углеводы встречаются в виде пентоз, гексоз, полисахаридов. Полисахариды находятся и в связанном состоянии с белками и минералами.

*Липиды* (жиры, жироподобные вещества, липоиды). Обычное их содержание не превышает 3–10 % сухой массы. В редких случаях у дрожжей и грибов может доходить до 40 %. В клетках микроорганизмов жировые вещества находятся в свободном (как запасные вещества) и в связанном состоянии, в комплексе с белками и углеводами. Больше всего липидов сосредоточено в цитоплазматической мембране клеток.

В микроорганизмах имеются также кислоты и их соли, спирты, пигменты, витамины.

*Пигменты* (красящие вещества). В значительной доли находятся в составе бактерий, дрожжей, грибов. Они содержатся главным образом в клеточном соке. Этим обуславливается окраска микроорганизмов. Пигменты могут выделяться из клеток в среду. У бактерий они выполняют роль хлорофилла зеленых растений, участвуя в ассимиляции углекислого газа. Они участвуют в процессах дыхания, обладают антибиотической активностью.

*Минеральные вещества.* Встречаются следующие минеральные вещества: сульфаты, карбонаты, фосфаты, хлориды. Они играют определенную роль в регуляции внутриклеточного осмотического давления и коллоидного состояния цитоплазмы. Влияют на скорость и направ-

ление многих биохимических реакций, протекающих в клетке. Некоторые являются стимуляторами роста, активаторами ферментов.

#### ***Поступление питательных веществ в клетку.***

Поступление веществ в клетку и выделение продуктов обмена в окружающую среду происходит у микроорганизмов через всю поверхность тела путем осмоса или адсорбции. На интенсивность этих процессов оказывают влияние различные факторы: разность концентрации питательных веществ в клетке и за ее пределами, а также проницаемость для них оболочки.

Осмоз представляет собой диффузию веществ в растворах через полупроницаемую мембрану. Возникает осмос под действием разности осмотических давлений в растворах по обе стороны полупроницаемой мембраны. Величина осмотического давления раствора зависит от молярной концентрации растворенных в нем веществ.

Оболочка клетки проницаема и задерживает лишь микромолекулы. Цитоплазматическая мембрана клетки обладает полупроницаемостью: она является осмотическим барьером, регулируя поступление в клетку и выход из нее растворенных веществ. Вещества, не растворимые в воде, не могут быть использованы клеткой. Они могут проникнуть в нее лишь после расщепления на более простые, что происходит с помощью экзоферментов микробов.

Таким образом, при осмотическом проникновении питательных веществ в клетку движущей силой служит разность осмотических давлений между средой и клеткой. Такой пассивный перенос веществ не требует затраты энергии и протекает до выравнивания концентрации с наружным раствором.

Поступившие в клетку вещества включаются в реакцию конструктивного и энергетического обмена, концентрация некоторых из них будет ниже, чем в среде, и поступление данных веществ возможно до полного исчерпания их из субстрата.

Если микроорганизм попадает в субстрат, осмотическое давление которого выше, чем в клетке, то цитоплазма отдает воду во внешнюю среду. Питательные вещества в клетку не поступают, содержимое клетки уменьшается в объеме, и протопласт отстает от клеточной оболочки. Это явление называется плазмолизом клетки.

При чрезмерно низком осмотическом давлении внешней среды может наступить плазмопсис клетки – явление обратное плазмолизу, в результате чего вследствие высокой разности осмотических давлений цитоплазма переполняется водой, что приводит к разрыву клеточной оболочки.

Второй путь поступления веществ в клетку – активный, путем переноса их особыми, локализованными в цитоплазматической мембране веществами ферментной природы. Эти переносчики, называемые пермеазами, обладают субстратной специфичностью. Каждый транспортирует только определенное вещество. На внешней стороне цитоплазматической мембраны переносчик адсорбирует вещество, вступает с ним во временную связь и отдает на внутренней стороне ее транспортируемое вещество в цитоплазму.

#### ***Углеродное и азотное питание у микроорганизмов.***

Микроорганизмы характеризуются большим разнообразием типов питания.

*Углеродное питание.* Углерод составляет 50 % сухой массы клетки.

По источнику углеродного питания микроорганизмы разделяются на две группы: автотрофные и гетеротрофные (рис. 2).



Рис. 2. Формы питания бактерий

Автотрофные микроорганизмы способны в качестве единственного источника углерода для синтеза органических веществ тела использовать углекислоту и ее соли.

Одни виды автотрофных микроорганизмов ассимилируют  $\text{CO}_2$ , используя солнечную энергию, – фотосинтезирующие микроорганизмы.

Другие микроорганизмы используют энергию химических реакций окисления некоторых минеральных веществ – хемосинтезирующие. К фотосинтезирующим микроорганизмам относятся водоросли, пигментные бактерии.

Бактериальный фотосинтез не сопровождается выделением  $O_2$ , как у зеленых растений, а роль  $H_2O$  выполняет  $H_2S$ , при этом в клетках накапливается сера. Все фотосинтезирующие бактерии содержат пигменты – каротиноиды.

К хемосинтезирующим микроорганизмам относятся бактерии, окисляющие  $H_2$  с образованием воды (водородные бактерии), аммиак в азотную кислоту (нитрифицирующие бактерии), сероводород до серной кислоты. Процесс хемосинтеза был открыт С. Н. Виноградским.

Гетеротрофные микроорганизмы в качестве источника углерода используют органические соединения. К ним относятся бактерии, грибы, дрожжи.

Большинство гетеротрофных микроорганизмов живет за счет использования органических веществ различных субстратов животного и растительного происхождения – сапрофиты.

Некоторые гетеротрофы являются паразитами. Они способны развиваться в теле других организмов, питаясь органическими веществами, входящих в состав этих организмов.

*Азотное питание.* Азота – элемент, необходимый для синтеза белков, нуклеиновых кислот.

Паразиты развиваются за счет органических азотсодержащих веществ.

В зависимости от того, какими источниками азота микроорганизмы пользуются, их подразделяют на две группы:

1) аминокавотрофные микроорганизмы, синтезирующие белковые вещества за счет минеральных источников азота или простейших форм органического азота типа мочевины;

2) аминокетотрофные микроорганизмы, способные синтезировать ряд аминокислот из простейших источников азота, но неспособные самостоятельно синтезировать какую-нибудь одну аминокислоту.

Аминотрофные микроорганизмы при использовании азота из ряда минеральных источников предварительно переводят его в форму аммиака, а затем используют для синтеза аминокислот.

Усвоение микроорганизмами *зольных элементов*. Потребность микроорганизмов в зольных элементах невелика, но без них рост микроорганизмов невозможен.

Сера входит в состав белковых веществ и встречается только в восстановленном состоянии в виде групп -SH- и -S-S-. Универсальным источником серы для большинства микроорганизмов служат сернокислые соли, которые используются при синтезе аминокислот.

Фосфор входит в состав органических соединений протоплазмы. В отличие от серы, фосфор встречается в составе органических веществ живой клетки только в окислительном состоянии –  $P_2O_5$ . Соединения фосфора используются в живых клетках в качестве аккумуляторов энергии. Наилучшим источником фосфора являются соли ортофосфорной кислоты.

Магний входит в состав хлорофилла у зеленых и пурпурных серобактерий, является активатором ряда ферментов, образуя с ферментными белками комплексные соединения. Наибольшие соединения магния наблюдаются в пленках грибов, выросших на нейтральных средах. Источниками магния являются сернокислые и другие соли магния.

Кальций способствует более продуктивному течению процессов синтеза. Источником кальция служат водорастворимые соли кальция.

#### **Обмен веществ и состав микроорганизмов.**

Все реакции обмена веществ в микробной клетке происходят с помощью биологических катализаторов – ферментов. Большинство ферментов состоит из белковой части и простетической небелковой группы. В простетическую группу могут входить такие металлы, как железо, медь, кобальт, цинк, а также витамины или их производные. Некоторые ферменты состоят только из простых белков. Ферменты специфичны и действуют только на одно определенное вещество. Поэтому в каждом микроорганизме находится целый комплекс ферментов, причем некоторые ферменты способны выделяться наружу, где участвуют в подготовке к усвоению сложных органических соединений. Ферменты микроорганизмов используются в пищевой и других видах промышленности.

*Вода.* Микробная клетка на 75–85 % состоит из воды. Большая часть воды находится в цитоплазме клетки в свободном состоянии. В воде протекают все биохимические процессы обмена веществ, вода является также растворителем этих веществ, так как питательные вещества поступают в клетку только в виде раствора, а продукты обмена удаляются из клетки тоже с водой. Часть воды в клетке находится в связанном состоянии и входит в состав некоторых клеточных структур. В спорах бактерий и грибов количество свободной воды снижено

до 50 % и менее. При значительной потере связанной воды микробная клетка погибает.

*Органические вещества* микробной клетки представлены белками (6–14 %), жирами (1–4 %), углеводами, нуклеиновыми кислотами.

*Белки* – основной пластический материал любой живой клетки, и микробной в том числе. Белки составляют основу цитоплазмы, входят в состав оболочки клетки и некоторые клеточные структуры. Они выполняют очень важную каталитическую функцию, так как входят в состав ферментов, катализирующих реакции обмена в микробной клетке.

В клетке микробов содержатся дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК). ДНК находится в основном в ядре клетки или нуклеотидах, РНК – в цитоплазме и рибосомах, где участвует в синтезе белка.

Содержание *жиров* у различных микроорганизмов различно, у некоторых дрожжей и плесеней оно выше в 6–10 раз, чем у бактерий. Жиры (липиды) являются энергетическим материалом клетки. Жиры в виде липопротеидов входят в состав цитоплазматической мембраны, которая выполняет важную функцию в обмене клетки с окружающей средой. Жиры могут находиться в цитоплазме в виде гранул или капелек.

*Углеводы* входят в состав оболочек, капсул и цитоплазмы. Они представлены в основном сложными углеводами – полисахаридами (крахмал, декстрин, гликоген, клетчатка), могут быть в соединении с белками или липидами. Углеводы могут откладываться в цитоплазме в виде зерен гликогена в качестве запасного энергетического материала.

*Минеральные вещества* (фосфор, натрий, магний, хлор, сера и др.) входят в состав белков и ферментов микробной клетки, они необходимы для обмена веществ и поддержания нормального внутриклеточного осмотического давления.

*Витамины* необходимы для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов. Они участвуют в процессах обмена веществ, так как входят в состав многих ферментов. Витамины, как правило, должны поступать с пищей, однако некоторые микробы обладают способностью синтезировать витамины, например В<sub>2</sub> или В<sub>12</sub>.

### **Дыхание бактерий.**

Процессы биосинтеза веществ микробной клетки протекают с затратой энергии. Большинство микробов использует энергию химических реакций с участием кислорода воздуха. Этот процесс окисления питательных веществ с выделением энергии называется дыханием. Энергия

высвобождается при окислении неорганических (аутотрофы) или органических (гетеротрофы) веществ.

По отношению к молекулярному кислороду бактерии можно разделить на три основные группы: облигатные, т. е. обязательные аэробы, облигатные анаэробы и факультативные анаэробы. Облигатные аэробы могут расти только при наличии кислорода. Облигатные анаэробы (кlostридии ботулизма, газовой гангрены, столбняка, бактериоды) растут на среде без кислорода, который для них токсичен. Факультативные анаэробы могут расти как при наличии кислорода, так и без него, поскольку они способны переключаться с дыхания в присутствии молекулярного кислорода на брожение, если кислород отсутствует. Микроаэрофилы нуждаются в значительно меньшем количестве кислорода; высокая концентрация кислорода хотя и не убивает бактерии, но задерживает их рост. Некоторые микроорганизмы лучше растут при повышенном содержании  $\text{CO}_2$ ; иначе их обозначают термином «капнофильные микроорганизмы» (актиномицеты, лептоспиры, бруцеллы).

Для выращивания анаэробов используют анаэроостаты – специальные емкости, в которых воздух заменяется газовыми смесями, не содержащими кислород.

Аэробные микроорганизмы (аэробы) используют энергию, выделяемую при окислении органических веществ кислородом воздуха с образованием неорганических веществ, углекислого газа и воды. К аэробам относятся многие бактерии, грибы и некоторые дрожжи. В качестве источника энергии они чаще всего используют углеводы.

Анаэробные микроорганизмы (анаэробы) не используют для дыхания кислород, они живут и размножаются при отсутствии кислорода, получая энергию в результате процессов брожения. Анаэробами являются бактерии из рода кlostридий (ботулиновая палочка и палочка перфрингенс), маслянокислые бактерии и др.

В анаэробных условиях проходят спиртовое, молочнокислое и маслянокислое брожение, при этом процесс превращения глюкозы в спирт, молочную или масляную кислоту происходит с выделением энергии. Около 50 % выделенной энергии рассеивается в виде тепла, а остальная часть аккумулируется в АТФ (аденозинтрифосфорная кислота).

Некоторые микроорганизмы способны жить как в присутствии кислорода, так и без него. В зависимости от условий среды они могут переходить с анаэробных процессов получения энергии на аэробные и наоборот. Такие микроорганизмы называются факультативными анаэробами.

Изменение условий внешней среды оказывает воздействие на жизнедеятельность микроорганизмов. Физические, химические, биологические факторы среды могут ускорять или подавлять развитие микробов, могут изменять их свойства или даже вызывать гибель.

К факторам среды, оказывающим наиболее заметное воздействие на микроорганизмы, относятся влажность, температура, кислотность и химический состав среды, действие света и других физических факторов.

### **Рост микроорганизмов.**

Рост микробной клетки – это увеличение размера и массы одной особи между двумя делениями. В результате обменных процессов с окружающей средой и внутриклеточного метаболизма происходит рост и развитие организма. Конечная цель развития микроорганизма – размножение. Под ростом подразумевается не только рост отдельной клетки, но и большое увеличение числа клеток в результате размножения, т. е. рост культуры микроорганизмов.

Культура представляет собой совокупность особей, которые занимают определенное жизненное пространство.

Культуру называют *чистой*, если она представлена микроорганизмами одного вида. Культуру, в которой содержится более чем один вид микробов, называют *смешанной*, или *гетерогенной*.

Рост микроорганизмов зависит в первую очередь от наличия воды: грибы способны расти на субстрате, содержащем 12 % воды, бактериям требуется для роста более 20 % воды.

По потребности в воде для роста микроорганизмы подразделяются на три группы: гидрофиты – влаголюбивые, мезофиты – средневлаголюбивые и ксерофиты – минимально потребляющие воду. Большинство бактерий является гидрофитами.

В питательной среде должны присутствовать все элементы, из которых строится клетка, и в такой форме, которую микроорганизм способен усваивать. В больших количествах необходимы макроэлементы: сера, фосфор, кислород и микроэлементы: цинк, никель, молибден и др.

Для роста микроорганизмов требуется и ряд дополнительных условий. Микроорганизмы нуждаются:

- в определенных концентрациях некоторых химических веществ, особенно водородных ионов;
- в совершенно определенном соотношении разных ионов;
- в поддержании определенного окислительно-восстановительного потенциала среды.

Некоторые требовательные микроорганизмы и мутанты нуждаются, кроме того, в отдельных соединениях, которые сами синтезировать не могут. Такие необходимые дополнительные вещества называют факторами роста, их роль могут играть аминокислоты, витамины, пурины.

#### **Условия роста.**

При удовлетворении всех потребностей в питательных веществах рост микроорганизмов зависит от определенных условий:

- рН среды;
- температуры;
- осмотического давления.

Решающее значение для роста микроорганизмов имеет рН среды. Большинство микроорганизмов лучше растет, когда концентрации Н-ОН одинаковы (рН 7,0). Грибы предпочитают более низкие значения рН.

*Влажность.* Микроорганизмы могут жить и развиваться только в среде с определенным содержанием влаги. Вода необходима для всех процессов обмена веществ микроорганизмов, для нормального осмотического давления в микробной клетке, для сохранения ее жизнеспособности. У различных микроорганизмов потребность в воде не одинакова. Бактерии относятся в основном к влаголюбивым, при влажности среды ниже 20 % их рост прекращается. Для плесеней нижний предел влажности среды составляет 15 %, а при значительной влажности воздуха и ниже. Оседание водяных паров из воздуха на поверхность продукта способствует размножению микроорганизмов.

При снижении содержания воды в среде рост микроорганизмов замедляется и может совсем прекращаться. Поэтому сухие продукты могут храниться значительно дольше продуктов с высокой влажностью. Сушка продуктов позволяет сохранять их при комнатной температуре без охлаждения.

Некоторые микробы очень устойчивы к высушиванию, некоторые бактерии и дрожжи в высушенном состоянии могут сохраняться до месяца и более. Споры бактерий и плесневых грибов сохраняют жизнеспособность при отсутствии влаги десятки, а иногда и сотни лет.

*Температура.* Температура – важнейший фактор для развития микроорганизмов. Для каждого из микроорганизмов существует минимум, оптимум и максимум температурного режима для роста. По этому свойству микробы подразделяются на три группы:

1) психрофилы – микроорганизмы, хорошо растущие при низких температурах с минимумом при 10–0 °С, оптимумом при 10–15 °С;

2) мезофилы – микроорганизмы, для которых оптимум роста наблюдается при температуре 25–35 °С, минимум – при 5–10 °С, максимум – при 50–60 °С;

3) термофилы – микроорганизмы, хорошо растущие при относительно высоких температурах с оптимумом для роста при 50–65 °С, максимумом – при температуре более 70 °С.

Большинство микроорганизмов относится к мезофилам, для развития которых оптимальной является температура 25–35 °С. Поэтому хранение пищевых продуктов при такой температуре приводит к быстрому размножению в них микроорганизмов и порче продуктов. Некоторые микробы при значительном накоплении в продуктах способны привести к пищевым отравлениям человека. Патогенные микроорганизмы, т. е. вызывающие инфекционные заболевания человека, также относятся к мезофилам.

Низкие температуры замедляют рост микроорганизмов, но не убивают их. В охлажденных пищевых продуктах рост микроорганизмов замедляется, но продолжается. При температуре ниже 0 °С большинство микробов прекращает размножаться, т. е. при замораживании продуктов рост микробов останавливается, некоторые из них постепенно отмирают. Установлено, что при температуре ниже 0 °С большинство микроорганизмов впадает в состояние, похожее на анабиоз, сохраняет свою жизнеспособность и при повышении температуры продолжает свое развитие. Это свойство микроорганизмов следует учитывать при хранении и дальнейшей кулинарной обработке пищевых продуктов. Например, в замороженном мясе могут длительно сохраняться сальмонеллы, а после размораживания мяса они в благоприятных условиях быстро накапливаются до опасного для человека количества.

При воздействии высокой температуры, превышающей максимум выносливости микроорганизмов, происходит их отмирание. Бактерии, не обладающие способностью образовывать споры, погибают при нагревании во влажной среде до 60–70 °С через 15–30 минут, до 80–100 °С – через несколько секунд или минут. У спор бактерий термостойчивость значительно выше. Они способны выдерживать 100 °С в течение 1–6 часов, при температуре 120–130 °С споры бактерий во влажной среде погибают через 20–30 минут. Споры плесеней менее термостойки.

Тепловая кулинарная обработка пищевых продуктов в общественном питании, пастеризация и стерилизация продуктов в пищевой про-

мышленности приводят к частичной или полной (стерилизация) гибели вегетативных клеток микроорганизмов.

При пастеризации пищевой продукт подвергается минимальному температурному воздействию. В зависимости от температурного режима различают низкую и высокую пастеризацию.

Низкая пастеризация проводится при температуре, не превышающей 65–80 °С, не менее 20 минут для большей гарантии безопасности продукта.

Высокая пастеризация представляет собой кратковременное (не более 1 минуты) воздействие на пастеризуемый продукт температуры выше 90 °С, которое приводит к гибели патогенной неспорозной микрофлоры и в то же время не влечет за собой существенных изменений природных свойств пастеризуемых продуктов. Пастеризованные продукты не могут храниться без холода.

Стерилизация предусматривает освобождение продукта от всех форм микроорганизмов, в том числе и спор. Стерилизация баночных консервов проводится в специальных устройствах – автоклавах (под давлением пара) при температуре 110–125°С в течение 20–60 минут. Стерилизация обеспечивает возможность длительного хранения консервов. Молоко стерилизуется методом ультравысокотемпературной обработки (при температуре выше 130 °С) в течение нескольких секунд, что позволяет сохранить все полезные свойства молока.

*Реакция среды.* Жизнедеятельность микроорганизмов зависит от концентрации водородных ( $H^+$ ) или гидроксильных ( $OH^-$ ) ионов в субстрате, на котором они развиваются. Для большинства бактерий наиболее благоприятна нейтральная (рН около 7) или слабощелочная среда. Плесневые грибы и дрожжи хорошо растут при слабощелочной реакции среды. Высокая кислотность среды (рН ниже 4,0) препятствует развитию бактерий, однако плесени могут продолжать расти и в более кислой среде. Подавление роста гнилостных микроорганизмов при подкислении среды имеет практическое применение. Добавление уксусной кислоты используется при мариновании продуктов, что препятствует процессам гниения и позволяет сохранить продукты. Образующаяся при квашении молочная кислота также подавляет рост гнилостных бактерий.

*Концентрация соли и сахара.* Поваренная соль и сахар издавна используются для повышения стойкости продуктов к микробной порче и лучшей сохранности пищевых продуктов.

Повышение содержания растворенных веществ (соли или сахара) в

питательной среде отражается на величине осмотического давления внутри микроорганизмов, вызывает их обезвоживание. При повышении концентрации поваренной соли в субстрате более 3–4 % размножение многих, в том числе гнилостных, микроорганизмов замедляется, при концентрации более 7–12 % – прекращается.

Некоторые микроорганизмы нуждаются для своего развития в высоких концентрациях соли (20 % и выше). Их называют солелюбивыми, или галофилами. Они могут вызывать порчу соленых продуктов.

Высокие концентрации сахара (выше 55–65 %) прекращают размножение большинства микроорганизмов, это используется при приготовлении из плодов и ягод варенья, джема или повидла. Однако эти продукты тоже могут подвергаться порче в результате размножения осмофильных плесеней или дрожжей.

*Свет.* Некоторым микроорганизмам свет необходим для нормального развития, но для большинства из них он губителен. Ультрафиолетовые лучи Солнца обладают бактерицидным действием, т. е. при определенных дозах облучения приводят к гибели микроорганизмов. Бактерицидные свойства ультрафиолетовых лучей ртутно-кварцевых ламп используют для дезинфекции воздуха, воды, некоторых пищевых продуктов. Инфракрасные лучи тоже могут вызвать гибель микробов за счет теплового воздействия. Воздействие этих лучей применяют при тепловой обработке продуктов. Негативное воздействие на микроорганизмы могут оказывать электромагнитные поля, ионизирующие излучения и другие физические факторы среды.

При *облучении* микроорганизмов дозой 0,5 Гр (Грей) (1 Гр = = 100 рад (радиан)) усиливаются рост и образование пигментов; доза 1 Гр действует менее благоприятно, а излучение дозой 3–5 Гр приводит к остановке роста. К излучениям более чувствительны молодые клетки, находящиеся в стадии деления или роста.

Более устойчивы к излучению грамположительные микробы и менее устойчивы грамотрицательные. Повышенная устойчивость к излучению отмечена у клостридий ботулизма: они погибают только после воздействия на них дозами 25–40 кГр. Для достижения стерильности в некоторых случаях необходимо излучение дозой 50 кГр. Устойчивы к излучению вирусы и риккетсии; их устойчивость примерно такая же, как и у спор бацилл. Чем меньше размеры вирусных частиц, тем выше летальная доза. Некоторые микробы (возбудитель сибирской язвы, кишечная палочка и др.) приобретают устойчивость к излучениям. После нескольких облучений она у них повышается в 2 раза и более.

Возрастание устойчивости к излучениям зависит также от среды, в которой выращивались микроорганизмы.

*Ультразвук* – это высокочастотные (20 кГц и более) механические колебания упругой среды, не воспринимаемые ухом человека. Действуя на культуру микроорганизмов, ультразвук создает большую разницу в давлениях и повреждает клетку. Часть микробов погибает очень быстро (немедленно), другие подвергаются сильному механическому сотрясению, в результате чего нарушаются физиологические процессы: разжижается и вспенивается цитоплазма, увеличивается ее объем, разрывается клеточная стенка, во внешнюю среду выходит содержимое. На принципе кавитации (образование в жидкости пузырьков, заполненных газом) основано использование ультразвука для извлечения токсинов, ферментов, антигенов.

Эффективность действия ультразвука понижается при содержании в среде протеина. Поэтому использование ультразвука для стерилизации молока и других продуктов не всегда дает желаемые результаты. Быстрее подвергаются разрушению палочковидные формы и более медленно – шаровидные. Чем меньше объект, тем выше его устойчивость к действию ультразвука.

*Электричество*, по-видимому, не оказывает сильного действия непосредственно на микробы. Проходя через среду, ток высокого напряжения может вызвать электролиз некоторых компонентов и образования соединений, которые неблагоприятно влияют на микробы. Электрический ток усиливает цидное действие дезинфицирующих веществ, особенно ртутных препаратов. В поле электрического тока происходит диссоциация молекул на ионы, что сокращает срок действия веществ и повышает их эффективность. Электролиз применяют при дезинфекции воды, обеззараживании сточных вод и т. п. При этом губительное действие на микробы обеспечивается не самим электричеством, а теми продуктами (кислород, хлор, кислоты), которые образуются в результате его прохождения через среду.

*Влияние магнитных полей.* У микроорганизмов, как и у других живых существ, установлен магнитотропизм. Движение некоторых из них происходит по магнитному меридиану: в Северном полушарии – на север, в Южном – к противоположному полюсу. Еще в большей степени магнитотропизм выражен у микроскопических грибов, которые могут расти по силовым линиям магнитного поля. Такое явление объясняется наличием особых продуктов биосинтеза, содержащих низкомолекулярные белки-ферменты, в молекулах которых имеются атомы железа с ферромагнитными свойствами.

Микробы реагируют на любое напряжение геомагнитного поля, что приводит к изменению морфологических, культуральных и биохимических свойств. Клетки увеличиваются в размерах, образуют длинные нити; на плотных питательных средах могут расти мелкие беспигментные колонии (стафилококки, чудесная палочка). Иногда изменяются обмен веществ, вирулентность, повышается резистентность к антибиотикам и т. д. Следовательно, магнитное поле можно рассматривать как экологический фактор, определяющий течение биологических процессов, способствующий появлению и временному исчезновению инфекционных и других болезней на Земле.

*Гидростатическое давление*, превышающее 108–110 МПа, вызывает денатурацию белков, инактивацию ферментов, электролитическую диссоциацию, увеличивает вязкость многих жидкостей. Все это неблагоприятно отражается на жизнедеятельности микробов и нередко приводит к их гибели. Среди микроорганизмов имеются и такие (барофильные), которые живут и размножаются при более высоких значениях давления, например глубоководные бактерии морей и океанов. Большинство же микробов выдерживает давление около 65 МПа в течение 1 часа.

*Действие сотрясений* часто вызывает гибель бактерий (но не вирусов). Если поместить культуру бактерий в сосуд со стеклянными шариками и встряхивать, то через некоторое время происходит механическое разрушение клеток. Бактерии разрушаются быстрее, если их предварительно заморозить. Подобное наблюдается в горных и других быстротекущих реках, благодаря чему вместе с действием лучей Солнца и других факторов они очищаются от микробов.

*Влияние невесомости.* Как известно, запускаемые в космос микроорганизмы переносят невесомость без особых изменений. Например, культура (споры) микроорганизма *Vac. subtilis* на одинаковой среде и при такой же температуре на Земле развивалась быстрее (на 30 %), чем на орбитальной станции «Салют-6». Полагают, что земное тяготение обеспечивает больший контакт клеток в колонии, улучшает условия метаболизма, чего не наблюдается в космосе.

#### **Химические факторы.**

Микробы, как и все живые организмы, чувствительны к факторам среды. Они способны реагировать на малейшие изменения среды перемещением или другими реакциями. При возникновении благоприятных импульсов микробы устремляются к объекту раздражения, неблагоприятные импульсы отталкивают их. Такое явление получило название *хемотаксиса*. **Вещества-аттрактанты**, благоприятно дейст-

вующие на микробную клетку (мясной экстракт, пептон), вызывают положительный хемотаксис; сильнодействующие, ядовитые **вещества-репелленты** (кислоты, щелочи), ведущие к перевозбуждению или угнетению, приводят к отрицательному хемотаксису.

Микроорганизмы приспособились к определенной среде обитания. Одни (плесневые грибы) – **ацидофильные организмы** – живут в кислой среде; другие (холерный вибрион) – **алкалофильные организмы** – в щелочной. Большинство же микробов предпочитает среду, концентрация водородных ионов в которой делает ее ближе к нейтральной (рН 6,5–7,5). Оптимальную среду обитания в естественных условиях микроорганизмы создают себе сами.

Знание действия химических веществ на микробы имеет практическое значение, так как многие из них используются для проведения оздоровительных мероприятий в хозяйствах. Наиболее широко распространены из **дезинфицирующих веществ** щелочи, кислоты, хлорсодержащие препараты, фенолы, соли тяжелых металлов.

Чем выше концентрация веществ, тем сильнее их действие на микробную клетку. Увеличение концентрации фенола в 2 раза снижает время стерилизации в 64 раза. Наиболее выраженное цидное действие имеют водные растворы дезинфицирующих веществ; в масляных растворах оно более слабое. Стерилизация быстрее протекает в кислой среде и медленнее – в щелочной. Более устойчивы к действию химических веществ из неспорообразующих шаровидные формы. Палочковидные и извитые формы микробов при прочих равных условиях быстрее погибают.

Споры почти не содержат свободной воды, имеют плотную двойную оболочку, поэтому отличаются более высокой устойчивостью к действию химических веществ. Таким образом, действие химических веществ зависит от состава, концентрации, экспозиции, температуры и других факторов.

Химические вещества, обладающие бактерицидным действием, называют антисептиками. К ним относятся дезинфицирующие средства (хлорная известь, гипохлориты и др.), используемые в медицине, на предприятиях пищевой промышленности и общественного питания.

Некоторые антисептики применяются в качестве пищевых добавок (сорбиновая и бензойная кислоты и др.) при изготовлении соков, икры, кремов, салатов и других продуктов.

### **Биологические факторы.**

Микроорганизмы подвержены не только физическим, химическим, но и биологическим воздействиям. В природе все связано и взаимосвя-

висимо. Живые существа объединены в устойчивые экологические системы – *биоценозы*. Для каждого из них характерны видовое и количественное соотношения популяций, структура, взаимоотношения и другие признаки. Среди разных ценозов (фитоценозы, зооценозы) большое место в природных условиях занимают *микробоценозы* – сообщества микроорганизмов. Между ними и другими живыми организмами существуют самые разнообразные взаимоотношения. Они могут проявляться в форме симбиоза, комменсализма, метабиоза, сателлизма, синергизма, антагонизма и т. д.

**Симбиоз** – сожительство двух или более видов микроорганизмов между собой или с другими существами. Классическим примером симбиоза может служить *сожительство гриба и водоросли* (цианобактерии) в *лишайнике*, а также нахождение аэробов и анаэробов в одной замкнутой среде (в изолированных пустотах в почве и других местах), когда после использования кислорода аэробами создаются благоприятные условия для анаэробов, жизнь которых может протекать без атомарного кислорода. Микробы, находящиеся в клубеньках корней, живут в симбиозе с бобовыми растениями. Целлюлозоразлагающие бактерии в рубце жвачных животных могут служить примером симбиоза микроба и животных.

**Комменсализм** – неярко выраженная форма сожительства микробов с другими организмами, при этом один организм использует пищу или выделения другого, не принося ему вреда. Комменсалы являются представителями нормальной микрофлоры животных, обитающей в желудочно-кишечном тракте, дыхательных путях, на коже, а также эпифитными микробами растений.

**Метабиоз** – форма взаимоотношений, при которой один из микробов использует продукты жизнедеятельности другого и тем самым создает благоприятные условия для его развития (сожительство аммонификаторов и нитрификаторов, целлюлозоразлагающих и азотфиксирующих бактерий). Нитрификаторы окисляют продукты жизнедеятельности гнилостных микробов – аммиак, а азотобактер использует органические кислоты, которые накапливаются при разложении клетчатки.

**Сателлизм** – стимуляция роста одного микроорганизма продуктами жизнедеятельности другого, который затем становится его спутником. Выделяемые азотобактером витамины и другие биологически активные вещества стимулируют развитие микробов, превращающих органические формы фосфора в неорганические, что, свою очередь, благоприятно отражается на развитии высших растений. Такое же дей-

ствии оказывают дрожжи – продукты витаминов группы В – на другие микробы.

**Синергизм** – одинаковые физиологические процессы разных особей микробной ассоциации, в результате которых происходит увеличение конечных продуктов (увеличение гетероауксина – стимулятора роста растений – при совместном культивировании азотобактера и грибовидной бациллы).

**Антагонизм** – враждебное взаимоотношение, при котором продукты жизнедеятельности одного микроорганизма губительно действуют на таковые другого. Гнилостные микробы не могут жить в одной среде с молочнокислыми, так как образуемая молочная кислота понижает рН и подавляет рост алкалофильных организмов. Этот принцип используется в сельском хозяйстве: на нем основаны процессы силосования, квашения, приготовления и сохранения кисломолочных продуктов. Антагонизм между микробами широко распространен в природе. В борьбе с возбудителями разных болезней его использует человек. Применяемые антибиотические вещества имеют специфическое действие. Этим они отличаются от других продуктов жизнедеятельности микробов. Антибиотическими свойствами обладают фитонциды – вещества, обнаруженные во многих растениях и пищевых продуктах (лук, чеснок, редька, хрен, пряности и др.). К фитонцидам относятся эфирные масла, антоцианы и другие вещества. Они способны вызывать гибель патогенных микроорганизмов и гнилостных бактерий.

В яичном белке, рыбной икре, слезах, слюне содержится лизоцим – антибиотическое вещество животного происхождения.

**Паразитизм** – это такое отношение между микробами, в результате которого пользу от сожительства получает лишь паразит, нанося вред хозяину, что обычно приводит к гибели последнего.

### **Рост бактерий в статической культуре. Кривая роста.**

При внесении бактерий в питательную среду они обычно растут до тех пор, пока содержание какого-нибудь из необходимых им компонентов среды не достигнет минимума, после чего рост прекращается. Если на протяжении всего времени не прибавлять питательных веществ и не удалять продуктов обмена, то получится статическая бактериальная культура.

Кривая, которая описывает зависимость логарифмов числа клеток от времени, называется *кривой роста*. Кривая роста имеет S-образную форму. Различают несколько фаз роста, которые сменяют друг друга в определенной последовательности.

Начальная фаза (лаг-фаза) охватывает промежуток времени между началом роста и достижением максимальной скорости роста. Продолжительность этой фазы зависит от предварительного культивирования, от возраста микроорганизма и от того, насколько пригодна для роста данная питательная среда. В этот период в бактериальных клетках содержание РНК увеличивается в 8–12 раз. Это указывает на участие РНК и рибосом в синтезе необходимых ферментных белков.

Экспоненциальная (логарифмическая) фаза роста характеризуется постоянной максимальной скоростью деления клеток. Скорость деления клеток во время этой фазы зависит от вида бактерий и от среды. Одни представители делятся через каждые 15 минут при температуре 37 °С, другие – через 6–150 минут, даже 5–10 часов. Величина клеток и содержание белка в них остаются постоянными. В связи с тем что в экспоненциальной фазе скорость деления клеток относительно постоянна, эта фаза наиболее удобна для определения скорости деления бактерий и для изучения влияния факторов внешней среды на данный вид.

Стационарная фаза наступает тогда, когда число клеток перестает увеличиваться. Скорость роста зависит от концентрации субстрата. Поэтому при уменьшении концентрации субстрата наблюдается снижение скорости роста, переход от экспоненциальной к стационарной фазе роста происходит постепенно. Скорость роста может снижаться и за счет большой плотности бактериальной популяции или из-за накопления токсичных продуктов обмена. В стационарной фазе могут происходить такие процессы, как использование запасных веществ, синтез ферментов, быстро гибнут очень чувствительные клетки. Количество биомассы, достигнутое в стационарной фазе, называют выходом, или урожаем.

#### **Рост в непрерывной культуре.**

В статической культуре условия все время изменяются: плотность популяции бактерий увеличивается, а концентрация субстрата уменьшается.

Для многих физиологических исследований представляется желательным дать возможность клеткам длительное время находиться в фазе экспоненциального роста при постоянной концентрации субстрата и неизменных прочих условиях.

Добиться такого положения можно, многократно перенося клетки на новую питательную среду. Той же цели можно добиться, если в сосуд, содержащий популяцию растущих клеток, непрерывно вводить

новый питательный раствор и одновременно удалять из него соответствующее количество бактериальной суспензии. Такой метод положен в основу непрерывного культивирования в хемостатах и турбидостатах.

Хемостат состоит из сосуда-культиватора, в который из особого резервуара поступает с постоянной скоростью питательный раствор. Благодаря аэрации и механическому перемешиванию в культиваторе создаются оптимальные условия для снабжения кислородом и быстрого распределения питательных веществ. По мере поступления в сосуд питательного раствора из сосуда вытекает бактериальная суспензия.

Работа турбидостата основывается на поддержании постоянной плотности бактериальной суспензии, или постоянной мутности. Фотоэлемент, который измеряет мутность, регулирует через систему реле поступление питательного раствора. В сосуде для культивирования все питательные вещества содержатся в избытке, и скорость роста бактерий приближается к максимальной.

Основные различия между статической и непрерывной культурами заключаются в следующем:

- 1) статическую культуру можно рассматривать как закрытую систему, которая в своем развитии проходит все фазы роста. Каждый из этих периодов характеризуется определенными условиями. Автоматическое регулирование в статической культуре невозможно;
- 2) непрерывная культура представляет собой открытую систему, которая стремится к равновесию.

### **Генетика микроорганизмов. Строение и репликация генома бактерий.**

Наследственную функцию бактерий выполняет ДНК, молекула которой состоит из двух полинуклеотидных цепочек (нитей).

Фридрих Мишер, швейцарский врач, еще в конце 1868 года выделил из лейкоцитов, содержащихся в гное, ранее неизвестное вещество, которое назвал нуклеином. В 1889 году немецкий химик Рихард Альтман назвал его нуклеиновой кислотой. Лишь в 1953 году была построена модель ДНК.

Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, сахара (дезоксирибозы) и фосфатной группы. Азотистые основания представлены пуринами (аденин – А, гуанин – Г) и пиримидинами (тимин – Т, цитозин – Ц). Каждый нуклеотид обладает полярностью: у него имеются дезоксирибозный «3-конец» и фосфатный «5-конец». Нуклеотиды образуют полинуклеотидную цепочку. Соединение между двумя цепоч-

ками обеспечивается водородными связями азотистых оснований: аденина с тиминами, гуанина с цитозином. Размеры двунитевой ДНК определяются числом пар нуклеотидов.

Наследственная информация у бактерий хранится в форме последовательности нуклеотидов ДНК, которые задают последовательность аминокислотных остатков при синтезе молекул белка. Каждому белку соответствует свой ген, т. е. дискретный участок на ДНК, отличающийся числом и специфичностью последовательности нуклеотидов.

Совокупность всех генов называется *геномом (генотипом)*, а внешнее проявление генома – *фенотипом*.

*Бактериальная хромосома* представлена одной двунитевой молекулой ДНК кольцевой формы, имеющей гаплоидный набор генов (всего до 5000 генов), которые кодируют жизненно важные для клетки функции.

*Плазмиды бактерий* – это двунитевые молекулы ДНК, расположенные изолированно от бактериального генома. С плазмидами связаны функции, не являющиеся основными для жизнедеятельности бактериальной клетки, но дающие бактерии преимущества при попадании в неблагоприятные условия существования. Фенотипическими признаками, сообщаемыми плазмидами бактериальной клетке, являются, например, устойчивость к антибиотикам, расщепление сложных органических веществ, выработка факторов бактериоциногенности, продукция факторов патогенности.

### **Формы изменчивости микроорганизмов.**

Изменения и их форма в мире микроорганизмов могут быть разными и зависят от многих причин. Фенотипические изменения связаны с условиями среды, не наследуются, хотя и могут сохраняться длительное время. Генотипические изменения наследуются (рис. 3).

#### ***Фенотипические изменения.***

К фенотипическим изменениям относят адаптацию и модификацию.

*Адаптация* – приспособление микроорганизмов к условиям среды.

В настоящее время это явление объясняется не изменением в микробной клетке, а развитием ранее измененных особей и гибелью неприспособленных, что установлено при действии на микробы антибиотиков. Приспособленные клетки размножаются, а остальные – погибают, т. е. происходит естественный отбор.

*Модификация* – изменение микроорганизмов под влиянием условий среды. Изменяются только фенотипические (внешние) признаки (форма, размеры, цвет колоний). Так, добавление в среду хлорида

кальция приводит к укорочению клеток кишечной палочки. Если из среды удалить это вещество, они вновь принимают исходную форму. Добавление в среду глицерина и аланина вызывает полиморфизм у холерного вибриона. Модификация наблюдается в нормальных условиях жизни, это реакция на внешние раздражения, не связанные с нарушением физиологических процессов в организме.

При длительных и сильных воздействиях на микробную клетку могут быть и более глубокие изменения: палочки принимают округлую форму и даже проходят через пористые фильтры.

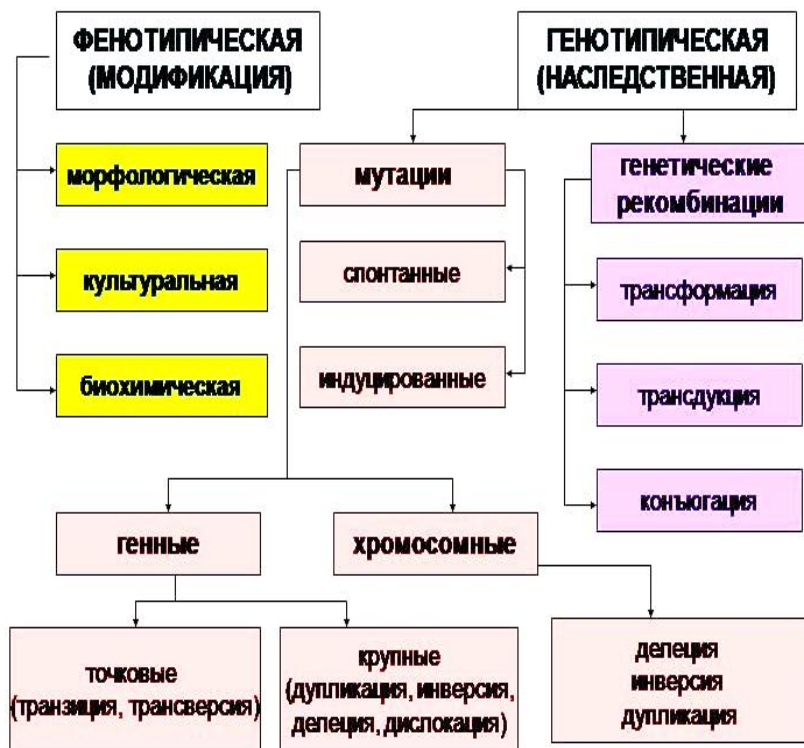


Рис. 3. Классификация изменчивости микроорганизмов

**Генотипические изменения.**

*Мутации* – это наследуемые изменения в последовательности отдельных нуклеотидов, которые приводят к появлению микробов с но-

выми свойствами. Такой ген кодирует белок, отличающийся от исходного по свойствам и функциям.

Термин «мутация» введен голландским ученым Хуго де Фризом (1901). Мутации свойственны всем живым существам, в том числе и микроорганизмам.

*Спонтанные мутации* (без направленного воздействия) очень редки: примерно одна на 100 тыс. Они характеризуются изменением какого-нибудь одного признака и обычно стабильны.

*Индукцированные, или мутагенные, мутации* возникают вследствие воздействия факторов среды. Они встречаются сравнительно часто. Мутагены подразделяются: на физические, химические и биологические. К физическим относят различного рода излучения: ультрафиолетовые, рентгеновские, радиоактивные. Они вызывают повреждение генетического аппарата, изменение признаков, свойств микробов. К химическим относят сильнодействующие вещества: отравляющие (иприт), лекарственные (йод, пероксид водорода), кислоты (азотистая) и др. Примером биологических мутагенов может быть ДНК. Так, при введении в клетки эмбриона дрозофилы некоторых видов онковирусов взрослые особи приобретают новые признаки: на голове возникают необычные выросты или углубления, иногда исчезают глаза. Отрезок вирусной ДНК, который встраивается в одну из хромосом дрозофилы, вызывает дифференцирование клеток, и, как результат, появляются морфологические и другие изменения.

Существуют крупные и мелкие (точечные) мутации. К крупным относятся мутации, которые характеризуются выпадением большого участка гена. Точечная мутация происходит внутри гена и представляет собой замену, вставку (дупликация), выпадение (делеция) одной пары азотистых оснований ДНК. В результате точечных мутаций происходит наследственное изменение каких-либо свойств микробной клетки, которая, как правило, остается жизнеспособной.

Доказано мутагенное действие вирусов и живых вирусных вакцин на млекопитающих. Они повреждают наследственный аппарат не только соматических, но и половых клеток. Мутагенное действие вирусов особенно активно проявляется во время эпизоотии и эпидемий. Численность мутаций возрастает также при нарушении метаболизма и старении организма.

Для получения полезных признаков у микроорганизмов применяют самые различные мутагены. Таким методом выделены высокоактивные штаммы продуцентов антибиотиков и других веществ. После об-

лучения продуцента пенициллина получены штаммы, которые по своей активности в десятки-сотни раз превосходят исходные. В сочетании с другими факторами и при создании оптимальных условий роста биосинтез повышался: пенициллина в 10 тыс. раз, витамина В<sub>2</sub> (рибофлавина) в 20 тыс., витамина В<sub>12</sub> (цианокобаламина) в 50 тыс. раз.

Необходимо отметить, что после мутагенеза появляются не только полезные, но и вредные признаки. Микробов с полезными признаками бывает очень мало, а самое главное – для их определения приходится проделывать огромную работу: не только выделять тысячи штаммов в чистую культуру, но и изучать их свойства. Так, длительным и кропотливым трудом удалось во много раз повысить выход незаменимых аминокислот (лизин, глутаминовая). Действие радиоактивных веществ вызывает глубокие изменения в генетическом аппарате, но среди микробов появляются расы, устойчивые к ним.

#### ***Комбинативные изменения.***

Комбинативные изменения появляются в результате трансформации, трансдукции и конъюгации.

*Трансформация* – это процесс переноса участка генетического материала ДНК, содержащего одну пару нуклеотидов, от клетки-донора к клетке-реципиенту. Впервые это явление было установлено в 1928 году английским микробиологом Ф. Гриффитом.

Процесс трансформации может самопроизвольно происходить в природе у некоторых видов бактерий, чаще грамположительных, когда ДНК из погибших клеток захватывается реципиентными клетками.

*Опыт Ф. Гриффита.* Мышам одновременно были введены две культуры пневмококков: непатогенная, лишенная капсулы (R-штамм), и патогенная культура с капсулой (S-штамм), убитая нагреванием. Все мыши погибли от пневмонии (воспаления легких). Из органов павших животных была выделена капсульная, вирулентная культура пневмококка. Почему так произошло, ни автор, ни другие исследователи в то время не могли объяснить. Культура убитого нагреванием капсульного пневмококка вызывала в организме трансформацию живых бескапсульных микробов, в результате чего у них появилась способность к образованию капсулы, что и обусловило патогенность.

В процессе трансформации различают пять стадий: первая – адсорбция трансформирующей ДНК на поверхности микробной клетки; вторая – проникновение ДНК в клетку-реципиент; третья – спаривание внедрившейся ДНК с хромосомными структурами клетки; четвертая – включение участка ДНК клетки-донора в хромосомные структуры

клетки-реципиента; пятая – дальнейшее изменение нуклеотида в ходе последующих делений.

Трансформироваться могут устойчивость и чувствительность к антибиотикам, способность к синтезу ферментов и т. д. Трансформация признаков ДНК происходит только при определенных условиях и физиологических состояниях клетки, получивших название «состояние готовности». Оптимальная температура трансформации находится в пределах 29–32 °С. Высокая температура (80–100 °С), химические вещества (азотистая кислота), ультрафиолетовые излучения, фермент ДНК-аза приостанавливают трансформирующее действие ДНК. Таким образом, нуклеиновые кислоты – носители наследственной информации.

В настоящее время трансформация является основным методическим приемом в генной инженерии, используемым при конструировании рекомбинантных штаммов с заданным геномом.

*Конъюгация* – передача генетического материала от клетки-донора в клетку-реципиент при непосредственном половом контакте клеток. Необходимым условием конъюгации является наличие в клетке-доноре трансмиссивной F-плазмиды (фертильности, плодовитости). Эта плаزمида способна передаваться от донора к реципиенту, она кодирует синтез половых пилей, образующих конъюгационный мостик между клеткой-донором и клеткой-реципиентом, по которому происходит передача плазмидной и клеточной ДНК. В результате такого переноса клетка-реципиент получает донорские свойства.

*Трансдукция* – передача бактериальной ДНК посредством бактериофага. В процессе репликации фага внутри бактерий фаг меняется бактериальной ДНК, проникает в фаговую частицу и переносится в бактерию-реципиент во время фаговой инфекции.

Существует два типа трансдукции: общая и специфическая. *Общая трансдукция (неспецифическая)* – перенос бактериофагом фрагмента любой части бактериальной хромосомы. *Специфическая трансдукция* – перенос в клетку-реципиент строго определенного участка бактериальной ДНК донора.

**Грибы** – это гетеротрофные нефотосинтезирующие (бесхлорофильные) эукариотические микроорганизмы. Царство грибов (*Fungi, Mycetes*) насчитывает свыше 100 тыс. видов, объединенных в семь классов, которые в свою очередь подразделяются на подклассы, порядки, семейства, роды, виды и штаммы. Среди них встречаются сапрофиты, паразиты и факультативные паразиты растений, животных и человека.

**Строение тела гриба.** Вегетативное тело большинства грибов представляет собой *грибницу*, или *мицелий*, из ветвящихся нитей-гифов, толщина которых колеблется от 2 до 3 мкм. Такие грибы называют мицелиальными (еще их называют плесенями).

Отдельные виды микроскопических грибов не имеют мицелия. Это некоторые представители низших грибов, а также дрожжи, представляющие собой одиночные округлые или удлинённые клетки.

Мицелий одних грибов клеточный – гифы разделены перегородками (септами), а клетки часто многоядерные; мицелий других неклеточный – гифы не имеют перегородок и весь мицелий представляет собой как бы одну гигантскую клетку с большим числом ядер.

Из плотного сплетения гифов состоят так называемые *плодовые тела* грибов, в которых находятся органы размножения. Мицелий начинает свое развитие из спор, прорастающих при определенной температуре и влажности.

В зависимости от характера роста различают субстратный и воздушный мицелий. Мицелий может развиваться частично в субстрате (субстратный мицелий), пронизывая его и всасывая из него воду и питательные вещества, а частично – на поверхности субстрата (воздушный мицелий) в виде пушистых, паутинообразных или тонких налетов, пленок.

**Строение грибной клетки.** Клетки большинства грибов покрыты жесткой оболочкой, которая состоит из клеточной стенки и различных внеклеточных выделений. *Клеточная стенка* – основной структурный компонент оболочки. Она придает клетке устойчивую и характерную для нее форму, механически защищает от осмотического давления.

Клеточная стенка состоит на 80–90 % из полисахаридов; в небольшом количестве в ней имеются белки, липиды, полифосфаты. Основным полисахаридом клеточной стенки большинства грибов является *хитин*, некоторых – целлюлоза.

Обычно клеточная стенка имеет толщину около 0,2 мкм. Она составляет от 10 до 50 % сухой массы организма.

Под клеточной стенкой расположена трехслойная *цитоплазматическая мембрана* толщиной около 8 нм. Она служит осмотическим барьером организма, контролирует избирательное поступление веществ в клетку.

Внутреннее содержание клетки можно разделить на мембранные структуры и цитоплазму. *Цитоплазма* представляет собой коллоидный раствор. В его состав входят ферменты, белки, аминокислоты, углеводы, нуклеиновые кислоты, гранулы запасных веществ. В цито-

плазме грибов содержится сильно развитая система внутренних мембран.

К мембранным структурам относятся: эндоплазматический ретикулум; аппарат Гольджи; митохондрии.

**Эндоплазматический ретикулум** (эндоплазматическая сеть) – мембранная система из взаимосвязанных канальцев (местами суживающихся или расширяющихся), которая пронизывает цитоплазму и связана с цитоплазматической мембраной и мембраной ядра. В этом органоиде происходит синтез многих веществ (липидов, углеводов и др.).

**Митохондрии** – образования из липопротеиновых мембран, в которых осуществляются энергетические процессы и синтезируется АТФ – вещество, богатое энергией.

**Аппарат Гольджи** – мембранная система, связанная с ядерной мембраной и с эндоплазматической сетью. К его многообразным функциям относится транспорт веществ, синтезируемых в эндоплазматической сети, а также удаление из клетки продуктов обмена.

**Рибосомы** – очень мелкие, округлые, многочисленные образования. Часть их находится в свободном состоянии, часть прикреплена к мембранам. В рибосомах происходит синтез белка.

**Лизосомы** – мелкие округлые тельца, покрытые мембраной. В них содержатся ферменты, переваривающие (расщепляющие) поступающие извне белки, углеводы, липиды.

**Ядро** (или несколько ядер) окружено двойной мембраной. В ядре находятся ядрышко и хромосомы, содержащие ДНК. В ядерной оболочке расположены поры, обеспечивающие транспорт веществ от ядра к цитоплазме.

**Вакуоли** – полости, окруженные мембраной и заполненные клеточным соком, а также включениями запасных питательных веществ.

**Способы размножения грибов.** *Особенностью грибов является большое разнообразие способов и органов размножения. Один и тот же гриб часто имеет несколько форм размножения.*

Грибы размножаются вегетативным, бесполом и половым путями. **Вегетативное размножение** происходит без образования специализированных органов – любая часть мицелия дает начало новому организму. Вегетативное размножение происходит обычно при поддержании культуры на искусственных питательных средах.

При *бесполом* и *половом размножении* образуются специализированные клетки – *споры*, с помощью которых и осуществляется размножение.

**При бесполом способе размножения** споры образуются на особых гифах воздушного мицелия, внешне отличающихся от других гифов. У одних грибов споры образуются *экзогенно (открыто)* на вершине гифов снаружи их. Такие споры называются *конидиями*, а гифы, несущие их, – *конидиеносцами*.

Конидии образуются непосредственно на конидиеносце или на специальных клетках, расположенных на его вершине. Эти клетки обычно имеют форму бутылочек и называются *стеригмами*. Конидии располагаются на конидиеносцах (или на стеригмах) поодиночке, группами, цепочками и т.д.

У других грибов споры образуются *эндогенно* – внутри особых клеток, развивающихся на концах гифов. Эти клетки – вместилища спор – называются *спорангиями*, находящиеся в них споры – *спорангиоспорами*, а гифы, несущие спорангии со спорами, – *спорангиеносцами*.

*Распространение спор грибов обычно происходит с помощью ветра, дождя, насекомых, животных и человека. Споры бесполого размножения служат для быстрой колонизации субстрата.*

**При половом размножении** грибов спорообразованию предшествует половой процесс – слияние половых клеток с последующим объединением их ядер. При этом образуются специализированные органы размножения. Развитие этих органов и формы полового процесса у грибов многообразны.

Большинство грибов может размножаться бесполом и половым путем, такие грибы называют *совершенными*. Некоторые грибы не способны к половому размножению, их называют *несовершенными*.

*Особенности способов размножения и строения органов размножения используют при распознавании грибов. Эти особенности лежат в основе их классификации.*

### **Систематика грибов.**

Систематика организмов, в том числе и грибов, периодически совершенствуется. В настоящее время большинство микологов (М. В. Горленко и др.) считают, что развитие грибов шло разными эволюционными путями, в результате чего сформировались **два отдела**.

У представителей отдела *Oomycota*, как и у растений, в стенках клеток содержится *целлюлоза*. Подвижные стадии имеют один или два жгутика.

У настоящих грибов (отдел *Eumycota*) в стенках клеток содержится *хитин*. Они составляют более 95 % всех грибов и объединены в **пять классов**:

1) *хитридиомицеты* (*Chytridiomycetes*); мицелий слабо развитый, одноклеточный; подвижные стадии имеют один бичевидный жгутик;

2) *зигомицеты* (*Zygomycetes*); мицелий несептированный, хорошо развитый; размножение осуществляется чаще спорангиоспорами (эндоспорами);

3) *аскомицеты*, или *сумчатые грибы* (*Ascomycetes*); мейоспоры (споры полового размножения) образуются внутри специальных клеток – сумок, или асков; митоспоры (споры бесполого размножения) представлены конидиями;

4) *базидиомицеты* (*Basidiomycetes*); имеют хорошо развитый многоклеточный мицелий; митоспоры представлены конидиями; мейоспоры образуются на специальных клетках – базидиях; к этому классу относится большинство съедобных грибов – макромицетов;

5) *дейтеромицеты* (*Deuteromycetes*); размножаются бесполовым путем – конидиями; мицелий септированный; они представляют собой «бывшие» аскомицеты, или базидиомицеты, которые в процессе эволюции утратили половые спороношения; многие из дейтеромицетов – паразиты животных, растений и человека.

### 1.3. Экология микроорганизмов

Микроорганизмы широко распространены в окружающей среде – воздухе, воде, почве. Они принимают участие во многих важных процессах, происходящих в биосфере: круговорот веществ, в том числе усвоение азота из воздуха, процесс утилизации органических отходов жизнедеятельности всех макроорганизмов (растений, животных, человека) и др.

#### **Микрофлора воздуха.**

Состав микрофлоры воздуха разнообразен и значительно изменяется в зависимости от условий. Микроорганизмы в воздухе могут находиться только временно, так как в нем отсутствует необходимая питательная среда. Загрязнение воздуха микробами происходит из почвы, от животных, людей и растений. В воздухе могут находиться споры бактерий, грибов, дрожжи, различные микрококки и др. Воздух верхних слоев атмосферы, а также горный и морской воздух содержит очень мало микроорганизмов. В населенных местах их значительно больше, особенно в летнее время.

Количество микроорганизмов в жилых помещениях зависит от их санитарно-гигиенического состояния, воздух считается чистым при

содержании в  $1 \text{ м}^3$  не более 1500 бактерий и 16 стрептококков. Наиболее загрязняется воздух в помещениях при скоплении людей и плохой работе вентиляции.

Воздух может служить фактором передачи респираторных вирусных заболеваний (ОРВИ), гриппа, туберкулеза, дифтерии, стафилококковой инфекции и др. Патогенные микроорганизмы выделяются больными людьми или бактерионосителями при кашле, чихании и т. п.

В воздухе цехов предприятий общественного питания патогенные микроорганизмы должны отсутствовать, общее количество микробов в  $1 \text{ м}^3$  не должно превышать 100–500 бактерий. Микробная обсемененность воздуха значительно снижается при хорошей работе вентиляции, наличии бактерицидных фильтров для подаваемого воздуха, регулярной влажной уборке помещений. В холодных и кондитерских цехах рекомендуется использование бактерицидных ламп.

#### **Микрофлора воды.**

В воде количество микроорганизмов значительно выше, чем в воздухе, так как многие из них способны жить и развиваться в воде. В 1 мл ( $1 \text{ см}^3$ ) воды поверхностных источников может находиться до миллиона микробов. В артезианской воде микробов очень мало.

Поверхностные воды рек, озер, водохранилищ загрязняются сточными водами населенных пунктов, промышленных предприятий и животноводческих ферм. Микробное загрязнение воды возрастает также после обильных дождей и весеннего половодья. Проточные водоемы (реки, каналы) обладают способностью к самоочищению, количество микробов ниже места загрязнения реки может существенно не изменяться, а через некоторое время чистота воды в реке восстанавливается.

Вода служит фактором передачи кишечных инфекций (дизентерии, холеры, брюшного тифа и др.), возбудители которых попадают в нее со сточными водами. Многие патогенные микроорганизмы (холерный вибрион, возбудитель туберкулеза и др.) могут сохраняться в воде до нескольких месяцев.

На предприятиях общественного питания должна использоваться вода только питьевого качества, прошедшая очистку и обезвреживание.

#### **Микрофлора почвы.**

Почва – естественная среда микроорганизмов, принимающих участие в круговороте веществ в природе. Микробы из почвы попадают в воздух и воду.

В 1 г почвы находится несколько миллиардов самых разнообразных микроорганизмов: гнилостные аэробные и анаэробные бактерии, азотфиксирующие, нитрофицирующие и другие бактерии, актиномицеты, грибы, простейшие. Особенно длительно в почве находятся споры бактерий и грибов. Наибольшее количество микробов содержится на глубине 5–10 см. Почвенные микроорганизмы осуществляют процесс минерализации органических отходов с образованием гумуса, обеспечивающего плодородие почвы.

Болезнетворные микроорганизмы попадают в почву с выделениями больных людей и животных, с отбросами, с трупами крыс и других животных. Возбудители кишечных инфекций могут находиться в почве от нескольких дней до месяца, иногда дольше. Споры сибирской язвы, ботулизма, столбняка и газовой гангрены могут сохраняться в почве десятки лет. Загрязнение продуктов болезнетворными микробами из почвы представляет большую опасность заболевания людей.

#### **Микрофлора тела человека.**

Микробы проникают в организм человека из воздуха, воды, пищи или от других людей через так называемые «входные ворота инфекции» – ротовую полость, поврежденную кожу или слизистые оболочки. Некоторые из них обитают в организме человека, не нанося ему вреда, а другие необходимы человеку для нормальной жизнедеятельности. Так, например, микрофлора толстого кишечника участвует в переваривании пищевых волокон, синтезирует некоторые витамины группы В, способствует защите организма от патогенных микробов. Микрофлора кишечника состоит из кишечных палочек, бифидумбактерий и многих других микроорганизмов. При нарушении состава микрофлоры развивается дисбактериоз, в кишечнике поселяются условно-патогенные микроорганизмы и даже возбудители кишечных инфекций, поэтому работники предприятий общественного питания сдают анализ на бактерионосительство.

В ротовой полости микробов особенно много в так называемом «зубном налете», там могут обитать микрококки, стрептококки, стафилококки, дрожжи и др. Источником заражения продуктов золотистым стафилококком могут быть воспаленные миндалины или десна, кариозные зубы и другие воспалительные процессы в ротовой полости и горле. При поступлении на работу в кондитерский цех будущий работник должен проходить предварительный осмотр у отоларинголога и стоматолога, сдавать мазок из горла на носительство золотистого стафилококка.

Руки человека наиболее подвержены загрязнению микробами. Загрязнение происходит при контакте с почвой, растениями, животными, предметами, продуктами питания или другими людьми. На руках кроме широко распространенных сапрофитных бактерий обнаруживаются возбудители самых разных болезней человека – дизентерийная и туберкулезная палочки, сальмонеллы, патогенные стафилококки и стрептококки, протей и др.

Патогенные (болезнетворные) микроорганизмы вызывают различные инфекционные заболевания людей и животных. Инфекционные заболевания человека возникают в результате внедрения в организм и размножения в нем патогенных микроорганизмов. Инфекции заразны, т. е. передаются от больного к здоровому человеку при контакте, через воздух, посуду, пищу или насекомых-переносчиков. В зависимости от механизма передачи различают воздушно-капельные, кровяные, кишечные и кожно-венерические инфекции. Кишечные инфекции передаются с водой, пищей или грязными руками.

Источником инфекции могут быть больные люди или бактерионосители – практически здоровые люди, в организме которых находятся болезнетворные микроорганизмы. Бактерионосительство формируется после перенесенного заболевания в результате самолечения или других причин.

Некоторые инфекционные заболевания могут передаваться человеку от больных животных и через продукты животноводства. Такие инфекции называются зоонозами. Они, как правило, не распространяются далее от человека к человеку.

Условно-патогенные микроорганизмы вызывают пищевые отравления, а не инфекции, так как для возникновения заболевания требуется предварительное значительное накопление в пище живых микробов и выделенных ими токсинов.

С целью профилактики инфекционных заболеваний и пищевых отравлений необходимо тщательно мыть руки перед приготовлением пищи, перед едой, после посещения туалета или работы с деньгами. Обнаружение кишечной палочки на руках работника пищевого производства указывает на несоблюдение им правил личной гигиены.

Тело более или менее крупного животного представляет для микроорганизмов целый мир с множеством экологических ниш. В естественных условиях организм любого животного населен большим количеством микроорганизмов. Среди них могут быть случайные формы, но для многих видов тело животного является основным или единст-

венным местом их обитания. Характер и механизмы взаимодействий микроорганизмов с макроорганизмом многообразны и играют решающую роль в жизни и эволюции многих видов микроорганизмов. Для животного микроорганизмы – важный экологический фактор, определяющий многие стороны его эволюционных изменений.

С современных позиций нормальную микрофлору рассматривают как совокупность микробиоценозов, занимающих многочисленные экологические ниши на коже и слизистых всех открытых внешней среде полостей организма. В значительной части микрофлора одинакова у всех животных в сравниваемых биотопах, но в составе микробиоценоза имеются индивидуальные различия. Аутомикрофлора здорового животного остается постоянной и поддерживается гомеостазом. Ткани и органы, не сообщаемые с внешней средой, стерильны. Организм и его нормальная микрофлора составляют единую экологическую систему: микрофлора служит своеобразным «экстракорпоральным органом», играющим важную роль в жизнедеятельности животного. Будучи биологическим фактором защиты, нормальная микрофлора является тем барьером, после прорыва которого индуцируется включение неспецифических механизмов защиты.

#### ***Микрофлора кожи.***

Кожный покров тела имеет свои области, свой рельеф, свою «географию». Клетки эпидермиса кожи постоянно отмирают, и пластинки рогового слоя слущиваются. Поверхность кожи постоянно «удобряется» продуктами выделения сальных и потовых желез. Потовые железы обеспечивают микроорганизмы солями и органическими соединениями, в том числе азотсодержащими. Выделения сальных желез богаты жирами. Микроорганизмы заселяют главным образом участки кожи, покрытые волосами и увлажненные потом. На участках кожи, покрытых волосами, находится около  $1,5 \cdot 10^6$  клеток/см. Некоторые виды приурочены к строго определенным участкам.

Обычно на коже преобладают грамположительные бактерии. Типичными обитателями кожи являются различные виды *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Propionibacterium*, *Corynebacterium*, *Brevibacterium*, *Acinetobacter*.

Для нормальной микрофлоры кожи характерны такие виды *Staphylococcus*, как *St. epidermidis*, но не упомянутый *St. aureus*, развитие которого здесь свидетельствует о неблагоприятных изменениях микрофлоры организма. Представители рода *Corynebacterium* иногда составляют до 70 % всей кожной микрофлоры. Некоторые виды явля-

ются липофильными, т. е. образуют липазы, разрушающие выделения жировых желез.

Большинство микроорганизмов, населяющих кожу, не представляет какой-либо опасности для хозяина, но некоторые, и прежде всего *St. aureus*, условно-патогенные.

Нарушение нормального сообщества бактерий кожи может иметь неблагоприятные последствия для макроорганизма.

На кожных покровах микроорганизмы подвержены действию бактерицидных факторов сального секрета, повышающих кислотность (соответственно значение pH снижается). В подобных условиях живут преимущественно *Staphylococcus epidermidis*, микрококки, сарцины, аэробные и анаэробные дифтероиды. Другие виды – *Staphylococcus aureus*, 2-гемолитические и негемолитические стрептококки – правильнее рассматривать как транзиторные. Основные зоны колонизации – эпидермис (особенно роговой слой), кожные железы (сальные и потовые) и верхние отделы волосных фолликулов. Микрофлора волосяного покрова идентична микрофлоре кожи.

#### **Микрофлора желудочно-кишечного тракта.**

Наиболее активно микроорганизмы заселяют желудочно-кишечный тракт ввиду обилия и разнообразия в нем питательных веществ.

Кишечный тракт животных – обычное место обитания разнообразных микроорганизмов, преимущественно анаэробных. Характер взаимоотношений этих микроорганизмов с хозяином может быть различным и в первую очередь зависит от особенностей его рациона.

В кишечном тракте хищных или насекомоядных животных находится корм, по своему биохимическому составу близкий к составу их тела. Он является также прекрасным субстратом для развития микроорганизмов. Поэтому здесь складываются конкурентные взаимоотношения микроорганизмов с хозяином. Последний не может полностью исключить возможность их развития, но ограничивает его благодаря секреции кислоты и быстрому пищеварению, в результате чего почти все продукты деятельности пищеварительных ферментов потребляются животным. Более медленное прохождение корма через толстый кишечник способствует бурному развитию микроорганизмов, и в задней кишке уже содержится огромное их количество.

В кишечник травоядных животных попадает большое количество клетчатки. Известно, что только некоторые беспозвоночные могут переваривать клетчатку самостоятельно. В большинстве случаев переваривание целлюлозы происходит за счет разрушения ее бактериями, а

животное потребляет в качестве пищи продукты ее деградации и сами клетки микроорганизмов. Таким образом, здесь наблюдается кооперация, или симбиоз. Наибольшего совершенства этот тип взаимодействия достиг у жвачных животных. В их рубце корм задерживается достаточно долго, чтобы могли быть разрушены доступные микроорганизмам компоненты растительных волокон. В этом случае, однако, бактерии используют значительную часть растительного белка, который в принципе мог бы быть разрушен и использован самим животным. Однако у многих животных взаимодействие с кишечной микрофлорой носит промежуточный характер. Например, у лошадей, кроликов, мышей в кишечнике корм в значительной степени используется до того, как начнется бурное развитие бактерий. Но в отличие от хищников, у таких животных корм дольше задерживается в кишечнике, что способствует его сбраживанию бактериями.

Наиболее активная жизнедеятельность микроорганизмов всегда происходит в толстой кишке. Анаэробы здесь развиваются, осуществляя брожение, при котором образуются органические кислоты – преимущественно уксусная, пропионовая и масляная. При ограниченном поступлении углеводов образование этих кислот энергетически выгоднее, чем образование этанола и молочной кислоты. Происходящее здесь же разрушение белков приводит к снижению кислотности среды. Накапливающиеся кислоты могут быть использованы животным.

Содержимое кишечника – благоприятная среда обитания микроорганизмов. Однако здесь действует и ряд неблагоприятных факторов, способствующих адаптации и специализации кишечных микроорганизмов. Так, в толстом кишечнике накапливаются желчные кислоты до концентрации, уже угнетающей рост некоторых бактерий. Масляная и уксусная кислоты также обладают бактерицидными свойствами.

В состав кишечной микрофлоры различных животных входит ряд видов бактерий, способных разрушать целлюлозу, гемицеллюлозы, пектины. У многих млекопитающих в кишечнике обитают представители родов *Bacteroides* и *Ruminococcus*. *B. succinogenes* был обнаружен в кишечнике лошадей, коров, баранов, антилоп, крыс, обезьян. *R. Albus* и *R. flavefaciens*, активно разрушающие клетчатку, обитают в кишечнике лошадей, коров, кроликов. К сбраживающим клетчатку кишечным бактериям относятся также *Butyrivibrio fibrisolvens* и *Eubacterium cellulosolvens*. Роды *Bacteroides* и *Eubacterium* представлены в кишечнике млекопитающих рядом видов, некоторые из которых разрушают также белковые субстраты.

В составе кишечной микрофлоры разных животных обнаруживаются характерные различия. Так, у собак относительно много стрептококков и клостридиев.

В кишечнике, рубце жвачных животных и в других органах представители нормальной микрофлоры распределены определенным образом. Часть форм приурочена к поверхности клеток, другие находятся на некотором удалении от ткани. Состав прикрепленных форм может изменяться при ослаблении или заболевании хозяина, и даже при стрессе. При нервных стрессах, например, за счет активизации протеаз происходит разрушение белка на поверхности глоточного эпителия, что позволяет прикрепляться клеткам условно-патогенной бактерии *Pseudomonas aeruginosa*, которые начинают здесь активно размножаться вместо безвредных представителей нормальной микрофлоры. Образовавшаяся популяция *Ps. aeruginosa* в дальнейшем может вызвать поражение легких.

Рубец жвачных животных обильно заселен большим числом видов бактерий и простейших. Анатомическое строение и условия в рубце почти идеально отвечают требованиям для жизнедеятельности микроорганизмов. В среднем, по данным различных авторов, количество бактерий составляет 109–1010 клеток в 1 г рубцового содержимого.

Помимо бактерий, в рубце осуществляют расщепление кормов и синтез важных органических соединений для животного организма также различные виды дрожжей, актиномицетов и простейших. Инфузорий в 1 мл может быть несколько (3–4) миллионов.

Видовой состав рубцовых микроорганизмов со временем претерпевает изменения.

В молочный период в рубце у телят преобладают лактобациллы и определенные виды протеолитических бактерий. Полное становление рубцовой микрофлоры завершается при переходе животных на кормление грубыми кормами. У взрослых жвачных видовой состав рубцовых бактерий, по мнению некоторых авторов, постояен, существенным образом не изменяется в зависимости от кормления, времени года и ряда других факторов. Представляют наиболее важное в функциональном отношении значение следующие виды бактерий: *Bacteroides succinogenes*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus flavefaciens*, *R. aibus*, *Cillobacterium cellulosolvens*, *Clostridium cellobioparus*, *Clostridium locheadi* и др.

Основными продуктами сбраживания клетчатки и других углеводов являются масляная кислота, углекислота и водород. В превраще-

нии крахмала принимают участие многие виды рубцовых бактерий, в том числе и целлюлозолитические.

Из рубца выделены: *Bact. amylophilus*, *Bact. ruminicola* и другие бактерии, также в расщеплении крахмала большое участие принимают определенные виды инфузорий. Основными продуктами брожения являются уксусная кислота, янтарная, муравьиная кислоты, углекислый газ и в некоторых случаях сероводород.

Утилизация в рубце жвачных животных моносахаридов (глюкоза, фруктоза, ксилоза и др.), поступающих с кормом, а главным образом образующихся при гидролизе полисахаридов, осуществляется в основном рубцовыми микроорганизмами.

Из-за наличия в рубце анаэробных условий углеводы в клетках рубцовых микроорганизмов окисляются не полностью, конечными продуктами брожения являются органические кислоты, углекислота, этанол, водород, метан. Часть продуктов гликолиза (молочная, янтарная, валериановая кислоты и некоторые другие вещества) используется самими бактериями в качестве источника энергии и для синтеза клеточных соединений. Конечные продукты углеводного обмена в рубце жвачных – летучие жирные кислоты – используются в обмене веществ животного-хозяина.

Ацетат, один из основных продуктов рубцового метаболизма, является предшественником жира молока, источником энергии для животных. Пропионат и бутират используются животными для синтеза углеводов.

В содержимом рубца широко представлены виды бактерий, утилизирующих различные моносахара. Кроме описанных выше, обладающих ферментами, разрушающими полисахариды и дисахариды, в рубце жвачных животных находится целый ряд видов бактерий, предпочтительно использующих моносахара, главным образом глюкозу. К ним относятся следующие виды: *Lachnospira multiparus*, *Selenomonas ruminantium*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bidum*, *Bacteroides coagulans*, *Lactobacillus fermentum* и др.

В настоящее время известно, что белок в рубце расщепляется под действием протеолитических ферментов микроорганизмов с образованием пептидов и аминокислот, которые, в свою очередь, подвергаются воздействию дезаминаз с образованием аммиака. Дезаминирующими свойствами обладают культуры, относящиеся к следующим видам: *Selenomonas ruminantium*, *Megasphaera eisdenii*, *Bacteroides ruminicola* и др.

Большая часть потребляемого с кормом растительного белка превращается в рубце в белок микробный. Как правило, процессы расщепления и синтеза белка идут одновременно. Значительная часть рубцовых бактерий, являясь гетеротрофами, для синтеза белка использует неорганические соединения азота. Наиболее важные в функциональном отношении рубцовые микроорганизмы (*Bacteroides ruminicola*, *Bacteroides succinogenes*, *Bacteroides amylophilus* и др.) для синтеза азотистых веществ своих клеток используют аммиак.

Ряд видов рубцовых микроорганизмов (*Streptococcus bovis*, *Bacteroides succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* и др.) для построения серосодержащих аминокислот использует сульфиды при наличии в среде цистина, метионина или гомоцистеина.

Тонкий отдел кишечника содержит сравнительно небольшое количество микроорганизмов. В этом отделе кишечника чаще всего находятся устойчивые к действию желчи энтерококки, кишечная палочка, ацидофильные и споровые бактерии, актиномицеты, дрожжи и др.

Толстый отдел кишечника содержит наибольшее количество микроорганизмов. Основные обитатели его – энтеробактерии, энтерококки, термофилы, ацидофилы, споровые бактерии, актиномицеты, дрожжи, плесени, большое количество гнилостных и некоторых патогенных анаэробов (*Cl. sporogenes*, *Cl. putrificus*, *Cl. perfringens*, *Cl. tetani*, *F. Necrophorum*). В 1 г экскрементов травоядных животных может содержаться до 3,5 млрд. различных микроорганизмов. Микробная масса составляет около 40 % сухого вещества испражнений.

В толстом отделе кишечника протекают сложные микробиологические процессы, связанные с расщеплением клетчатки, пектиновых веществ, крахмала. Микрофлору желудочно-кишечного тракта принято делить на облигатную (молочнокислые бактерии, *E. coli*, энтерококки, *Cl. perfringens*, *Cl. Sporogenes* и др.), которая адаптировалась к условиям этой среды и стала постоянным ее обитателем, и факультативную, изменяющуюся в зависимости от вида корма и воды.

#### **Микрофлора органов дыхания.**

Верхние отделы дыхательных путей несут высокую микробную нагрузку – они анатомически приспособлены для осаждения бактерий из выдыхаемого воздуха. Помимо обычных негемолитических и зеленящих стрептококков, непатогенных нейссерий, стафилококков и энтеробактерий, в носоглотке можно обнаружить менингококки, пиогенные стрептококки и пневмококки. Верхние отделы дыхательных путей у новорожденных обычно стерильны и колонизируются в течение 2–3 суток.

Исследования последних лет показали, что наиболее часто из дыхательных путей клинически здоровых животных выделяется сапрофитная микрофлора: *S. saprophiticus*, бактерии родов *Micrococcus*, *Bacillus*, коринеформные бактерии, негемолитические стрептококки, грамотрицательные кокки.

Кроме того, выделены патогенные и условно-патогенные микроорганизмы: альфа- и бета-гемолитические стрептококки, стафилококки (*S. aureus*, *S. hycus*), энтеробактерии (эшерихии, сальмонеллы, протей и др.), пастереллы, *Ps. aeruginosa* и, в единичных случаях, грибы рода *Candida*.

Сапрофитные микроорганизмы чаще выделялись из дыхательных путей нормально развитых животных, чем слабо развитых.

В носовой полости обнаруживается наибольшее число сапрофитов и условно-патогенных микроорганизмов. Они представлены стрептококками, стафилококками, сарцинами, пастереллами, энтеробактериями, коринеформными бактериями, грибами рода *Candida*, *Ps. aeruginosa* и бациллами. Трахея и бронхи заселены аналогичными группами микроорганизмов. В легких обнаружены отдельные группы кокков (бета-гемолитические, *S. aureus*), микрококки, пастереллы, *E. coli*.

При снижении иммунитета у животных (особенно у молодняка) микрофлора органов дыхания проявляет бактеритворные свойства.

#### **Мочеполовая система.**

Микробный биоценоз органов мочеполовой системы более скудный. Верхние отделы мочевыводящих путей обычно стерильны; в нижних отделах доминируют *Staphylococcus epidermidis*, негемолитические стрептококки, дифтероиды; часто выделяют грибы родов *Candida*, *Toluroopsis* и *Geotrichum*. В наружных отделах доминирует *Mycobacterium smegmatis*.

Основной обитатель влагалища – *B. vaginale vulgare*, обладающая выраженным антогонизмом к другим микробам. При физиологическом состоянии мочеполовых путей микрофлора обнаруживается только в их наружных отделах (стрептококки, молочнокислые бактерии).

Матка, яичники, семенники, мочевого пузырь в норме стерильны. У здоровой самки плод в матке стерилен до момента начавшихся родов.

При гинекологических заболеваниях нормальная микрофлора изменяется.

**Роль нормальной микрофлоры.** Нормальная микрофлора играет важную роль в защите организма от патогенных микробов, например, стимулируя иммунную систему, принимая участие в реакциях метаболизма. В то же время эта флора способна привести к развитию инфекционных заболеваний (рис. 4).



Рис. 4. Функции нормальной микрофлоры

Нормальная микрофлора – неспецифический стимулятор («раздражитель») иммунной системы; отсутствие нормального микробного биоценоза вызывает многочисленные нарушения в иммунной системе. Другая роль микрофлоры была установлена после того, как были получены *безмикробные животные*. Антиген представителей нормальной микрофлоры вызывает образование антител в низких титрах. Они преимущественно представлены IgA, выделяющимися на поверхность слизистых оболочек. IgA составляют основу местной невосприимчивости к проникающим возбудителям и не дают возможности комменсалам проникать в глубокие ткани.

Нормальная кишечная микрофлора играет огромную роль в метаболических процессах организма и поддержании их баланса.

**Обеспечение всасывания.** Метаболизм некоторых веществ включает печеночную экскрецию (в составе желчи) в просвет кишечника с последующим возвратом в печень; подобный кишечно-печеночный круговорот характерен для некоторых половых гормонов и солей желчных кислот. Эти продукты экскретируются, как правило, в форме глюкоронидов и сульфатов, не способных в этом виде к обратному всасыванию. Всасывание обеспечивают кишечные бактерии, вырабатывающие глюкуранидазы и сульфатазы.

**Обмен витаминами и минеральными веществами.** Общепринятый факт – ведущая роль нормальной микрофлоры в обеспечении организма ионами  $Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , витаминами К, D, группы В (особенно  $B_1$ , рибофлавин), никотиновой, фолиевой и пантотеновой кислотами. Кишечные бактерии принимают участие в инактивации токсичных продуктов эндо- и экзогенного происхождения. Кислоты и газы, выделяющиеся в ходе жизнедеятельности кишечных микробов, оказывают благоприятное действие на перистальтику кишечника и своевременное его опорожнение.

Таким образом, действие микрофлоры тела на организм складывается из следующих факторов.

Во-первых, нормальной микрофлоре принадлежит важнейшая роль в формировании иммунологической реактивности организма.

Во-вторых, представители нормальной микрофлоры благодаря продуцированию разнообразных антибиотических соединений и выраженной антагонистической активности предохраняют органы, сообщаемые с внешней средой, от внедрения и безграничного размножения в них патогенных микроорганизмов.

В-третьих, флора обладает выраженным морфокинетическим действием, особенно по отношению к слизистой оболочке тонкой кишки, что существенно отражается на физиологических функциях пищеварительного канала.

В-четвертых, микробные ассоциации являются существенным звеном в печеночно-кишечной циркуляции таких важнейших компонентов желчи, как соли желчных кислот, холестерин и желчные пигменты.

В-пятых, микрофлора в процессе жизнедеятельности синтезирует витамин К и ряд витаминов группы В, некоторые ферменты и, возможно, другие, пока неизвестные, биологически активные соединения.

В-шестых, микрофлора исполняет роль дополнительного ферментного аппарата, расщепляя клетчатку и другие трудно перевариваемые составные части корма.

Нарушение видового состава нормальной микрофлоры под влиянием инфекционных и соматических заболеваний, а также в результате длительного и нерационального использования антибиотиков приводит к состоянию дисбактериоза, которое характеризуется изменением соотношения различных видов бактерий, нарушением усвояемости продуктов пищеварения, изменением ферментативных процессов, расщеплением физиологических секретов. Для коррекции дисбактериоза следует устранить факторы, вызвавшие этот процесс.

### ***Гнобиоты и СПФ-животные.***

Роль нормальной микрофлоры в жизни животных, как показано выше, так велика, что возникает вопрос: возможно ли сохранение физиологического состояния животного без микробов. Еще Л. Пастер пытался получить таких животных, но низкое техническое обеспечение подобных экспериментов того времени не позволило решить поставленную задачу.

В настоящее время не только получены безмикробные животные (мыши, крысы, морские свинки, цыплята, поросята и другие виды), но и успешно развивается новая отрасль биологии – гнотобиология (греч. *gnotos* – познание, *bios* – жизнь). У гнотобиотов ввиду отсутствия антигенного «раздражения» иммунной системы возникает недоразвитие иммунокомпетентных органов (тимуса, лимфоидной ткани кишечника), дефицит IgA, ряда витаминов. Как следствие у гнобиотов нарушаются физиологические функции: уменьшается масса внутренних органов, объем крови, понижено содержание воды в тканях. Исследования с использованием гнобиотов позволяют изучать роль нормальной микрофлоры в механизмах инфекционной патологии и иммунитета, в процессе синтеза витаминов, аминокислот. В результате заселения организма гнобиотов теми или иными видами (сообществами) микроорганизмов удается выявлять физиологические функции этих видов (сообществ).

Большую ценность для развития животноводства представляют СПФ-животные (англ. *Spezifisch patogen frei*) – свободные только от патогенных видов микроорганизмов и имеющие все необходимые виды микробов в своем теле для проявления физиологических функций. СПФ-животные растут быстрее обычных, реже заболевают и могут служить ядром для племенных ферм, свободных от инфекционных заболеваний. Для организации такой фермы необходим высший уровень ветеринарно-санитарных мероприятий.

## 1.4. Инфекция и иммунитет

Под **инфекционным заболеванием** понимают сложный процесс взаимодействия макро- и микроорганизма, который проявляется совокупностью разнообразных клинических симптомов, возникающих в организме вследствие проникновения, размножения и действия в нем болезнетворных микробов.

Инфекционные заболевания были известны человечеству с древнейших времен. Естественно, однако, что у народов глубокой древности не могло быть правильного представления об истинных возбудителях заразных болезней. Например, греческий ученый Гиппократ (жил 2400 лет назад) высказал предположение о том, что причинами заразных болезней являются ядовитые испарения воздуха – «миазмы».

Только с середины XIX века в результате замечательных исследовательских работ основоположников медицинской микробиологии (Л. Пастер, И. И. Мечников, Р. Кох, Д. И. Ивановский и др.) было установлено, что возбудителями инфекционных заболеваний являются определенные виды микроорганизмов, которые получили название болезнетворных патогенных, в отличие от других существующих в природе неболезнетворных микробов – сапрофитов.

В современной микробиологии имеется много данных, свидетельствующих о том, что патогенные микробы произошли от сапрофитных форм в процессе продолжительной эволюции вида. Об этом говорят следующие факты.

В природе существуют микробы-двойники, морфологически и биологически сходные с патогенными микробами, но не обладающие болезнетворными свойствами. Это явление может быть отнесено почти к любому виду патогенных микробов.

Развитие инфекционного процесса зависит от взаимодействия трех факторов:

- 1) *микроорганизма* – возбудителя заболевания;
- 2) *макроорганизма*;
- 3) *окружающей среды*, которая оказывает влияние на свойства макро- и микроорганизма.

*Микробы, способные вызывать заболевания, должны быть патогенными и вирулентными.*

**Патогенность** – это видовой признак микроорганизма, приобретенный в процессе эволюции и адаптации к животному и человеческому организму и заключающийся в способности оказывать на организм болезнетворное действие.

Степень патогенности может значительно колебаться у различных штаммов микробов одного и того же вида. Степень или меру патогенности данного штамма микроорганизма и называют вирулентностью. Вирулентность, следовательно, является показателем качественного индивидуального признака патогенного микроорганизма.

**Вирулентность** – это свойство микроба проникать в ткани макроорганизма, жить, размножаться и распространяться в них, противостоять тем неблагоприятным влияниям, которые оказывают на него биологические реакции организма, и выделять различные ядовитые вещества, которые обуславливают клиническую картину инфекционного заболевания.

Инфекция (от лат. *inficio* – вношу что-либо извне, загрязняю) в собственном смысле этого слова означает заражение, т. е. внедрение в организм и размножение в нем патогенных микробов. Однако «проникновение патогенного микроба в чувствительный организм вовсе не обязательно вызывает соответствующее заболевание» (И. И. Мечников).

В лимфоидной ткани миндалин у многих здоровых людей можно обнаружить стрептококков, стафилококков, пневмококков и других патогенных микробов, не причиняющих человеку вред в силу невосприимчивости в данный момент. В ряде случаев палочка брюшного тифа, холерный вибрион могут жить в кишечнике, не вызывая заболевания. В то же время многие бактерии, считающиеся безвредными сапрофитами, в определенных условиях, понижающих резистентность макроорганизма, могут привести к патологическим изменениям. Так, *E. coli* – постоянный обитатель кишечника, попав в почки, мочевой или желчный пузырь, может вызвать в этих органах воспалительный процесс.

Каждый микроб в момент выделения из организма обладает более высокой степенью вирулентности. Попав во внешнюю среду, подвергаясь высушиванию, действию света, микробы становятся менее опасными, так как воздействие различных факторов внешней среды понижает вирулентность бактерий. Свежевыделенные из животного организма штаммы микробов обладают большой вирулентностью; пересевы на искусственные питательные среды рано или поздно понижают вирулентность.

Например, несколько бацилл сибирской язвы, взятых из крови павшего животного и сразу введенных под кожу белой мыши, вызывают гибель последней. При повторных посевах на питательные среды

доза, в десятки раз превосходящая первоначальную, уже не всегда вызывает смерть животного.

Выращивание микроба при высокой, неблагоприятной для него температуре, воздействие на культуру прямого солнечного света, кислорода, высушивания, незначительных количеств дезинфицирующих веществ – все это вызывает понижение вирулентности.

**Факторы вирулентности.** Вирулентность – сложное биологическое явление, обусловленное рядом факторов: капсулообразованием, наличием диффузионного фактора, токсинов, агг्रेसинов, ферментов агрессии.

*Капсулы.* Имеется ряд фактов, дающих основание рассматривать капсулы и капсулообразование как приспособляемость патогенных микроорганизмов к неблагоприятным условиям жизни в организме животных и человека.

Например, некоторые вирулентные кокки и бациллы образуют капсулу в организме. Эти же микробы, лишенные капсулы, ослаблены в своей вирулентности. Это свойство ярко выражено у палочки сибирской язвы: сибирезвенная инфекция протекает наиболее тяжело и заканчивается гибелью животного, если микроб образует капсулу. Экспериментально доказано, что капсула обеспечивает сибирезвенной палочке устойчивость против фагоцитоза, что подтверждается следующим опытом. Если морской свинке ввести смесь капсульной и бескапсульной культуры сибирезвенной палочки, фагоцитозу подвергаются только бескапсульные формы, в то время как капсульные микробы остаются свободными и продолжают размножаться в организме.

**Фактор инвазивности, или фактор распространения.** В фильтрах бульонных культур некоторых патогенных кокков, дифтерийной палочки и ряда других микробов обнаружено вещество, способное увеличивать проницаемость ткани, особенно соединительной, для микроорганизмов и других посторонних веществ (фактор Дюрана-Рейнальса).

Фактором распространения является фермент гиалуронидаза, расщепляющий гиалуроновую кислоту, входящую в состав соединительной ткани.

Нужно, однако, добавить следующее:

1) фермент гиалуронидаза обнаружен не у всех микробов: его не продуцируют, например, туберкулезная микобактерия, менингококк, *Bac. anthracis* и другие бактерии;

2) к факторам распространения, помимо гиалуронидазы, относят и

ряд других веществ, например, полисахариды, содержащиеся в капсуле пневмококков.

**Токсины микробов.** Патогенные микробы обладают способностью выделять особые ядовитые продукты – токсины, значение которых в патогенезе инфекционных заболеваний чрезвычайно велико. Одни ядовитые вещества выделяются живой бактериальной клеткой в окружающую среду и в связи с этим легко могут быть отделены от тела клетки. Такие легко диффундирующие яды называются *экзотоксинами*.

Яды, содержащиеся внутри цитоплазмы и выделяющиеся во внешнюю среду только после гибели и разрушения клеток, называются *эндотоксинами*.

Экзотоксины выделяют дифтерийная, столбнячная палочки, возбудители газовой гангрены, ботулизма, стафилококки, стрептококки, дизентерийная палочка Григорьева – Шига. Эндотоксины обнаружены у брюшнотифозной и дизентерийной палочек, у холерного вибриона, возбудителя чумы, туберкулеза и других микробов.

Экзотоксины являются белками и отличаются небольшой стойкостью. Нагревание до температуры 80 °С разрушает их почти моментально. Низкая же температура на токсин не действует.

*Характерными свойствами экзотоксинов* являются:

- 1) действие в малых дозах;
- 2) специфичность;
- 3) антигенность;
- 4) лабильность;
- 5) действие через определенный срок после введения.

Токсины действуют в малых количествах: 0,01–0,0005 г дифтерийного токсина вызывает смертельное отравление морской свинки массой 250 г; 0,000001 мл яда ботулизма приводит к гибели белой мыши и т. д.

**Специфичность** – это свойство токсина при воздействии на макроорганизм вызывать определенные, характерные лишь для этого токсина явления.

Так, например, столбнячный яд обуславливает спазматические сокращения двигательных мышц, дифтерийный токсин оказывает некротизирующее и паралитическое действие и т. п.

**Антигенность** токсина выражается в том, что при введении его в организм в последнем вырабатываются антитоксины (вещества, нейтрализующие токсин).

После введения токсина в организм его действие проявляется лишь через известный срок. Например, действие дифтерийного токсина на морскую свинку проявляется через 12–15 часов.

**Лабильность** – способность быстро разрушаться под влиянием высокой температуры, света, химических веществ.

Эндотоксины менее токсичны, чем экзотоксины, и не обладают специфическим действием на организм животных. Их действие выражается в явлениях общего отравления. При иммунизации животных бактериями, обладающими эндотоксинами, вырабатываются антитела против самих микробов, а не против их ядов. Эндотоксины, являясь по своей химической природе глицидополидополипептидным комплексом, выдерживают нагревание до 80–100°C.

**Агрессины** – вещества, выделяемые микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности и угнетающие защитные функции организма (фагоцитоз, лизис бактерий).

Они были получены чехословацким микробиологом Байлем из перитонеального экссудата животного, погибшего от сибирской язвы. Фильтраты экссудатов при различных инфекциях сами по себе безвредны, но будучи прибавлены к несмертельной дозе культуры соответствующего микроба, вызывают смертельно протекающее заболевание.

Агрессины обнаружены у многих микробов: бактерий брюшного тифа, паратифов, холеры, сибирской язвы, чумы, туберкулеза, дифтерии, стафилококка, стрептококка, пневмококка и кишечной палочки. Природа агрессивных до настоящего времени остается неизвестной.

**Токсикоинфекциями** называются острые, нередко массовые заболевания, возникающие при употреблении пищи, содержащей большое количество живых условно-патогенных микроорганизмов (десятки и сотни миллионов в 1 г продукта) и их токсинов, выделяемых при размножении и гибели микробов.

Токсикоинфекции характеризуются массовостью, внезапным одномоментным началом, территориальной ограниченностью, выраженной связью с употреблением определенного продукта или блюда и прекращением вспышки после изъятия продукта.

**Возбудителями токсикоинфекций** могут быть бактерии группы кишечной палочки (колиформы), бактерии рода протей, палочки перфрингенс и цереус, парагемолитический вибрион и другие бактерии. Эти микроорганизмы относятся к группе условно-патогенных микробов, вызывающих заболевание только при попадании в организм очень

большого количества (более 10<sup>5</sup> микробных клеток на 1 г продукта) микробов определенных штаммов (серотипов). Такое накопление микробов происходит в пищевых продуктах и пище в результате их размножения при грубых нарушениях санитарных правил обработки и хранения и сроков реализации продуктов. Чаще всего заболевания связаны с употреблением пищи, прошедшей тепловую обработку и вторично инфицированной. Вспышки токсикоинфекций наблюдаются преимущественно в теплое время года.

В группу колиформных бактерий входят *E. coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* и другие бактерии группы кишечной палочки (БГКП). Эти бактерии широко распространены в природе, содержатся в кишечнике человека, домашнего скота, птицы и др.

С выделениями из кишечника колиформы попадают в почву и на различные объекты внешней среды. На предприятиях общественного питания основным источником токсикоинфекции может быть работник – бактерионоситель условно-патогенных штаммов *E. coli* и БГКП, не соблюдающий правила личной гигиены.

Такие токсикоинфекции часто связаны с употреблением молока и молочных продуктов, картофельного пюре, салатов, моллюсков и блюд, не прошедших тепловую обработку перед употреблением. Мясные и рыбные блюда, особенно изделия из фарша, и другие блюда могут стать причиной отравления, если после недостаточной тепловой обработки длительно хранились без охлаждения. Заболевание может напоминать легкие формы дизентерии, возникают тошнота, рвота, боли в животе, диарея. Дисфункция кишечника продолжается не более 1–3 дней.

Протейные палочки (*Proteus vulgaris* и *Proteus mirabilis*) широко распространены в окружающей среде. Они относятся к гнилостным бактериям и содержатся в гниющих отходах. Протейные палочки могут находиться в кишечнике человека и животных. Работник-бактерионоситель может инфицировать любой продукт или блюдо. Протейные палочки длительное время сохраняются и размножаются в пищевых продуктах. Чаще всего токсикоинфекции, вызываемые протейями, связаны с употреблением белковых продуктов: мясных продуктов и изделий, мясных салатов, рыбы и рыбных изделий, паштетов и др. Изменения органолептических свойств пищи при заражении не происходит.

Источником инфицирования блюд очень часто являются загрязненные остатками пищи посуда, инвентарь и оборудование. Обсеме-

нение может происходить при использовании одних и тех же разделочных досок, ножей, мясорубок для сырых и вареных продуктов.

Так как протейная палочка погибает при тепловой обработке, обнаружение ее в готовой продукции говорит о нарушениях режима тепловой обработки или плохой санитарной обработке инвентаря, посуды и оборудования, а также о несоблюдении условий хранения и сроков реализации. Заболевание сопровождается схваткообразными болями в животе, дисфункцией кишечника, лихорадкой. Выздоровление наступает через 2–5 дней.

Фекальные стрептококки (энтерококки) относятся к постоянным обитателям кишечника человека, животных и птиц, могут находиться в верхних дыхательных путях бактерионосителей. Энтерококки интенсивно размножаются в изделиях из фарша, пудингах, кремах и др. При массовом накоплении в пище вызывают ослизнение продукта и неприятный привкус. У заболевших наблюдаются диарея, лихорадка, рвота, тошнота и рвота.

Пищевые токсикоинфекции могут вызываться также спорообразующей анаэробной палочкой перфрингенс (*Clostridium perfringens*). Основная роль в возникновении пищевых токсикоинфекций принадлежит *Clostridium perfringens* типа А. Во внешней среде, в почве перфрингенс находится в виде спор, устойчивых к любым внешним воздействиям. Споры этих палочек выдерживают длительное кипячение (до 6 часов).

Местом пребывания перфрингенс часто является кишечник травоядных животных. Поэтому наиболее частой причиной заболевания бывают консервированное мясо, а также мясные колбасные и кулинарные изделия и др. Опасность могут представлять мясные изделия в вакуумной упаковке, студни, блюда с подливами и соусами. Отмечается обсемененность палочками перфрингенс муки, круп, специй, зелени. При длительном хранении готовой пищи в тепле споры могут прорасти и в продукте быстро накопится значительное количество живых микроорганизмов.

Токсикоинфекция, вызванная палочками перфрингенс, имеет инкубационный период 6–24 часа и протекает достаточно легко. В некоторых случаях (при серотипе С) возникает некротический энтерит, который может закончиться смертельным исходом.

Спорообразующие аэробные бактерии цереус (*Bacillus cereus*) могут являться причиной пищевых токсикоинфекций. Они широко распространены и встречаются в почве, воде, воздухе, растительных про-

дуктах. Пищевые отравления возникают после употребления некачественных мясных, рыбных, молочных продуктов и блюд, в которые палочки вносятся в виде спор с мукой, крахмалом, специями. Изменения органолептических свойств блюд при размножении бактерий цереус не наблюдаются.

Токсикоинфекция цереусной природы возникает через 6–15 часов после употребления блюда, содержащего в 1 г более 10<sup>4</sup> микробных клеток. Заболевание протекает как диарея без рвоты и повышения температуры и характеризуется легким течением.

Рвотная форма отравления токсином цереусной природы относится к токсикозам, имеет короткий инкубационный период (0,5–6 часов) и сопровождается тошнотой и рвотой. Причиной отравления являются картофельное пюре, отварные макароны, салаты, пудинги, блюда с соусом.

Парагемолитический вибрион (*V. parahaemolyticus*) обитает в морской воде и вызывает пищевые токсикоинфекции при употреблении недостаточно термически обработанных морских продуктов, чаще всего рыбы. Длительно сохраняется в этих продуктах при низких температурах, выдерживает вяление и копчение. При температуре 100 °С вибрионы быстро погибают. Заболевание может протекать остро с холероподобным или дизентериеподобным течением.

Причиной токсикоинфекций могут стать продукты и блюда, массово обсемененные такими бактериями, как клебсиелла, гафния, псевдомонас и др.

Профилактика токсикоинфекций основывается на многообразных мероприятиях, которые можно классифицировать в три основные группы.

*Мероприятия, направленные на предупреждение инфицирования пищевых продуктов и пищи:*

- выявление носителей патогенных форм кишечной палочки и другой условно-патогенной флоры и своевременное лечение работников, больных дисбактериозами;
- снижение обсемененности сырья и стерилизация специй;
- строгое соблюдение правил личной гигиены и санитарного режима предприятия, дезинфекция оборудования, инвентаря и посуды;
- исключение контакта сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;
- соблюдение правил механической обработки продуктов.

*Мероприятия, направленные на обеспечение условий, исключающих массовое размножение микроорганизмов в продуктах:*

- хранение продуктов и готовой пищи в условиях холода при температуре ниже 6 °С;
- реализация готовой горячей пищи при температуре выше 65 °С, холодных закусок – ниже 14 °С;
- строгое соблюдение сроков реализации продукции;
- хранение и реализация консервов в соответствии с правилами.

*Мероприятия, направленные на уничтожение микроорганизмов, являющихся возбудителями токсикоинфекций, путем эффективной термической обработки пищевых продуктов:*

- тепловая обработка пищевых продуктов и изделий до достижения полной кулинарной готовности (85 °С – для птицы и натуральных мясных изделий, 90 °С – для рубленых изделий из котлетной массы);
- повторная тепловая обработка при изготовлении некоторых холодных блюд (студни, заливные), мясной или ливерной начинки для блинчиков и пирожков, отварной птицы или мяса для первых и вторых блюд после порционирования и т. п., так как при механических операциях с вареными продуктами нередко вносятся условно-патогенные микроорганизмы.

**Патогенность микробов.** Патогенностью называется способность микроорганизма вызывать болезнь – это видовой признак микроба. В качестве патогенных микробов можно привести *Bacillus larvae*, *Bac. thuririgiensis*, *Beauveria bassiana*, а непатогенных – *Bac. subtilis*, *Bac. mycoides*, *Sarcina lutea*.

Различают микроорганизмы фитопатогенные, или патогенные для растений, и зоопатогенные, или патогенные для животных. Из зоопатогенных выделяют группу микроорганизмов энтомопатогенных, или патогенных для насекомых. Энтомопатогенные микроорганизмы, в свою очередь, патогенны только для определенных видов насекомых. Одни виды, например *Bacillus larvae*, патогенны для пчел и непатогенны для чешуекрылых, а другие, наоборот, патогенны для чешуекрылых и непатогенны для пчел. Патогенность микроорганизмов устанавливают методом опытных заражений.

Микроорганизмы одного и того же вида, выделенные из разных мест и обладающие какими-либо особыми свойствами, отличиями, называются *штаммами*.

Разные штаммы одного и того же вида патогенного микроба могут обладать разной способностью вызывать болезнь. От одних штаммов

болезнь возникает при заражении небольшим количеством микробов, а от других – только от больших количеств. Такое различие в степени патогенности микроба называется *вирулентностью*.

Вирулентность – индивидуальное качество, определяется минимальной смертельной дозой (LD). Так как у насекомых существуют большие различия в индивидуальной восприимчивости к патогенному микробу, то принято определять среднюю летальную (смертельную) дозу – LD<sub>50</sub>, определяемую по гибели 50 % подопытных насекомых.

Вирулентность микробов изменчива. Она может повышаться, может снижаться. Снижению вирулентности способствуют пассажи (заражения) через маловосприимчивых насекомых или других животных; длительное культивирование в лабораторных условиях; выращивание при чрезмерно высокой температуре; выращивание при отсутствии или недостаточном количестве каких-либо питательных веществ; выращивание при добавлении ядовитых веществ, воздействие бактериофага, солнечных лучей, высушивание.

Повышению вирулентности микробов способствуют многократные пассажи через восприимчивых насекомых; пассажи культуры микробов вместе с муцином, крахмалом или другими веществами через организм насекомых; пассажи через насекомых ассоциаций (нескольких видов) микробов; отбор наиболее вирулентных микробов.

Вирулентность микробов обуславливают следующие факторы.

1. Наличие капсул или капсульного вещества, защищающих микроб от бактерицидного действия тканей насекомого. Капсулу или капсульное вещество содержат многие бактерии, например возбудитель европейского гнильца (*Straptococcus pluton*), микробы септицемии, гафниоза. Капсульное вещество состоит из сложного углеводно-липидного комплекса.

2. Диссоциация (расщепление) бактерий. Установлено, что вирулентные микроорганизмы в процессе роста расщепляются на две формы: более вирулентные S-формы, образующие гладкие колонии, и авирулентные R-формы, образующие шероховатые колонии. Из этого правила имеются исключения. Бактерии, образующие в вирулентном состоянии шероховатые колонии, в процессе диссоциации образуют авирулентные гладкие колонии.

3. Выделение ферментов, разрушающих ткани организма насекомых. Так, некоторые энтомопатогенные микробы, например грибы *Aspergillus flavus*, *Beauveria bassiana*, *Isaria farinosa*, выделяют фермент хитиназу, расщепляющую хитин и позволяющую им размно-

жаться на покровах насекомых. Некоторые микроорганизмы, такие, например, как стрептококки, выделяют фермент гиалуронидазу, разрушающую ткани насекомого.

4. Способность выделять токсины, вызывающие омертвление тканей и гибель насекомого. Высокой токсигенностью обладают кристаллы ромбовидной, кубовидной и лимонovidной форм, которые образуют *Bacillus thuringiensis* в процессе спорообразования. Эти кристаллы белковой природы растворяются в щелочном желудочном соке гусениц чешуекрылых насекомых (например, тутового шелкопряда, восковой моли), всасываются в тело насекомого и вызывают его гибель. Бактерия *Pseudomonas aeruginosa* также продуцирует токсин, обладающий протеолитическими свойствами. Этот токсин вызывает гибель восковой моли.

5. Выделение антибиотических веществ, подавляющих рост других микроорганизмов. Так, *Bacillus larvae* выделяет антибиотик, тормозящий развитие других микробов. *Chromobacterium prodigiosum* выделяет антибиотик продиозин, также задерживающий рост других бактерий.

**Возникновение и развитие инфекции.** Пути проникновения возбудителей инфекций разнообразны. Одни возбудители болезней проникают в организм насекомого через кишечник (алиментарный путь). Так, с кормом проникают нозема, амеба, грегарины, возбудители европейского и американского гнильцов, септицемии, риккетсии, вирусы. Другие возбудители проникают через дыхальца и трахеи (клещ акарапис), влагалище (возбудители меланоза), покровные ткани (грибы – возбудители аспергиллеза, аскосфероза, мускардины, личинки сено-таинии).

Инфекционный процесс проявляется не сразу, а через некоторое время после проникновения микробов в организм насекомого. Промежуток времени от момента внедрения микроба в организм насекомого до проявления первых признаков болезни называется инкубационным периодом. Для быстро протекающих инфекций этот период длится 2–4 дня, а для хронических – 2–4 недели и больше.

Возбудитель болезни передается от больного насекомого к здоровому через корм (мед, перга, цветы, листья, падь, вода). Нередко распространению болезни способствуют другие виды насекомых: осы, муравьи, жуки кожееды, жуки воры-притворяшки, уховертки, восковые моли, клещи.

Распространение болезней происходит также при выполнении без предосторожностей работ на пасеке: перестановка из одних ульев в другие сотов и меда, расплода, пересылка маток, пчел, бесконтрольные кочевки.

***Существуют различные классификации видов и форм иммунитета.***

Это обусловлено значительным разнообразием защитных факторов и механизмов иммунитета, которыми обладает организм. Приведем наиболее простую классификацию видов и форм иммунитета:

- 1) естественный иммунитет:
  - а) врожденный (или видовой);
  - б) приобретенный.

К естественному иммунитету относится также пассивный иммунитет новорожденных;

- 2) искусственный иммунитет:

- а) активный, возникающий после вакцинации;

- б) пассивный, возникающий при введении в организм лечебных сывороток или иммуноглобулинов.

Как отдельную форму А. М. Безредка предложил выделить местный иммунитет органов и тканей.

**Естественный иммунитет.** *Врожденный, или видовой, иммунитет* является наиболее прочной формой невосприимчивости организма, которая обусловлена врожденными, биологическими особенностями данного вида. Например, человек не болеет чумой рогатого скота, куриной холерой, рожей свиней. Животные, наоборот, невосприимчивы к заболеваниям человека: например, к гонорее, сифилису, дифтерии, холере. Эти свойства невосприимчивости к тем или иным заболеваниям передаются потомству по наследству. По-видимому, врожденный (видовой) иммунитет является следствием естественной невосприимчивости тканей организма к паразитированию определенных микробов. Большое значение в естественной невосприимчивости, очевидно, имеют биохимические процессы, происходящие в клетке. Врожденный иммунитет неспецифичен, так как действителен против возбудителей различных заболеваний. Однако он не абсолютен и может быть снижен при охлаждении, перегревании, авитаминозах, действии кортизона.

*Приобретенный иммунитет* возникает после того, как макроорганизм перенес инфекционную болезнь, поэтому его называют также постинфекционным. Приобретенный иммунитет индивидуален, по-

томству не передается. Он специфичен, так как предохраняет организм только от перенесенной болезни. Длительность постинфекционного иммунитета различна.

При одних заболеваниях, например чуме, туляремии, коклюше, кори, эпидемическом паротите, он пожизненный. Повторные заболевания возможны крайне редко. Длительный приобретенный иммунитет возникает также после заболевания брюшным тифом, холерой, натуральной и ветряной оспой, дифтерией, сыпным тифом, сибирской язвой. При некоторых инфекциях продолжительность приобретенного иммунитета невелика, и человек может несколько раз болеть одной и той же болезнью. Например, при бруцеллезе продолжительность постинфекционного иммунитета равна 8–12 месяцев. Невосприимчивость к той или иной инфекционной болезни возникает не только при выраженной форме заболевания, но и при легких стертых и даже бессимптомных формах.

При большинстве инфекционных заболеваний развитие невосприимчивости к данному возбудителю идет параллельно освобождению организма от микробов, и после выздоровления человек освобождается от возбудителя. Иногда эту форму иммунитета называют стерильной. Существует также нестерильный, или инфекционный, иммунитет. Он заключается в том, что невосприимчивость человека к повторному заражению микробом связана с наличием в организме того же возбудителя. Как только организм освобождается от него, человек снова становится восприимчивым к данному инфекционному заболеванию. Инфекционный иммунитет существует при туберкулезе, сифилисе, глубоких микозах, малярии.

Различают антибактериальный иммунитет, при котором защитные реакции организма, направлены на уничтожение микробов, и антитоксический, при котором происходит обезвреживание токсических продуктов микроорганизмов. Особенно большое значение антитоксический иммунитет имеет при столбняке, ботулизме, дифтерии, газовой гангрене, при которых экзотоксины возбудителей поражают различные органы и системы.

*Пассивный иммунитет* новорожденных также является естественной формой иммунитета. Он обусловлен передачей особых веществ – антител – из организма матери плоду через плаценту или через молоко матери новорожденному. Продолжительность такого иммунитета невелика (всего несколько месяцев), но роль его очень важна. Обычно

дети, обладающие таким иммунитетом, маловосприимчивы к заражению и заболеваниям в первые 6 месяцев жизни.

**Искусственный иммунитет.** Его создают в организме искусственно, чтобы предупредить возникновение инфекционной болезни, а также используют для лечения.

Различают активную и пассивную формы искусственного иммунитета.

*Активный искусственный иммунитет* создают у человека при введении ему препаратов, которые получают из убитых или ослабленных микробов (вакцины) либо обезвреженных токсинов возбудителей (анатоксины). Продолжительность активного искусственного иммунитета при использовании вакцин из живых ослабленных микробов и анатоксинов составляет 3–5 лет, а в случае применения вакцин из убитых микробов – до 1 года.

*Пассивный искусственный иммунитет* возникает при введении в организм человека специальных защитных веществ, которые получили название иммунных антител. Они содержатся в сыворотках переболевших людей. Антитела (иммунные сыворотки) можно получить, специально иммунизируя (заражая) животных определенными видами возбудителей.

Пассивный искусственный иммунитет сохраняется недолго, около месяца, до тех пор, пока существуют антитела в организме. Затем антитела разрушаются и выводятся из организма.

*Местный иммунитет* как отдельная форма иммунитета был выделен А. М. Безредкой, который считал, что существует местная невосприимчивость различных органов и тканей к возбудителю. Современные достижения иммунологии во многом подтверждают правомерность теории местного иммунитета Безредки, однако механизмы возникновения местной невосприимчивости тканей намного сложнее, чем он предполагал.

Деление иммунитета на различные виды и формы весьма условно. Как при врожденном, так и при приобретенном иммунитете защиту организма осуществляют одни и те же системы, органы и ткани. Их функция направлена на то, чтобы поддерживать в организме определенное постоянство внутренней среды, которое можно обозначить как нормальное состояние.

## Раздел 2. ЧАСТНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

### 2.1. Инфекционные болезни, микозы и микотоксикозы рыб и ракообразных

Болезни рыб вызываются многими биотическими и абиотическими факторами внешней среды. К ним относятся вирусы, бактерии, водоросли, грибы, гельминты, ракообразные, токсичные вещества, нарушения гидрохимического режима и другие составляющие внешней среды.

Инфекционные болезни рыб вызываются вирусами, бактериями, водорослями и грибами. Инвазионные болезни вызываются паразитическими организмами: гельминтами, простейшими, ракообразными. Существует большое число незаразных болезней рыб, которые возникают как результат нарушения среды обитания. К таким можно отнести алиментарные болезни, вызванные неполноценными или токсичными кормами, токсикозы, нарушения гидрохимического режима водоема, температурные перепады, избыточное содержание газов, травмы и др.

Следует отметить, что многие болезни возникают вследствие снижения иммунитета рыб из-за разнообразных стрессов. Незаразные и инвазионные болезни рыб часто осложняются развитием патогенной микрофлоры.

Клиническая картина того или иного заболевания обычно обладает определенной специфичностью. Однако во многих случаях клинические проявления разных болезней очень сходны. Поскольку пресноводные рыбы живут в гипоосмотической среде, любые расстройства обмена веществ приводят к нарушению водно-солевого обмена: у рыб появляется пучеглазие, водянка, ерошение чешуи. Ставить диагноз только на основании клинических признаков в ихтиопатологии недопустимо. Например, язвы на теле рыб – это далеко не всегда краснуха. Они могут появиться в результате травматизации при облове, поражения рыб паразитическими рачками, пиявками, укусами хищников и т. д. Такие признаки краснухи, как воспаление кишечника, асцит, пучеглазие, ерошение чешуи, могут появиться также и при кокцидиозном энтерите, микоспоридиозах, токсикозах, некоторых алиментарных заболеваниях.

Рыбы могут быть источником заболеваний человека и теплокровных животных. Помимо таких распространенных гельминтозов, как

описторхоз и дифиллоботриоз, рыба иногда становится причиной пищевых токсикозов и токсикоинфекций человека.

Основной путь распространения инфекционных и инвазионных заболеваний рыб – бесконтрольные перевозки из неблагополучных хозяйств в здоровые. Некоторые заболевания рыб, в частности, краснуха карпа, имеют природно-очаговый характер. Это значит, что в тех или иных регионах страны возбудители заболевания содержатся у дикой рыбы, обитающей в естественных водоемах. Оздоровить хозяйство, расположенное в зоне природного очага инфекции или инвазии, практически невозможно.

Следовательно, перевозка рыбы из данного региона в благополучный водоем, скорее всего, приведет к его заражению. Наличие ветеринарного свидетельства, к сожалению, не всегда является гарантией того, что рыба здорова. В последние годы случаи завоза больной рыбы в прежде благополучные водоемы участились. Завоз дешевой товарной рыбы или рыбопосадочного материала из неблагополучного региона нередко оборачивается экономическим крахом хозяйства. Это особенно опасно для предприятий, занимающихся организацией рыбалки и практикующих частый завоз рыбы из разных регионов страны по принципу «куплю там, где дешевле».

Среди возбудителей болезней рыб, относящихся к простейшим – одноклеточным животным организмам, насчитывается свыше 500 видов, паразитирующих у пресноводных рыб. Многие из них чрезвычайно опасны и могут вызвать массовую гибель рыб.

**Жаберное заболевание невыясненной этиологии (ЖЗНЭ), или жаберный некроз.**

Жаберное заболевание карпа представляет собой одно из самых опасных заболеваний, способных вызвать массовую гибель выращиваемой рыбы. Болезнь проявляется в начале и середине лета, к осени она затухает. Чаще всего болеют двухлетки карпа.

Возбудитель болезни не выявлен. Жаберное заболевание невыясненной этиологии надо отличать от бранхиомикоза. Клинические признаки этих болезней во многом сходны. Существуют гипотезы о вирусной и бактериальной природе заболевания. Замечено, что часто болезнь провоцируется нарушениями гидрохимического режима, прежде всего повышенным содержанием аммонийного азота и органического вещества. Эффективны профилактические меры, направленные на создание благоприятных условий выращивания. Рекомендуется использование хлорной извести или гипохлорита кальция, а также нега-

шеной извести. На хозяйства, неблагополучные по жаберному заболеванию, накладываются карантинные ограничения. Заболевание может вызывать значительные отходы живой рыбы.

### **Краснуха карпа.**

Краснуха (аэромоноз) карпа представляет собой одну из самых распространенных и опасных болезней карпа и сазана. Кроме этих видов краснуха отмечается у карасей, линей, белых амуров и некоторых других видов, однако эти случаи обычно редки.

Краснуха – заразная болезнь, которая, по мнению одних исследователей, вызывается вирусом, по мнению других – бактериями. Существуют объективные свидетельства в пользу обеих гипотез. Повидимому, под термином «краснуха» скрывается несколько болезней со сходной симптоматикой. На основании исследований, проведенных Всесоюзным институтом экспериментальной ветеринарии, предложено выделять три самостоятельные болезни: *аэромоноз*, вызываемый бактериями *Aeromonas punctata*, *псевдомоноз*, вызываемый бактериями рода *Pseudomonas*, и *весеннюю вирусную болезнь*, вызываемую вирусом *Rabdovirus cyprini* (Г. В. Васильков и др., 1978).

Краснуха обычно возникает весной или в первой половине лета. Иногда болезнь отмечается и зимой. Чаще всего болеют двух- и трехлетки карпа. Заболевание может вызывать массовые отходы. При остром течении болезни отмечают кровоизлияния на поверхности тела, водянку, пучеглазие, ерошение чешуи. При подостром течении болезни к описанным выше признакам добавляется образование язв, которые имеют беловатый или красноватый ободок. Хроническая форма краснухи чаще всего отмечается во второй половине лета и сопровождается образованием язв на коже и плавниках. Диагноз может поставить только специалист на основании комплекса исследований.

Для лечения рыб используют такие препараты, как левомицетин, тетрациклин, биомицин, метиленовая синь, и ряд других препаратов. В последние годы в практику вошло применение препаратов пробиотиков. Лечение назначается только врачом-ихтиопатологом с учетом множества факторов, касающихся конкретного водоема. Неквалифицированное использование антибиотиков может вызвать отрицательный результат.

Единственным надежным методом оздоровления хозяйства от краснухи является летование, во время которого пруды осушаются, подвергаются обработке дезинфектантами, а рыбы всех возрастных групп сдаются в торговую сеть или утилизируются. Если больные ры-

бы обитают в источнике водоснабжения хозяйства, оздоровить его практически невозможно.

**Аэромоноз (краснуха)** – болезнь, вызывающая геморрагическое воспаление кожного покрова, сопровождающееся образованием язв, а также поражение внутренних органов и водянку брюшной полости.

Возбудитель – *Aeromonas punctata*. Это подвижная палочка с полярным жгутиком, является факультативным аэробом. Спор и капсул она не образует.

*Эпизоотологические данные.* Аэромонозом болеют карп, сазан, серебряный и золотой караси, линь, лещ, плотва, особенно в возрасте до 2 лет.

Болезнь широко распространена в рыбоводных хозяйствах европейских стран, в США, а также на территории постсоветского пространства. Она обычно возникает в весенне-летний период (май – июнь). Гибель рыбы при этом может достигать 25–90 %.

Источником возбудителя инфекции служат больные особи, особи-микробоносители.

В благополучные хозяйства возбудитель чаще заносится пораженной рыбой, птицами, рыбоводным инвентарем, течением воды и т. д. Заражение происходит через кожу, жабры, пищеварительный тракт.

Инкубационный период – 3–30 дней. Протекает болезнь остро, подостро и хронически.

При остром течении аэромоноза на различных участках кожи появляются очаговые припухания и кровоизлияния, воспаляются плавники, взъерошивается чешуя, развиваются брюшная водянка и пучеглазие, выпячивается анус. Пораженная рыба становится вялой, переворачивается набок, держится у поверхности воды и через несколько дней погибает.

Подострое и хроническое течение болезни сопровождается образованием в местах кровоизлияний очагов некроза и язв, которые постепенно заживают.

У переболевшей рыбы вырабатывается относительный иммунитет.

*Меры борьбы.* На неблагополучные пруды накладывают карантин и лечат рыбу левомицетином, фуразолидоном, кормовыми антибиотиками, которые дают с кормом. Кроме того, усиливают проточность воды. В пруды вносят негашеную известь для повышения рН воды до 8,5. Очищают их от больной и погибшей рыбы. Орудия лова и инвентарь обеззараживают 2%-ным раствором формальдегида или кипячением. После осеннего облова ложе пруда очищают и двукратно (осенью и

весной) дезинфицируют негашеной (25 ц/га) или хлорной (3–5 ц/га) известью. Наиболее эффективным методом оздоровления прудов является их летование.

Карантин снимают через год с момента последнего заболевания рыб.

*Профилактика.* Не допускают загрязнения водоемов, регулируют проточность воды, организуют полноценное кормление рыбы, завозимый рыбопосадочный материал сажают в пруды отдельно от местных рыб, производителей и ремонтных рыб карантинируют в течение 30 дней.

### **Воспаление плавательного пузыря карпа (ВПП).**

Причина заболевания до конца не выяснена. Наиболее обоснована точка зрения о вирусной природе болезни. Инфекция передается в основном при непосредственном контакте больных и здоровых рыб. По-видимому, возбудитель может передаваться также через воду и грунт.

Болеет карп, сазан и их гибриды. Изредка отмечают случаи заболевания толстолобика, белого амура, караса и щуки. Основной признак этого заболевания – поражение стенок плавательного пузыря. Воспаление часто затрагивает и другие внутренние органы. Заболеванию подвержены рыбы разных возрастных групп. Сеголетки карпа, больные ВПП, обычно погибают во время зимовки. При острой форме заболевания возможны массовые отходы. Со временем у рыб вырабатывается иммунитет к этому заболеванию, и оно постепенно затухает. Однако это возможно лишь при соблюдении карантинных ограничений. Специфических лекарственных средств против этого заболевания нет.

### **Белокожие.**

Бактерии поражают поверхность кожи, центральную нервную систему, органы равновесия и координации.

Источник заражения – вновь приобретенные больные рыбы, их выделения и трупы; инфекция может быть занесена с непродезинфицированным инвентарем.

Болезнь начинает проявляться через побеление кожи вокруг спинного плавника и в области хвоста. Характерный признак заболевания – рыба держится у поверхности воды, часто выставляет из воды верхний плавник. Окраска бледнеет или становится желтоватой (у красных меченосцев). При отсутствии лечения наступает гибель рыб.

*Лечение.* Препараты для добавления в воду аквариума: 10 мг хлорной извести на 1 л воды. Аквариум необходимо продезинфицировать.

Ванны: 40–50 г поваренной соли на 10 л воды, выдержка 2–3 суток при хорошей аэрации воды (для барбусов концентрация меньше).

#### **Водянка (асцит).**

Заболевание в основном наблюдается у личинок. Иногда оно поражает и взрослых рыб.

Причина заболевания – неблагоприятные условия содержания (недостаток кислорода, резкий перепад температур). В желточном мешке скапливается голубоватая жидкость, отмечается пучеглазие, вялость. Личинки истощены, ослаблены. Гибель наступает в результате повреждений кровеносных сосудов и кровоизлияния.

У взрослых рыб большое количество жидкости накапливается в брюшной полости. Тело рыбы вздувается, анальное отверстие выпячивается, чешуя приподнимается, иногда наблюдается пучеглазие. Происходит отек кожи, которая становится белой.

Лечение не разработано. Больные рыбы уничтожаются, грунт и аквариум тщательно дезинфицируются. Во избежание заболевания нужно создать благоприятные условия.

#### **Глюгеатоз (глюгеоз).**

Заболевание наблюдается в основном у данюшек и карпозубых рыб. Источником заражения являются больные и погибшие рыбы. Поражается мышечная ткань, появляется пучеглазие, иногда опухоли на коже. Рыбы могут плавать на боку.

Лечение не разработано. Больных рыб и растения уничтожают, аквариум и грунт дезинфицируют. Рыб, находившихся вместе с больными рыбами, помещают в раствор риванола (0,35 г на 10 л воды) и наблюдают.

#### **Колумнариоз (ложная неоновая болезнь, или «ротовой грибок»).**

Заболевание внешне очень напоминает грибковое, но на самом деле возбудитель – бактерия *Flexibacter columnaris*. Очень распространенное заразное заболевание, результатом которого нередко становится гибель всей популяции аквариумной рыбы.

*Симптомы:* зажатые плавники, белые образования в области рта, похожие на грибок, кровоподтеки по телу, повреждение жабр, возможно появление красной парши. Дыхание рыбы учащается, движения становятся толчкообразными. Нарушается кожный покров, затем эта область поражается и приобретает красный, а в некоторых случаях и темный, вплоть до черного, цвет.

Развитию заболевания способствует нарушение условий содержания рыбы.

У заболевших рыб белеет рот, на губах появляется белый налет в виде мха, на теле возникают кровоподтеки с нитчатой каймой по краям; наступает поражение жабр, из-за чего рыба держится у поверхности воды и заглатывает воздух. У некоторых видов рыб на хвосте появляется красная парша.

*Лечение.* Препараты для добавления в воду аквариума: 100 мг гризеофульвина + 500 мг эритроциклина на 10 л воды; 0,15–0,2 г оксациллина на 100 л воды (лечение проводить в отдельном сосуде).

#### **Лепидортоз (инфекционное поднятие чешуи).**

У внешне здоровой рыбы оказывается поднятой чешуя либо на ограниченных участках тела, либо на поверхности всего тела. Чешуя приподнимается в результате образования под каждой чешуйкой маленькой пустулы, которая часто приобретает вид пузырька, наполненного жидкостью. Возбудителем являются бактерии двух видов: *Aeromonas punctata* и *Pseudomonas fluorescens*.

Если поднятие чешуи ограничено лишь некоторыми участками поверхности тела, болезнь излечима, даже без купания рыб в соленых или марганцовых ваннах. Злокачественные случаи неизменно заканчиваются гибелью.

Необходимо удалять рыб, больных лепидортозом, из общего аквариума. Оставшихся рыб и растения следует выкупать в марганцовой ванне (прозрачный фиолетовый раствор воды). Аквариум продезинфицировать более крепким раствором, оставив в нем раствор на несколько часов. Песок лучше прокипятить.

#### **Лимфоцитоз (гроздевидная узловатость).**

Более всего восприимчивы к ней такие рыбы, как макроподы, гурами, некоторые цихлиды. Заражаются не все рыбы в аквариуме, особенно при неплотной посадке, что связано с иммунитетом отдельных особей. Заболевание возникает чаще всего после механических травм или повреждений, нанесенных паразитическими ракообразными ( аргулез, лернеоз). Инфекция распространяется через больных рыб и их выделения. Сначала на теле заболевшей рыбы (в основном на плавниках), иногда внутри тела возникают сероватые гроздевидные опухоли в виде узелков и плоские разрастания из лимфоцитарных клеток величиной до 1,5 мм. На начальном этапе это мелкие опухоли, почти незаметные глазом. Через некоторое время они образуют скопления, которые покрывают почти все тело и поверхность плавников. Затем опухоли лопаются, и постепенно ранки зарубцовываются. Поправившаяся рыба отстает в росте.

Лечение не разработано.

### **Микобактериоз (туберкулез рыб).**

Наиболее восприимчивы к заболеванию: лабиринтовые, харациновые, карпозубые, тропические карповые.

Заболевание обычно протекает в хронической форме. Рыбы заражаются при заглатывании корма с зараженной бактериями водой, при поедании погибших рыб, зараженных этой болезнью. Разносчиками бактерий могут быть комары, муравьи, тараканы, заползающие в аквариум в поисках воды. Чаще всего заболевание встречается в аквариумах с плохими условиями содержания рыб.

*Общие симптомы* для всех видов рыб: сначала больная рыба теряет аппетит, худеет, ее окраска бледнеет, разрушаются плавники; иногда отмечается пучеглазие, открытые язвы. Специфические симптомы заболевания зависят от вида рыб.

*Лечение.* В самом начале заболевания, когда рыбы еще не отказываются от корма, в него добавляют канамицин. Эффективное лечение последующих стадий заболевания не разработано.

Больных рыб, других водных животных и растения уничтожают, грунт кипятят, аквариум и инвентарь дезинфицируют 5%-ным раствором хлорной извести или 3%-ным раствором хлорамина.

Работая с зараженным аквариумом, следует быть осторожным, чтобы избежать заражения через рот, через ранки или ссадины на руках.

### **Оспа карповых.**

Болезнь карповых рыб. Распространению болезни способствует плохое санитарное состояние аквариумов, кормление рыб искусственными кормами без витаминов, недостаток в воде кальция. Из-за длительности инкубационного периода (иногда до 1 года) признаки болезни, как правило, проявляются у рыб двухлетнего и старшего возраста. На теле рыб образуются парафинообразные опухоли матового голубого цвета. В начале болезни на плавниках, хвосте и туловище, а также на теле рыбы появляются маленькие одиночные беловатого цвета пятна. При тяжелом течении болезни опухоли сливаются и почти сплошным слоем покрывают всю поверхность тела. Оспа, не вызывая гибели рыб, замедляет их рост.

Лечение не разработано.

### **Нарывная болезнь.**

Тело больных рыб покрывается нарывами, величина которых колеблется от 0,5 до 2 см. Нарывы вначале твердые, затем размягчаются, лопаются и оставляют после себя глубокие гноящиеся раны, пронизывающие не только кожу, но и мускулатуру. Пораженная рыба погибает

от общего истощения, часто сопровождаемого вторичными бактериальными инфекциями.

Заболевание неизлечимо. Меры борьбы сводятся к изолированию и уничтожению заболевших экземпляров.

#### **Плавниковая гниль.**

Заболевание угрожает в наибольшей степени лабиринтовым, неонам, барбусам, скаляриям, живородящим и некоторым другим рыбам; поражает в основном мальков.

Заболевание наступает при низких температурах и плохих условиях содержания рыб. Заболевают не все особи одновременно, а сначала одна или несколько. У заболевших рыб на хвостовом и других плавниках появляется светлая голубовато-белая кайма, которая затем расширяется, полностью захватывая плавники. Наступает постепенное разложение плавников, начиная с их краев. Плавники быстро укорачиваются, концы лучей опадают. У мальков плавники, особенно хвостовой, могут отпасть полностью. Иногда возникает помутнение на роговой оболочке глазного яблока.

*Лечение.* Необходимо повысить температуру воды до уровня, несколько превышающего необходимый для данного вида рыб, и создать благоприятные условия содержания. При лечении мальков часть воды нужно заменять на отстоявшуюся свежую. Препараты для внесения в воду аквариума: 1,5 г белого стрептоцида на 10 л воды; 0,02 г трипафлавина на 10 л воды; 0,02 г риванола на 10 л воды.

Ванны: 2 г акварола на 25 л воды, выдержка 30 минут, процедуру повторять каждые 3 суток.

*Профилактика:* выдерживать оптимальную температуру воды.

#### **Плистофороз (неоновая болезнь).**

Паразитарное заболевание, вызываемое простейшим амебовидным споровиком, который внедряется в мышечные ткани рыб, начинает их разрушать и размножаться.

Отмечается посветление тела заболевших рыб из-за образования просвечивающих через покровы белых пятен в мышцах, причем вначале появляются серовато- или стекловидно-белые пятна на теле и голове, которые, постепенно разрастаясь, покрывают все тело. У рыбы нарушается координация движений, она плавает хвостом вниз, под углом 45–60 градусов, пытаясь скачками выйти из такого положения, но это ей удается только на 5–10 секунд. Ночью не спит, а беспокойно плавает. Верхний и хвостовой плавники сжаты, растрепаны. Рыба

дрожит, на ее теле могут образовываться язвы. Наступает общее истощение, брюшко может стать впалым.

*Лечение.* Явно больную рыбу и растения следует уничтожить. Из аквариума удалить грунт. Аквариум продезинфицировать 5%-ным раствором соляной кислоты или хлорной известью. Препараты для добавления в корм: 50 мг эритроциклина на 1 л воды, раствор смешать с сухим кормом; 10 мг гризеофульвина на 1 л воды, раствор смешать с сухим кормом; 5 мг трихопола на 1 л воды, раствор смешать с сухим кормом; 10 мг метиленовой сини на 1 л воды, раствор смешать с сухим кормом. Рыб, у которых во время лечения наступает ухудшение здоровья, следует уничтожать.

#### **Энтерит.**

Болезнь поражает растительноядных рыб. Больная рыба теряет аппетит, вяло плавает. Окраска тела становится темной. В области ануса наблюдается опухоль и покраснение. При надавливании на брюшко выделяются желтая слизь и сгусток крови.

Как только зафиксировано появление энтерита, в корм добавляют сульгин или сульфатуанидин, причем в первый день – 0,1 мг на 1 г массы рыбы, после этого на протяжении 5 дней – по 0,05 мг. Препараты для внесения в воду аквариума: 500 мг сульфамонетоксина на 10 л воды.

Для профилактики необходимо ежедневно чистить дно аквариума, кормить рыб доброкачественным кормом, немедленно удалять из аквариума погибших рыб, периодически добавлять в аквариумную воду стрептомицин, тетрацилин или биомицин (данные препараты сдерживают развитие бактерий).

#### **Язвенная болезнь.**

Заболевание угрожает в наибольшей степени лабиринтовым, неонам, барбусам, скаляриям, живородящим и некоторым другим рыбам. Поражает в основном мальков.

У рыб наблюдается воспаление кожи и мышечной ткани с образованием фурункулов в виде темных пятнышек, при вскрытии которых образуются кровоточащие язвы. Параллельно с появлением язв может возникнуть воспаление кишечника. Несвоевременное лечение приводит к гибели рыб.

*Лечение.* Препараты для внесения в воду аквариума: 1,5 г белого стрептоцида на 10 л воды; 500 000 ЕД бициллина-5 на 100 л воды (вносить на ночь 6–7 суток подряд при температуре 24–26 °С, если накануне в аквариум не был внесен стрептоцид).

Через 6–7 суток заменить часть воды и повторить лечение.  
Ванны: 0,5 г марганцовокислого калия на 10

жабр и ротовую полость, и роговицу глаз. Может вызвать массовую гибель, особенно молоди, но нередко служит причиной гибели и рыб старших возрастных групп.

*Лечение* – ванны с солью, бриллиантовой зеленью, метиленовой синью.

*Профилактика* – дезинфекция прудов.

### **Костиоз.**

Возбудителем является жгутиконосец костия, паразитирующая на коже и жабрах рыб, питаясь слизью и клетками кожи и жабр. На теле рыб появляются тусклые голубоватые пятна, которые позже сливаются в сплошной налет. Отход рыб достигает 97 %.

*Лечение* – противопаразитарная обработка в прудах, бассейнах или ваннах растворами соли, формалина.

### **Миксозомоз лососевых (вертеж).**

Возбудителем является слизистый споровик *Myxosoma cerebralis* (I), представляющий собой неправильной формы образование – плазмодий с псевдоподиями. В развитии этого паразита различают две стадии: вегетативную – трофозоит и покоящуюся – инвазионную. Внутри споры расположен двухъядерный амебоидный зародыш. Споры очень устойчивы к высушиванию и промораживанию. Способны сохраняться в почве ложа прудов более 15 лет.

Споровик *Myxosoma cerebralis* поражает хрящевые ткани, органы равновесия, из-за чего нарушаются функции центральной нервной системы.

К миксозомозу наиболее восприимчивы радужная и ручьевая форель, а также черноморский лосось, горбуша, кета, семга, мальма и некоторые другие представители лососевых. Болезнь проявляется главным образом у молоди, так как ее скелет еще не окостенел и содержит много хрящевой ткани. В этой ткани возбудитель находит наиболее благоприятные условия для жизни и размножения. С возрастом у рыбы начинается окостенение скелета, паразит лишается оптимальных условий и уже не оказывает существенного патогенного воздействия на организм.

Заболевшие рыбы не принимают корм и быстро истощаются. По мере развития патологического процесса начинают проявляться характерные признаки болезни. Прежде всего, вследствие массового развития паразитов разрушается хрящевая ткань скелета слухового аппарата, являющегося в то же время органом равновесия и координации движения рыб. В результате больные рыбы начинают быстро кружить-

ся, затем наступает период утомления, во время которого они опускаются на дно и лежат некоторое время на боку с широко раскрытыми жаберными крышками. Отдохнув, они вновь совершают вращательные движения, кувыркаются и стремительно бросаются в сторону. Такие характерные вращательные движения больных рыб при остром течении миксосомоза послужили основанием для определения названия болезни как «вертеж лососевых».

На последующей стадии развития патологического процесса у мальков и сеголетков появляется характерная черная пигментация хвостовой части тела (II). Потемневший участок четко ограничен от нормально окрашенной передней части туловища. Изменение окраски обусловлено нарушением пигментно-моторной функции симпатической нервной системы, вследствие чего в тканях в избытке образуется черный пигмент – меланин. В это время болезнь принимает хроническое течение – протекает без явлений вертежа и вращательных движений.

Источником и резервуаром инвазии служат больные, переболевшие и погибшие от миксосомоза рыбы – носители спор паразитов, а также инвазированные почва ложа прудов и вода. Высказывается предположение о том, что споры могут сохраняться на орудиях лова, инвентаре и других предметах, бывших при работе в контакте с больной рыбой.

Заражение рыб миксосомозом происходит алиментарным путем и начинается с момента перехода личинок на экзогенное питание: молодь рыб заглатывает инвазионные споры вместе с кормом и водой. В зависимости от интенсивности инвазии и температуры окружающей среды первые признаки болезни у заразившихся рыб проявляются через 18–60 дней. В это время наступает критический период болезни и отмечается массовая гибель больных рыб. Основные пути распространения миксосомоза и возникновения новых очагов болезни – бесконтрольные перевозки больных или переболевших рыб в благополучные водоемы. Не исключена возможность заноса возбудителя в благополучный водоем вместе с оплодотворенной икрой, а также с рыболовным инвентарем и орудиями лова.

*Лечение.* Показаны некоторые препараты мышьяка. Возможно применение препарата осарсол, которое может длиться 3–4 месяца.

### **Вирусная геморрагическая септицемия (ВГС).**

Возбудителем болезни является РНК-содержащий рабдовирус из рода *Novihablovirus*. Распространяется с водой, в которой обитают больные рыбы, с икрой, инвентарем и пр. Переносит замораживание, долго сохраняется в иле пруда. К заболеванию наиболее восприимчи-

вы сеголетки и двухлетки радужной форели. Мальки, ремонтные рыбы и производители более устойчивы. Спорадические случаи болезни отмечают у сига, щуки и хариуса. Наиболее ярко она проявляется в конце зимы и начале весны при температуре воды 8–10 °С. Эпизоотии прекращаются, и заболевание переходит в хроническую или латентную форму через 1–2 месяца. Может привести к гибели всей рыбы в хозяйстве.

У больных рыб наблюдается потемнение покровов тела, пучеглазие, анемия, вздутие брюшной полости, поражение почек и нервной системы. Погибших рыб сжигают или закапывают. Эффективных мер борьбы с ВГС не разработано. Для профилактики болезни большое значение имеет соблюдение оптимальных условий выращивания и кормления рыбы. На хозяйство, в котором зафиксирована болезнь, накладывается строгий карантин, так как вирус может передаваться даже с развивающейся икрой.

#### **Инфекционная анемия форели.**

Болезнь вызывается вирусом, который может находиться в печени, почках и селезенке больной рыбы. Заражение происходит через воду. Больные рыбы и их трупы, а также икра от больных рыб способствуют заражению новых рыб, прудов, хозяйств. У больной рыбы поражены органы кроветворения – почки и печень, вследствие чего кровь у нее становится водянистой. Печень сильно увеличивается в размере, приобретает светло-желтоватые оттенки с белыми пятнами, брюшко отвисает, образуется водянка. Различают две формы: заразную и незаразную анемию. Погибших рыб удаляют из пруда, пруды спускают и дезинфицируют негашеной известью. На неблагополучное хозяйство накладывается строгий карантин.

#### **Кишечная бактериальная инфекция.**

Возбудители: бактерии *Citrobacter freundii* и *Citrobacter sp.*; *Acinetobacterium sp.* и *Pseudomonas sp.*

Данные бактерии размножаются в кишечнике раков. Причиной инфицирования является уязвимость, ослабленность рака (например, во время линьки) и неблагоприятные условия окружающей среды. У зараженного рака обнаруживаются поражения тканей кишечника и гепатопанкреатических органов. К массовой гибели раков в аквариуме данный вид бактериальной инфекции привести не может, поэтому кишечная бактериальная инфекция считается малоопасной. Однако необходимо позаботиться о незамедлительном удалении из аквариума единично умершей особи во избежание передачи инфекции.

**Микозы** – это инфекционные заболевания кожи, которые вызываются грибами.

Грибки относятся к особому царству живых организмов, сочетающих в себе признаки как растений, так и животных и имеют более высокую организацию, чем бактерии. Грибки, обитающие в воде, могут жить как сапрофиты, факультативные сапрофиты, факультативные паразиты и чистые паразиты.

Среди патогенных для рыб и ракообразных грибов можно выделить три различных инфекционных вида:

1. Наружные микозы.
2. Бранхиомикозы.
3. Системные микозы.

**Ихтиофоз (ихтиоспориоз)** – тяжелая болезнь, поражающая морских, пресноводных и особенно аквариумных рыб.

Возбудитель – гриб *Ichthyophonus hoferi*, относящийся к классу зигомицет. Он, как правило, имеет округлую форму, иногда снабжен тупыми выростами. Вокруг гриба образуется соединительнотканная капсула, выделяемая пораженным органом. Рост гриба наблюдается при температуре 3–20 °С при оптимуме для штаммов от морских рыб 10 °С. Цикл развития гриба и стадии его развития во внешней среде изучены недостаточно.

Споры через кишечник выводятся из тела рыбы и заглатываются новыми хозяевами; источником заражения могут служить также трупы рыб. Допускается возможность распространения гриба водными беспозвоночными, заглатывающими споры в толще воды.

Отмечена тяжелая эпизоотия сельди в западной части Атлантики, где имеется природный очаг заболевания. Около 25 % сельдей заражено ихтиофозом, причем у многих особей отмечают признаки острой формы.

Различают острое и хроническое течение болезни. При остром течении наблюдается массовое заражение грибом всех органов и тканей, некроз их и гибель рыб примерно через 1 месяц после начала болезни. При хроническом течении отмечены инкапсуляция ихтиофонуса в тканях, потемнение покровов, гибель рыб в течение 6 месяцев.

В зависимости от пораженного органа симптомы болезни в хроническом течении могут быть различными. При поражении мозга, обычно наблюдаемом у форели, изменяется поведение рыб. Больные особи совершают судорожные движения, ложатся на бок. Если поражаются стенки плавательного пузыря, рыба лежит на дне водоема. При силь-

ном поражении почек, что отмечено у многих аквариумных рыб, наблюдается пучеглазие, ерошение чешуи и накопление экссудата в полости тела. Локализация паразита в подкожном слое и мышцах вызывает образование поверхностных язв. Больные рыбы перестают брать корм и худеют. Гибель не носит массового характера.

При вскрытии больных или погибших рыб во внутренних органах, иногда в мускулатуре и подкожной соединительной ткани обнаруживается масса коричневатых телец округлой или неправильной формы различного размера. Очень характерно изменяются брыжейка и печень, приобретая зернистый характер. Под микроскопом можно легко обнаружить округлое тело гриба, окруженное соединительнотканной капсулой.

Диагноз ставят на основании клинических признаков и данных патологоанатомического вскрытия.

Ихтиофоз поражает всех рыб вне зависимости от их систематического положения. Болезнь отмечена у макрелей, сельдей, тресковых и многих видов аквариумных рыб. Очень чувствительна к заражению радужная форель, у которой заболевание описано еще в начале XX века под названием «пьяной болезни».

Эффективных лечебных средств при ихтиофозе не найдено. На ранних этапах развития болезни терапевтический эффект дает применение антибиотиков, что осуществимо в прудовых хозяйствах и аквариумах.

#### **Бранхиомикоз (жаберная гниль).**

Инфекционное заболевание прудовых рыб, вызываемое микроскопическим грибом. Возбудитель – *Branchiomyces sanguinis*. Бранхиомикоз разрушает жаберную ткань. Больные рыбы отказываются от корма, скопляются у берегов, поднимаясь на поверхность воды, принимают вертикальное положение.

Болезнь возникает обычно летом, продолжается 2–8 недель и вызывает массовую гибель рыбы. На водоемы накладывают карантин, больных рыб и трупы вылавливают и уничтожают. Весной и осенью пруды дезинфицируют хлорной или негашеной известью.

К этому заболеванию восприимчивы рыбы всех возрастных групп. Очень заразное заболевание, которое приводит к поражению кровеносных сосудов жабр и их распаду. Проникая в сосуды и развиваясь, гриб закупоривает их. Источник инфекции – больные и погибшие рыбы. У заболевших рыб пропадает аппетит, отсутствует реакция на внешние раздражители; рыба держится у поверхности воды, но воздух не загла-

тывает, постоянно чешется о грунт, растения и стенки аквариума, стоит вниз головой. Жаберные крышки деформируются. На жаберных лепестках отмечаются точечные кровоизлияния, приводящие к нарушению кровообращения. Нарушается снабжение кровью отдельных участков жаберных тканей. В местах застоя крови жабры становятся темносиними. Может наблюдаться мозаичная окраска жабр (ярко-красные, бледные, розовые участки). Если наступило сильное поражение, рыба плавает на боку и погибает в таком положении.

*Лечение.* Препараты для внесения в воду аквариума: 35–40 мг риванола на 10 л воды. Через 14 дней следует сменить воду и внести 30 мг риванола на 10 л воды; 0,05 г метиленовой сини на 10 л воды; 100 мг гризеофульвина на 10 л воды.

**Сапролегниоз** – одно из самых часто встречаемых заболеваний рыб. Считается, что сапролегниоз – вторичное заболевание, возникающее на месте травматических повреждений на теле рыбы. Помимо травматизации сапролегниоз появляется как сопутствующее заболевание при других болезнях, как инфекционных, так и инвазионных.

Возбудителем заболевания являются низшие грибы в основном из рода *Saprolegnia*, которые распространены в природе очень широко. Сапролегниозом болеют практически все пресноводные рыбы, подвергшиеся тому или иному воздействию или попавшие в неблагоприятные условия обитания. Сапролегниоз часто возникает в карповых рыбоводных хозяйствах как следствие небрежного обращения с рыбой, при выдерживании в бетонных садках, в результате травматизации при обловах, погрузке и разгрузке живой рыбы. Гифы гриба проникают в поврежденные ткани мышц, жабр, кожи рыб, разрушая ткани. На поверхности тела гриб образует похожий на грязную вату налет.

*Профилактика* – основной путь предотвращения сапролегниоза. Все технологические операции должны исключать травматизацию рыбы. С профилактическими и лечебными целями можно применять такие препараты, как малахитовый зеленый, бриллиантовый зеленый, поваренную соль. Разновидностью сапролегниоза является болезнь Штаффа. Она проявляется в основном у сеголетков карпа во время зимовки. При заболевании грибы развиваются в носовых полостях рыб. Мицелий грибов в виде похожей на вату массы покрывает голову рыб, гифы гриба могут прорасти в мозговую ткань. Болезнь Штаффа возникает, как правило, зимой при очень низкой температуре воды. Хотя есть данные о том, что эта болезнь бывает и при температуре 5–6 °С.

Сапролегниоз икры – бич инкубационных цехов. От сапролегниоза страдает инкубирующаяся в искусственных условиях икра многих видов рыб, в основном лососевых и сиговых. Болезнь поражает, прежде всего, погибшие икринки и быстро перекидывается на здоровую икру. Отбор погибшей икры – трудоемкий, но эффективный метод предотвращения сапролегниоза. Для борьбы с этим заболеванием широко используют малахитовый зеленый, метиленовую синь, бриллиантовый зеленый. Обработка воды ультрафиолетовыми светильниками, озонирование воды также предотвращают развитие заболевания.

#### **Глубокий микоз форели.**

Это массовое заболевание молоди форели вызывается грибом *Sclerophoma* из класса дейтеромицет. Конидии гриба, заглатываемые форелью с воздухом или водой, проникают в плавательный пузырь. Гриб, разрастаясь, заполняет плавательный пузырь, проникает через стенки его и поражает другие внутренние органы и мускулатуру. Гриб особенно сильно поражает молодь при значительном содержании в воде органических веществ и большой плотности выращивания. Молодь становится малоактивной, опускается на дно. Воздух скапливается в желудке, увеличивая его объем. Форель перестает питаться. Возникает водянка и пучеглазие.

Для предохранения и профилактики заболевания проводят 5%-ные формалиновые ванны. Бассейны и оборудование обрабатывают с помощью паяльной лампы.

#### **Водяная плесень у раков.**

Плесень воды вызвана *Aclya* и *Saprolegnia*, которые относятся к роду грибов *Saprolegnaceae*. (Это утверждение стало спорным, так как некоторые биологи называют их бесцветными водорослями.)

*Симптомы и диагностика.* В разных местах панциря, как будто оставленные ватным тампоном, появляются пушистые белые пятна. Однако заболевание может проявиться также ярко-зелеными образованиями на панцире и животе. Благодаря механизму защиты красителя меланина даже самые маленькие травмы темнеют. Болеющий рак становится очень пассивным, часто лежит в пещере или находится в течение часа на высокой точке аквариума и немного больше интересуется кормом.

*Течение болезни.* Гриб всегда возникает после предыдущего ослабления, которое может быть вызвано линькой, спариванием, борьбой или стрессом, адаптацией. Ослабленная иммунная система сильно загружена, и поэтому грибы и бактерии в воде атакуют раков и проникают в глубь тела.

Когда животное болеет во время линьки и оставлено без лечения, нитевидные споры легко могут проникнуть во все уголки тела.

Необходимо лечить не только зараженных животных, но и источник заболевания – воду.

Fungol или CILEX проверены на ракообразных – они оказались успешными и не вызывают дальнейшего повреждения.

Лечение переменой температур и добавлением соли (что для лечения рыб часто успешно) не дают никакого эффекта.

*Профилактика.* Грибы *Saprolegnaceae* развиваются в основном на мертвых растительных и животных остатках, которые следует периодически удалять. Качество воды должно поддерживаться, необходима регулярная смена воды для предотвращения загрязнения.

#### **Бессимптомная бактериемия, бактериальный сепсис (вibriоз).**

Возбудители – многочисленные бактерии, как грамотрицательные (*Acinetobacter, Aeromonas, Citrobacter, Flavobacterium, Pseudomonas, Vibrio*), так и грамположительные (*Corynebacterium, Bacillus, Micrococcus, Staphylococcus*). В гемолимфу раков бактерии попадают через трещины в хитиновом покрове, раны или же с пищей.

Бактериемия вначале протекает бессимптомно, но наряду с этим в гемолимфе с виду здоровых особей обнаруживается смешанная бактериальная популяция (от 50 до 100 бактерий на 1 мл гемолимфы). Заболеванию подвержены раки многих видов.

Экспериментальным путем было доказано, что увеличению числа бактерий в гемолимфе здоровых раков способствовали внешние стрессовые ситуации. Так, нахождение в аквариуме с повышенной температурой воды и пониженным содержанием кислорода давало толчок к размножению бактерий.

Вслед за гемолимфой рост числа бактерий наблюдается в тканях организма. На этом этапе начинают проявляться клинические симптомы заболевания: вялость, притупленная реакция на внешние раздражители, потеря тонуса мышц, нарушения двигательных функций, поражение тканей (узелки, гранулемы). Речь уже идет о бактериальном сепсисе.

Меры борьбы с бактериальной инфекцией сводятся к поддержанию органической чистоты в аквариуме, регулярным еженедельным подменам воды, своевременному сифону грунта (возможно содержание раков вообще без грунта, но обязательно с укрытиями), поддержанию благоприятных условий для содержания раков (оптимальной температуры, достаточной аэрации), введению в рацион питания пробиотиков.

## **2.2. Биогеохимическая деятельность микроорганизмов водоемов**

### **Важнейшие биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами.**

Микроорганизмам принадлежит исключительно важная роль в круговороте веществ в природе. Будучи широко распространенными в природе и обладая высокой ферментативной активностью, микроорганизмы осуществляют процессы расщепления и синтеза самых сложных органических веществ. Органические вещества (белки, жиры, углеводы) растений и животных под действием микроорганизмов расщепляются на более простые минеральные элементы, растворяются в воде и вновь используются растениями в качестве источника питания. Круговорот веществ в природе можно представить в виде длинной цепи последовательно и тесно связанных между собой реакций. Некоторые биохимические процессы, протекающие в микроорганизмах, сопровождаются накоплением в питательной среде ценных веществ, поэтому микроорганизмы используются при получении белков, ферментов, витаминов, органических кислот, спиртов и других продуктов. Развиваясь в рыбном сырье, в продуктах его переработки и вспомогательных материалах, микроорганизмы могут накапливать вещества, которые либо улучшают их вкус и аромат, либо приводят к порче.

Изучение биохимических процессов, вызываемых микроорганизмами, раскрывает сущность тех изменений, которые происходят в пищевом сырье и продуктах его переработки при развитии в них микроорганизмов, и позволяет правильно организовывать технологический процесс.

По субстрату, на который действуют микроорганизмы, все превращения, происходящие под действием микроорганизмов, можно разделить на три вида: превращения органических веществ, не содержащих азота (различные виды окисления и брожения); превращения органических веществ, содержащих азот (гниение); превращения минеральных азотсодержащих веществ.

### **Круговорот азота.**

Круговорот азота – важнейший биохимический цикл, охватывающий все составные части биосферы, от которых зависит биологическая продуктивность на земном шаре. Азот преобладает в атмосфере по весу – 75,3 % и объему – 78,7 %. Все производные биосферы обогащены азотом.

Ни человек, ни животные не могут потреблять молекулярный азот. Растения используют минеральные соединения азота, животные – азот органических соединений, и лишь немногие живые организмы на Земле, а среди них микроорганизмы, способны поглощать азот атмосферы.

Роль биологических факторов в балансе азота огромна: биологическая фиксация атмосферного азота составляет 54 млн. тонн в год, при общем поступлении его, включая индустриальную фиксацию, 91,8 млн. тонн в год. Удаление азота из почв и водоемов, обусловленное процессами денитрификации, – это микробиологический процесс, в который ежегодно вовлекается около 83 млн. тонн азота. В общих чертах этот круговорот состоит из таких этапов, как азотфиксация, аммонификация, нитрификация, денитрификация (рис. 5).

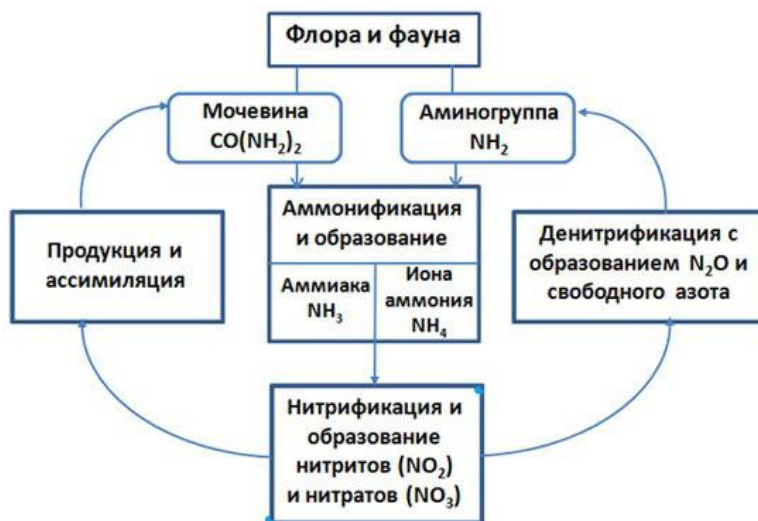


Рис. 5. Круговорот азота

Развиваясь в водоемах, фитопланктон, высшие растения и часть бактерий поглощают растворенные в воде нитраты и отчасти аммонийные соли. Из азота этих минеральных соединений они создают белки своих тел. Поглощая эти белки, развиваются водные животные. После отмирания растений и животных белковые вещества их тел должны быть минерализованы, так как растения не могут использовать азот белковых веществ. Минерализация происходит под воздействием

определенных групп микробов и приводит к образованию аммиачных соединений. Эти соединения окисляются другими группами бактерий в соли азотной кислоты и, в свою очередь, становятся пригодными для питания растений. Значима и роль азотфиксирующих бактерий, вовлекающих в круговорот веществ значительное количество молекулярного азота.

Есть группы бактерий, которые восстанавливают азотнокислые соли, столь необходимые растениям, до молекулярного азота, приводя, таким образом, к его потерям.

### **Азотфиксация.**

Проблема биологического азота возникла с развитием земледельческой культуры. Издавна из практической агрономической деятельности человека было известно, что бобовые растения повышают плодородие почвы. Еще в III–I веках до нашей эры об этом писали исследователи Теофраст, Катон, Варрон, Плиний и Вергилий. Первое научное объяснение способности бобовых растений накапливать азот принадлежит агрохимику Дж. Буссенго (1838). Он установил, что люцерна и клевер обогащают почву азотом, зерновые же и корнеплоды истощают. Эти факты он связал со способностью бобовых растений фиксировать азот из воздуха. Однако Буссенго считал, что агентом фиксации являются листья бобового растения. Именно это неправильное заключение через 15 лет привело Буссенго к отрицанию своего открытия. Понадобилось еще несколько десятилетий, прежде чем удалось установить, что молекулярный азот бобовые растения фиксируют только в симбиозе с микроорганизмами, вызывающими образование клубеньков на их корнях.

В настоящее время известно также свыше 200 различных видов других растений, для которых способность фиксировать азот в симбиозе с микроорганизмами, образующими клубеньки на корневой системе или на их листьях, вполне доказана. Большинство из них относится к деревьям и кустарникам.

Свободный молекулярный азот могут использовать для построения белка только азотфиксирующие бактерии и некоторые водоросли. Фиксация азота в водоемах – единственный естественный источник пополнения потребляемого населяющими их организмами азота. В прудах, кроме азотфиксации, потребности в азоте могут быть удовлетворены внесением азота извне (в виде удобрений).

Азотфиксация осуществляется в водоемах двумя группами бактерий: *аэробными* и *анаэробными*.

Из аэробных организмов основным азотфиксатором является азотобактер. Кроме того, в водоемах азотфиксация проводится в меньшей степени и другими видами бактерий: спириллами, некоторыми палочками *Azomonas* и др. Из анаэробов азотфиксатором является *Clostridium Pasteurianum*.

Клетки азотобактера имеют большие размеры. В начале развития они палочковидные (2,7×1,0–2,5 мкм), с возрастом укорачиваются до кокковидной формы. Часто клетки соединены в шарикообразные пакеты. На поверхности клеток имеется толстая слизистая капсула. В зависимости от условий среды форма клеток азотобактера может меняться. Есть разные виды азотобактера. Встречается в разных водоемах, в том числе и в морской воде. Развитие азотобактера возможно только при наличии веществ, которые могут быть использованы как источники углерода. Такими являются разные выделения водорослей, высших растений, продукты разложения отмершей растительности.

Так как без азота белок протоплазмы построен быть не может, то в среде, бедной связанным азотом, азотобактер усиленно фиксирует молекулярный азот. При наличии в среде связанных соединений азота в достаточных количествах азотобактер может использовать эти соединения, и тогда он прекращает фиксацию азота. Азотобактеру необходимы фосфаты, в их отсутствии развитие азотобактера не происходит. Азотобактер нуждается в ионах кальция. В водах очень мягких условия для азотобактера менее благоприятны, чем в водах жестких.

Азотобактер – аэробный организм, но может развиваться в водоемах с разным содержанием O<sub>2</sub>. Не любит кислых водоемов.

Азотфиксирующая функция выявлена у многих представителей рода *Clostridium* – спорообразующего микроба. Его размер составляет 2,5×7,5×0,7 мкм. Но более энергичен азотобактер и в водной толще, и в грунтах, где его значительно больше. С потеплением количество его увеличивается.

Клостридиум широко распространен в водоемах и прекрасно развивается даже в насыщенной кислородом воде – в симбиозе с аэробными организмами – и в грунтах, создающих анаэробные условия.

При внесении растительной массы в водоеме в местах, где начались процессы разрушения клетчатки, скапливается огромное количество азотобактера, но еще большее количество здесь отмечается клостридиума.

Сложнее действие азотных удобрений. Наличие аммонийных солей действует затормаживающе на развитие азотобактера.

В практике прудовых рыбоводных хозяйств используют препарат «Азотобактерин», приготовленный из клеток азотобактера: при внесении в пруд азотобактер активно размножается на продуктах растительной массы, тем самым возрастает количество связанного азота.

### **Ассоциативные азотфиксаторы.**

Ассоциативные азотфиксаторы, принадлежащие к различным родам и видам, имеют индивидуальные особенности в анатомическом строении, физиологии, биохимии и, естественно, в процессах взаимоотношения с растением. Разнообразие ассоциативных взаимоотношений растений с микроорганизмами очень велико. Часто микробиологи не делают различия между ассоциативными и свободноживущими азотфиксаторами.

Однако ассоциативные взаимоотношения касаются, прежде всего, так называемых ризосферных микроорганизмов, т. е. тех микроорганизмов, которые живут на поверхности корневой системы растений. Микробы как бы колонизируют поверхность корневой системы. При этом просматриваются черты взаимоотношений, напоминающие взаимоотношения с растением симбиотических азотфиксаторов. Имеются те же этапы: хемотаксическое узнавание, лектин-углеводное узнавание и этапы установления прочных связей, обусловленные обменом веществ, полезным и растению, и микроорганизмам. При этом отсутствует этап образования клубеньков.

Эффективность азотфиксации ассоциативной микрофлорой по сравнению с симбиотической не столь велика, однако у ассоциативных азотфиксаторов имеются важные свойства, позволяющие помочь растению в его росте и развитии (синтез фитогормонов, защита от фитопатогенов, разрушение токсических веществ).

Из числа хорошо изученных азотфиксаторов выделяются микроорганизмы рода азоспирилл. Они очень интересны, так как колонизируют корни злаков и могут быть полезны в технологии их выращивания. Азоспириллы, впервые выделенные М. Бейеринком в 1925 году в виде *Spirillum lipoferum Beijerinckii*, были вновь открыты доктором Дж. Доберейнером в 1976 году и с тех пор благодаря ее инициативе быстро попали в сферу интенсивного изучения.

Очень интересны ассоциативные взаимоотношения сине-зеленых водорослей с водным папоротником азоллой, растущим в воде рисовых полей Вьетнама, Китая, Индонезии. Естественно, что биология этого явления и особенности самих сине-зеленых водорослей имеют свою специфику и привлекают к себе внимание многих биологов и

технологов-рисоводов. Грань между симбиозом и ассоциативностью при анализе многих азотфиксирующих пар растение – микроорганизм размыта.

#### ***Минерализация органических азотных веществ.***

Минерализации в прудах подвергаются разные органические азотистые вещества: белки растительных и животных остатков, аминокислоты, разные органические удобрения (растительная масса, костная, кровяная мука и др.). Разложение отмерших планктонных организмов начинается в воде, а заканчивается на поверхности грунта, куда оседают животные и растительные остатки. Разложение донных организмов протекает в грунтах, где они отмирают.

В процессе минерализации принимают участие разные микроорганизмы: неспороносные и спороносные палочки, некоторые кокки, микробактерии, актиномицеты и плесневые грибы. Одни разлагают белковые вещества в аэробных условиях, другие – при незначительном количестве кислорода, а третьи – в анаэробных условиях. В аэробных условиях процесс распада идет быстрее и до конечных продуктов, в анаэробных условиях – наоборот (медленно и не до конечных продуктов).

Подавляющее количество минерализующих белки бактерий выделяет в процессе разложения различное количество аммиака (от 1,64 до 46 % от разлагаемого органического вещества), поэтому число минерализующих белки бактерий с известной приближенностью может быть отождествлено с числом аммонифицирующих.

Известно, что содержание минерализующих белки бактерий в неизвесткуемых и неудобряемых прудах очень низкое.

Также есть данные о том, что через 12 часов после внесения растительной массы в пруд наблюдалось увеличение числа минерализующих бактерий более чем в 700 раз. Действие минеральных удобрений на количество минерализующих удобрений проявляется главным образом через планктон. Если идет увеличение фитопланктона, то соответственно увеличивается количество минерализующих бактерий.

#### ***Нитрификация.***

Процесс окисления аммиака в азотистую и азотную кислоты называется нитрификацией. Процесс нитрификации приводит в водоемах к образованию нитратов – соединений азота, наиболее хорошо усвояемых фитопланктоном. Нитрифицирующие бактерии являются единственными естественными пополнителями нитратами прудов. Процесс

нитрификации имеет, кроме того, значение для мобилизации фосфатов: образуемые бактериями кислоты действуют на труднорастворимые фосфорнокислые соли, улучшая, таким образом, питание водных растений (рис. 6).

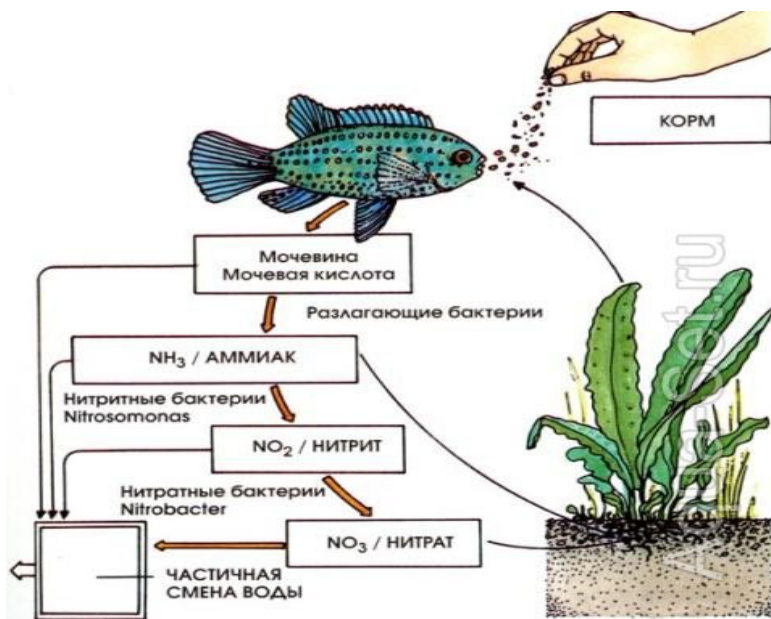


Рис. 6. Процесс нитрификации

В настоящее время еще недостаточно данных по распространению нитрифицирующих бактерий в прудах разного типа, по изменению их численности и энергии их жизнедеятельности при разных удобрениях.

Окисление аммонийных солей в азотную кислоту происходит в итоге последовательного действия двух групп бактерий и протекает в две фазы: вначале под воздействием нитрифицирующих бактерий 1-й фазы аммонийные соли окисляются в азотистую кислоту, а затем нитрифицирующие бактерии 2-й фазы переводят азотистую кислоту в азотную.

Микроб 1-й фазы – *Nitrosomonus* – короткая, бесспорная палочка, близкая к кокку.

Микроб 2-й фазы – *Nitrobacter*.

Нитрифицирующие бактерии-автотрофы усваивают углекислоту и минеральные соли. На ход нитрификации влияет наличие органических веществ (пища аммонификаторам), температура (повышение температуры увеличивает их количество).

Нитрифицирующие бактерии – все облигатные аэробы, не образуют спор.

### ***Денитрификация.***

Этот процесс восстановления нитратов и нитритов до молекулярного азота имеет для продуктивности прудов отрицательное значение. При развитии процесса денитрификации нитраты, столь необходимые растениям, по образному выражению видного русского микробиолога В. Л. Омелянского, «пускаются на ветер». Денитрификацию (прямую) осуществляют бактерии – палочковидные, обычно подвижные, разных размеров (пять видов).

Большая часть изученных водных денитрифицирующих бактерий – факультативные анаэробы. Следовательно, для процесса предпочтительнее анаэробные условия.

В автотрофных озерах исследователи насчитывали 6–10 тыс. клеток денитрифицирующих бактерий в 1 млн. В то же время в неудобрявшихся прудах со щелочной средой, бедных нитратами, содержание денитрифицирующих бактерий малое – 0,2–10 тыс. в 1 мл. В прудах северных районов количество денитрифицирующих бактерий тоже невелико – от 1 до 10 млн. в 1 мл. В грунтах водоемов их, конечно, больше – от 40 тыс. до 1 млн. в 1 г влажного грунта.

При загрузке в пруд растительной массы количество денитрифицирующих бактерий резко увеличивается. Таким образом, при растительном удобрении какая-то часть азота теряется из-за усиления денитрификации. Но усиление процесса не таково, чтобы потери азота могли быть значительными.

Усиление денитрификации наблюдается и при внесении навоза.

При внесении фосфорных и даже азотных минеральных удобрений не отмечается резкое усиление денитрификации. Только в южных прудах внесение селитры дает прирост денитрификации. Комбинированные минеральные удобрения не усиливают денитрификацию.

### **Денитрификация в установке замкнутого типа (УЗВ).**

*Пассивная денитрификация в УЗВ* – это денитрификация, протекающая в бедной кислородом среде в присутствии окисляемого углерода и неорганических азотсодержащих веществ. Можно предположить, что такие условия ограничиваются специфическими микросита-

ми, которые существуют в большинстве УЗВ. В исследовательской работе с использованием капельного биофильтра денитрификация отмечена в отдельных зонах биопленки. По данным микродатчиков эта активность наблюдается на глубине 0,2–0,3 мм над поверхностью биопленки. Глубина зоны денитрификации диктуется концентрацией растворенного кислорода и доступностью органической материи. Аммоний снижает скорость усвоения нитрата и повышает его доступность для денитрификации. Количественному расчету протекания пассивной денитрификации в рециркуляционных системах посвящено мало исследовательских работ. Этот процесс оценивался на основе баланса масс и изотопов основного пула азотсодержащих соединений, и для культуры красного горбыля (*Sciaenops ocellatus*) в УЗВ снижал содержание азота на 9–21 %. Данные подкрепились исследованиями морской системы по выращиванию креветок, в которой, используя масс-спектрометр с мембранным вводом пробы, было отмечено существенное снижение нитрата в субстрате нитрифицирующего фильтра и осадке на выходе из системы. Дополнительные свидетельства того, что субстрат нитрифицирующего фильтра обладает денитрификационным потенциалом, получены при изучении биореактора с подвижным слоем в УЗВ, где выращивался золотистый спар (*Sparus aurata*).

*Индукцированная (вызванная) денитрификация в пресноводной УЗВ.* Изучение реакторов данного типа стартовало в Германии. Meske включил резервуар с активным илом в экспериментальную УЗВ для выращивания обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio*). Позднее ряд исследователей создавали подобные системы с добавлением или без добавления внешних источников углерода. Активность денитрификации в колоннах с неподвижным слоем наполнителя изучалась в работах Abeysinghe (1996) и Suzuki (2003). В качестве источника углерода они вносили метанол. Денитрификация с вовлечением только эндогенных источников углерода рассматривалась в пресноводной УЗВ с тилапиями (Shnel et al., 2002). В этих исследованиях углеродистые вещества выделялись при распаде эндогенных углеродсодержащих соединений и выступали «топливом» на этапе денитрификации в аноксических условиях в бассейне для перегнивания и реакторе с псевдооживленным слоем. Возможность использования эндогенной ферментации с образованием источников углерода для денитрификации в УЗВ также рассматривалась Phillips (1998).

*Индукцированная денитрификация в морских рециркуляционных системах.* Пионерские работы с морскими замкнутыми системами,

предназначенными для культивирования лосося, проводились Meade с коллегами (Meade, 1973; Meade and Kenworthy, 1974). Удаление нитрата в этих системах изучалось Balderston и Sieburth. Авторы использовали экспериментальные колонны с неподвижным наполнителем, питаемым метанолом. Спин-офф системы успешно использовались в морских УЗВ для выращивания головоногих моллюсков (Whitson et al., 1993; Lee et al., 2000). Реакторы с неподвижным наполнителем, питаемые различными внешними источниками углерода, изучались многими исследователями с вовлечением многих морских организмов. Питаемые крахмалом биореакторы для денитрификации с подвижным наполнителем применялись в культивировании золотистого спара (*Sparus aurata*) (Morrison et al., 2004). Крупные узлы для денитрификации в течение нескольких лет успешно обрабатывают воду общественных аквариумов в штате Нью-Джерси (общий объем – 2,9 млн. литров) и Living Seas в центре EPCOT во Флориде (общий объем – 23 млн. литров). Денитрификация в этих системах осуществляется подводным реактором и реактором с псевдооживленным слоем и индуцируется внесением метанола (Grguric and Coston, 1998; Grguric et al., 2000). Целесообразность внедрения денитрификации в морскую УЗВ продемонстрирована на культуре золотистого спара. Она протекала в бассейне для перегнивания и реакторе с псевдооживленным слоем только на эндогенных источниках углерода (Gelfand et al., 2003). Удаление нитрата при этом происходило гетеротрофными и автотрофными денитрифицирующими бактериями. Химический анализ превращения серы и микробиологический анализ бактериальных популяций показали, что сульфид, образующийся при редукции сульфата в анаэробных частях бассейна для перегнивания, вновь окисляется автотрофными денитрифицирующими бактериями. Потери щелочности на этапе нитрификации полностью восполнялись на этапе аноксической обработки (Gelfand et al., 2003). Сравнительно недавно Tal и Schreier (2004) доложили об удалении нитрата автотрофными денитрификаторами на восстановленных соединениях серы. При этом экспериментальная УЗВ предназначалась для культивирования золотистого спара.

Окисление органического углерода и донора электронов и последующая редукция нитрата до молекулярного азота потребляет около 70 % всей энергии, полученной от кислорода как конечного акцептора электронов. Высокая скорость удаления нитрата обеспечивается этими энергетически эффективными процессами в благоприятных условиях. Как отмечалось ранее, информация о денитрификации в УЗВ крайне

скудна, а скорости удаления нитрата в реакторах изучались лишь в нескольких исследованиях. Некоторые работы предоставили достаточно информации для расчета этой скорости, другие, напротив, недостаточны. Значительные различия значений, вероятно, вызваны различиями операционных параметров, конфигурацией системы, типом донора электронов, степенью восстановления соединений реакторов, концентрацией нитрата в поступающей воде. Между системами, в которых для питания денитрификации вносились внешние источники углерода, и системами, в которых использовались только эндогенные источники, не было обнаружено различий скорости протекания данного процесса. Кроме того, нет существенных различий в работе реакторов в пресноводной и морской системах. Важно отметить, однако, что из-за различий операционных параметров этих систем такие сравнения сложно реализуемы.

### **Железобактерии.**

В изучение железобактерий, как и нитрифицирующих и серобактерий, огромный вклад внес С. Н. Виноградский. Он открыл химизм бактерий, что явилось величайшим открытием XIX века.

В водоемах, содержащих в растворе соединения железа, живут и развиваются железобактерии. Поэтому в таких водоемах на дне наблюдаются осадки цвета ржавчины.

Железобактерии каталитически ускоряют окисление  $Fe^2$  и  $Fe^3$  и вызывают выпадение в осадок гидроокиси железа.

Железобактерии развиваются с содержанием Fe от 0,2–0,3 до 10–30 мг/л. Железобактерии развиваются даже там, где железо не обнаруживается в воде методами химического анализа. Железом богаты грунты, и при заилении грунтов водоемов на дне идут процессы минерализации органических соединений с выделением углекислоты и сероводорода. Сероводород восстанавливает окисленные формы железа. Углекислота растворяет эти восстановления. Соединения железа образуют бикорбанат закиси железа, а он уже потребляется железобактериями.

Железобактерии вертикально перемещаются в водоеме: ночью – ко дну, где много закиси железа, днем – кверху, где теплее и больше кислорода. Для железобактерий важна реакция воды. Щелочная реакция не пригодна для железобактерий, им нужен кислород. По морфологическим признакам железобактерии относятся к двум порядкам: одиноким и нитчатые (длина до 500 м, а длина на образуемых ими железистых фулгарах до 1 см).

По мере старения и уплотнения футляров нити в них передвигаются и могут покинуть старые футляры и начать выделять новые. Нити свободноплавающие, хорошо крепятся к пластинкам обрастания.

Второй вид железобактерий дает более короткие нити с более короткими футлярами.

Железобактерии часто селятся на поверхности нитчатых водорослей. Есть одноклеточные растения железобактерий бобовидной или палочковидной формы и кокковые. Они на растениях образуют ржавый налет. Железобактерии могут прикрепляться к голове, жабрам и в полости рта молоди рыбы, вызывая механические раздражения кожи, которые могут привести к гибели мальков.

Процесс рудообразования железомарганцевых руд происходит в озерах, морях, океанах. Руда находится в виде налетов, конкреций.

Микроорганизмы, образующие в илах водоемов железомарганцевые конкреции, разнообразны. Лучше изучен вид марганцевоокисляющих – микроб металлогениум, имеющий вид паучков 10–15 мм. Они поглощают из воды закись марганца, окисляют ее и в виде чехлика откладываются вокруг нити. В образовании конкреций принимают участие железобактерии типа пептотрикс и галионелл (микоплазмы).

Нужно отметить, что в мелководных участках водоемов фильтраты профильтровывают (выедают бактерии) полностью весь объем воды водоема за несколько суток.

Воды глубокого океана профильтровываются животными полностью за 4–5 лет. А фекалии фильтратов осаждаются на конкреции и постоянно концентрируют рудообразующие материалы.

### **Круговорот серы.**

Круговорот серы в водоемах осуществляется в основном бактериями. В процессе круговорота сера образует сероводород, который со многими металлами образует нерастворимые соединения, т. е. формируются донные осадки и в целом осадочные породы. Основным источником образования сероводорода в водоемах является процесс восстановления сульфатов сульфатредуцирующими бактериями. Эти анаэробные бактерии используют кислород сульфатов для дыхания, выделяя  $H_2S$ . Процесс идет в грунтах, где есть достаточно органического вещества, анаэробные условия и при замедленном водообмене. Результат процесса – это черный цвет толщи озерных илов, вызванный образованием сульфида железа.

Происходящий в грунтах процесс осаждения  $H_2S$  в виде сульфидов железа и даже кальция снижает его токсичность и связывает в состав

осадков. Наличие такого запаса сульфидов в грунте всегда представляет собой угрозу для кислородного режима водоема и его фауны. Изменение рН грунта в кислую сторону, например, под влиянием накопления  $\text{CO}_2$  при распаде остатков фитопланктона после его «цветения», приводит к разложению сульфидов и появлению свободного  $\text{H}_2\text{S}$  в грунте и придонном слое. Возникают летние «заморы» рыбы.  $\text{H}_2\text{S}$  в водоемах накапливается в итоге деятельности двух групп бактерий: гнилостных, выделяющих  $\text{H}_2\text{S}$  при разложении белковых веществ, и сульфатредуцирующих, восстанавливающих сульфаты воды и ила. Эта группа наиболее значительна.

К 1-й группе относятся гнилостные микроорганизмы, 2-й группе принадлежит основная роль в накоплении сероводорода в Черном море (94–96 % от всего сероводорода). И в пресноводных водоемах бактерии этой группы вызывают резкое изменение газового состава в водоемах.

Сульфатредуцирующие бактерии представляют собой подвижные вибрионы размером  $2,0 \times 4,0 \times 0,7 - 0,9$  мкм. Выделяемый бактериями сероводород вступает во взаимодействие с соединением Fe, ввиду чего колонии этих бактерий приобретают черную окраску и среда вокруг диффузно чернеет. Поэтому ил в водоемах топи черный. В пресноводных водоемах сульфатредуцирующие бактерии находятся преимущественно в донных отложениях. Приток сульфатов и органических веществ в таких водоемах резко повышает количество сульфатредуцирующих бактерий (сточные воды сульфатцеллюлозных заводов). Особенно усиливается десульфатизация при залитии почв с нетронутым травяным покровом. В этом случае может быть более или менее длительное нарушение нормального кислородного режима. Восстановление сульфатов – грозное следствие эвтрофикации озер и морских лагун. Эвтрофикация – возрастание естественной продуктивности водоемов под влиянием сброса в них бытовых и промышленных сточных вод. Возрастание запаса биогенов в водоемах вызывает усиление развития фитопланктона (цветение воды). Чаще эти водоросли несъедобны для зоопланктона и не включаются прямо в пищевую цепь, а, постепенно разлагаясь, оседают на дно и портят качество воды.

В водоемах, где идет выделение  $\text{H}_2\text{S}$ , появляются бактерии, окисляющие этот ядовитый газ: серобактерии и тиобактерии. При распаде  $\text{H}_2\text{S}$  накапливается сера внутри серобактерий в виде запасного питательного вещества. При уменьшении содержания  $\text{H}_2\text{S}$  в воде сера мо-

жет окисляться дальше до серной кислоты, затем кислота тут же связывается основаниями.

Серобактерии бывают двух групп: *бесцветные* и *пурпурные*.

Бесцветные – нитчатые серобактерии (длиной до 1 мм), имеются одноклеточные. Пурпурные представлены большим видовым разнообразием. Лучше развиваются на свету. Слои пурпурных бактерий разделяют водоем на слои: нижний – с  $H_2S$  и верхний – свободный от него.

### **Процесс мобилизации фосфора.**

Фосфор в водоемах бывает в ничтожно малых концентрациях, что сдерживает развитие фито- и бактериопланктона. После заполнения водой прудов, то небольшое количество фосфора, которое имеется обычно, исчерпывается фитопланктоном и донными растениями, что приводит к P-недостаточности. Но фосфорные соединения, внесенные по воде, быстро поглощаются грунтом, связываясь там окислами алюминия и железа в не растворимые в воде соединения. Также при внесении органических удобрений в водоем и при отмирании растительных и животных организмов фосфор их тканей должен освободиться, чтобы вступить в круговорот веществ. Для нерастворимых соединений и освобождения фосфора из отмерших остатков имеются группы микробов:

1-я группа – растворяют нерастворимые минеральные соединения фосфора;

2-я группа – освобождают фосфор из органического соединения.

Растворять нерастворимые минеральные соединения фосфора способны нитрифицирующие и тиобактерии, в результате чего образуются кислоты.

Количество фосфорных бактерий воды и грунтов зависит от удобрений и может достигать десятки тысяч. Микробы, отщепляющие фосфор от органических соединений, более многочисленны (неспорозные и спорозные палочки и некоторые дрожжевые грибы).

Внесение растительной массы увеличивает количество таких микробов. Освобожденные бактериями фосфаты быстро поглощаются планктонными водорослями для своего развития. Внесенные фосфорсодержащие минеральные удобрения воздействуют на обе группы фосфорных микробов: в 1-й группе резко возрастает их количество; в 2-й группе увеличивается количественно вслед за лучшим развитием и затем обильным отмиранием фитопланктона. Идет вторичное увеличение содержания фосфатов в водоемах. Они опять поглощаются водорослями, и круговорот продолжается.

### **Удобрение и ил прудов.**

В пруду удобрения действуют несколько иначе, чем в наземном биоценозе: меньшая часть вносимых веществ используется высшими растениями, а большая, попадая в толщу воды, потребляется бактериями и водорослями. За счет интенсивного развития бактерий и фитопланктона происходит массовое увеличение зоопланктона и бентоса, служащих основным кормом рыб, т. е. пищевая цепь в водоеме значительно длиннее, чем в наземном биоценозе, и удобрения в ней действуют в первую очередь на бактерии. Из минеральных удобрений используют фосфатные, калийные, азотные, кальциевые.

Ил дна водоемов обладает высокой адсорбирующей способностью. Особенно быстро поглощает фосфорные удобрения (через 8 дней в толще воды остается только около 3 % от внесенного количества). Калийные удобрения медленно адсорбируются илом: на этот процесс уходит примерно 3 недели. Но захваченные илом вещества не пропадают, они постепенно попадают в воду. Поэтому эффект повышения рыбопродуктивности от внесения удобрений наблюдается даже в два последующих года. Велика роль фосфора в формировании скелета рыбы. Но следует помнить, что соли железа водоема отрицательно действуют на суперфосфат и переводят его в почти нерастворимую соль, которая откладывается на дне пруда. Хорошие результаты дает удобрение прудов с илистыми почвами, лежащими на глинистом основании. Самое главное, чтобы в пруду было много кальция, тогда поглощенные фосфорные удобрения не дают труднорастворимых соединений.

Пруды с кислыми водами на болотных почвах лучше удобрять пемфелином, отходом получения апатитового концентрата, но пригодна и самая обычная печная зола.

## **2.3. Микрофлора воды рыбоводных прудов**

### **Роль микрофлоры в продуктивности водоемов.**

Микробиологические исследования на разных водоемах позволяют установить закономерности, показывающие значение микробного населения для продуктивности водоемов.

Величина биомассы бактерий в водоеме, размеры ее продукции определяют пищевые ресурсы водных животных не в меньшей, а может быть, в большей степени, чем фитопланктон. Широкое использование бактерий водными животными уже не требует доказательств, как и

положение о том, что бактерии представляют существенное звено в трофических цепях водоемов. Через бактериальное звено водными животными используется огромное количество высшей водной растительности, растворенные органические вещества и значительная часть биомассы отмирающего фитопланктона. Общая численность бактерий, их биомасса, размеры клеток, темпы их размножения, состав бактериальных ценозов, направление микробиальных процессов – все это определяет продуктивность водоема. В более продуктивных водоемах численность и биомасса бактериопланктона значительно выше по сравнению с низкопродуктивными водоемами.

Связь общей численности бактерий с продуктивностью выявляется и в различных зонах одного и того же водоема: в зонах более продуктивных (мелководье и зоны зарослей) и биомасса бактерий всегда выше. Развитие бактерий в зонах зарослей определяется более высоким содержанием растворенных органических веществ, их составом, наличием биогенов.

Высокая биомасса бактерий в более продуктивных зонах водоемов определяется большими размерами клеток одинаковых видов развивающихся здесь бактерий и развитием в водоемах с более высоким содержанием органических веществ и биогенов видов, имеющих более крупные клетки, т. е. в благоприятных условиях микроорганизмы крупнее, а в условиях недостатка питательных веществ они мельче. Также темпы воспроизводства бактерий и, следовательно, размеры продукции бактериального белка значительно выше в обогащенных органическими веществами и биогенами водах. Время генерации бактерий в водоемах различной трофики приведено в табл. 1.

Таблица 1. **Время генерации бактерий водоемов**

Водоемы	Время генерации, часы
Озера:	
эвтрофные, мелководье	2,1–4,2
эвтрофные, открытая вода	5,1–21,5
олиготрофные, мелководье	5,2–16,7
олиготрофные, открытая вода	12–72
Пруды:	
высокопродуктивные	1,2–6,2
низкопродуктивные	5,2–37

Время генерации бактерий оказывается наиболее коротким в высокопродуктивных прудах, где выше содержание и легкоусвояемых ве-

ществ, и биогенов. При столь коротком времени генерации, составляющем 1,2 часа, оборачиваемость бактериальной массы доходит до 18 раз в сутки.

#### **Классификация водоемов по их трофности.**

Интенсивность жизненных процессов в водоеме зависит в основном от поступления в водную массу биогенных элементов: азота, фосфора и т. п., а не от их аналитически определяемого содержания.

При малом поступлении в водоем биогенных элементов обычно наблюдается слабое развитие фитопланктона. Последнее в общем случае обуславливает и низкую первичную продукцию органического вещества. Это, в свою очередь, накладывает отпечаток на весь цикл жизненных процессов в водоеме. Поглощение кислорода идет слабо, и даже к осени содержание его в гипolimнионе (нижний, глубинный горизонт воды) соответствует 60–70 % от полного насыщения. Прозрачность воды большая, гуминовые вещества отсутствуют или находятся в минимальных количествах. Это олиготрофный тип водоема со значительными глубинами. Береговая растительность развита слабо. Граница между береговой областью и глубинной резко выражена.

В олиготрофных, малопродуктивных водоемах, где первичная продукция в поверхностном слое воды (эпилимнион) составляет в среднем  $0,1-0,5 \text{ г/м}^2$ , общая численность микробов колеблется в пределах  $0,1-0,5 \text{ млн/мл}^3$  и суточная продукция –  $0,01-0,1 \text{ г/м}$ . В этих водоемах микробы являются дополнительным источником питания фильтрующего зоопланктона к основному источнику – фитопланктону.

К противоположному (эвтрофному) типу следует отнести водоемы с обильным поступлением питательных биогенных веществ. Обычно это более мелкие водоемы, в которых водная масса гипolimниона мала по сравнению с эпилимнионом. Развитие фитопланктона летом очень сильное, прозрачность воды небольшая. Цвет воды от зеленого до бурозеленого. Кислород в гипolimнионе исчезает в начале летней или зимней стагнации (температурная стратификация). Вода таких водоемов летом хорошо прогревается. Суточная продукция фотосинтеза здесь составляет 2–8 г биомассы под  $1 \text{ м}^2$ , общее число бактерий колеблется в пределах 2–6 млн. в 1 мл, их биомасса –  $2-5 \text{ г/м}^3$  и суточная продукция –  $2-4 \text{ г/м}^3$ . Таким образом, в этих водоемах фильтрующие беспозвоночные могут питаться одним бактериопланктоном. Водоемы, где вышеперечисленные показатели выражены некоторыми промежуточными величинами, принято называть меготрофными. В них суточная продукция фитопланктона равна  $0,5-2 \text{ г биомассы под } 1 \text{ м}^2$ , общее

число микробов составляет 0,8–2 млн. в 1 мл, их биомасса – 0,5–1,5 г/м<sup>3</sup> и суточная продукция – 0,4–1,2 г/м<sup>3</sup>.

Наблюдая за сезонным ходом изменений бактериальной массы, исследователи отмечали, что максимумы бактериальной биомассы и продукции имеются в периоды отмирания и распада массы фитопланктона, которая накапливается в водоеме во время его цветения. Второй максимум продукции бактерий отмечен во время массового отмирания сине-зеленых водорослей. Следом идет максимум инфузорий, затем максимум зоопланктона, служащего кормовой базой для подрастающей молоди рыб.

Как в олиготрофных, так и в мезотрофных водоемах в условиях летнего температурного расслоения воды на глубинах, соответствующих наибольшим градиентам температуры или плотности воды (стратификация), образуются слои, обогащенные микрофлорой и фитопланктоном. В этих слоях даже олиготрофных водоемов общее число микробов может повышаться в 3–5 раз, достигая 1 млн/мл. В водоемах, имеющих бескислородную зону в толще воды или у дна, у верхней границы этой бескислородной зоны всегда наблюдается значительный максимум концентрации микробов. Здесь развиваются в массе хемосинтезирующие бактерии. Они окисляют восстановленные неорганические продукты распада органического вещества, такие как водород, метан, сероводород, аммоний, и за счет выделяющейся энергии синтезируют вещества своего тела из углерода углекислоты. В слое интенсивного хемосинтеза у верхней границы бескислородной зоны всегда скапливается значительное количество зоопланктона, питающегося бактериями, – инфузории, дафнии и питающиеся ими хищные рачки циклопы.

Стратификация обычно наблюдается, если глубина водоема составляет не менее 10 м.

Первой четко выраженной экологической нишей в верхнем слое воды является ее поверхностная пленка. В ней концентрируются питательные вещества. Здесь и скапливаются микроорганизмы, прежде всего бактерии, концентрация которых в поверхностном слое во много раз выше, чем в подлежащем слое воды. Здесь идет синтез органического вещества в результате фотосинтеза водорослями и цианобактериями. Оседающие на дно отмирающие организмы и остатки разлагаются, на что требуется O<sub>2</sub>, и создают в результате у дна анаэробные условия. Окисление растворимого метана метиловыми бактериями часто

является основным процессом, в котором потребляется кислород. Продукты брожения, в том числе водород, служат субстратами для сульфатредукторов, деятельность денитрифицирующих бактерий приводит к накоплению нитритов.

В нижнем слое происходит бурное развитие анаэробных фототрофных бактерий, главным образом пурпурных. Образующиеся в процессе фотосинтеза элементарная сера и сульфаты тут же используются сульфатредуктазами.

В настоящее время распространен процесс эвтрификации (хорошее питание) водоемов, связанный с человеческой деятельностью. Иногда это приводит к катастрофическим последствиям, особенно при массовом развитии цианобактерий, вырабатывающих токсины.

#### **Видовой состав бактериального населения водоемов.**

В бедных питательными веществами водах олиготрофных озер ценозы бактерий однообразны и представлены небольшим количеством видов; в водах с высоким содержанием питательных веществ ценозы бактерий состоят из разнообразных представителей различных морфологических групп бактерий: разнообразных палочек, множества кокков и диплококков, спирилл различной формы, большого количества клеток азотобактера, различных дрожжей, серобактерий, нитевидных форм и др. Даже в одном и том же водоеме ценозы бактерий разнообразнее и богаче в биотопах с более высоким содержанием питательных веществ, как, например, в зонах зарослей.

Характеризуя отдельных представителей микрофлоры водоемов, можно отметить, что наряду с одиночными бактериями в водоемах живут многочисленные колониальные организмы. Они представляют собой длинные нити соединенных вместе клеток. Одни виды нитчатых бактерий свободно плавают в воде, другие прикрепляются к различным субстратам.

В меньших количествах находятся в водоемах лучистые грибы – актиномицеты. Актиномицеты образуют одноклеточный ветвящийся мицелий, на концах нитей которого на специальных воздушных ветвях (спороносцах) образуются споры.

Встречаются в водоемах микобактерии, размножающиеся делением и почкованием. Они проходят определенный цикл развития. На молодых стадиях – это палочки, имеющие неправильные, искривленные контуры. На более поздних стадиях палочки укорачиваются и принимают кокковидную форму. У некоторых видов внутри клетки образуются споры.

Богаты водоемы разнообразными видами грибов. Наиболее многочисленны из них – дрожжевые. Дрожжевые грибы, обитающие в водоемах, представляют собой круглые, овальные или слегка вытянутые клетки, размножающиеся почкованием. Клетки дрожжей значительно крупнее клеток бактерий. Колонии дрожжей могут быть бесцветны или окрашены в розовые, красные или черные тона.

Многочисленными видами представлены в водоемах дрожжеподобные и несовершенные грибы. Дрожжеподобные грибы образуют многоклеточный мицелий, от нитей которого отделяются многочисленные почкующиеся клетки.

У других видов мицелий распадается на клетки, размножающиеся почкованием и делением. К несовершенным грибам относится большое число видов водных грибов. Они образуют многоклеточный мицелий и различные конидии.

В водоемах всегда находятся и различные представители плесневых грибов. Все плесневые грибы образуют мицелий и различные органы плононошения (пеницилл, аспаргелл, мукор).

В водоемах могут находиться и ультрамикроскопические вирусы бактерий – бактериофаги. Фаги вызывают гибель и распад разных видов микроорганизмов. Каждый фаг действует только на определенную группу видов или даже на один вид микробов. Накапливаясь в водоемах, они могут вызывать растворение (лизис) отдельных видов или групп микробов.

По мнению некоторых исследователей, наибольший интерес представляет не процентное соотношение отдельных видов бактерий, выделенных из водоема, а количественное отношение споровых и бесспорных форм в самом водоеме. Исследования подтверждают, что количественное соотношение бесспорных и спорных форм сапрофитных бактерий хорошо увязывается со степенью трофии самого водоема.

Наибольшее количество бесспорных форм встречается в эвтрофных водоемах (с высоким уровнем трофности), их больше как в абсолютном количестве, так и по отношению к спорным формам. Количество последних не превышает 10 %.

Большинство исследований микрофлоры водоемов было сконцентрировано на изучении сапрофитной микрофлоры. О частоте встречаемости в водоемах представителей отдельных семейств бактерий можно судить по данным, приведенным в табл. 2.

Таблица 2. Частота встречаемости отдельных бактерий в водоемах

Физиологические группы	Физиологические семейства	Частота встречаемости
Аммонификаторы	<i>Bacillaceae</i>	+++
	<i>Bacteriaceae</i>	++
	<i>Beudomonadaceae</i>	++
	<i>Micrococcaceae</i>	+++
	<i>Mycodacteriaceae</i>	+++
Денитрификаторы	<i>Pseudomonadaceae</i>	++
Нитрификаторы	<i>Nitrobacteriaceae</i>	+
Азотфиксаторы	<i>Azotobacteriaceae</i>	+
	<i>Clostridium</i>	++
Серобактерии	<i>Chromothiceae</i>	++
	<i>Achromathiceae</i>	+
	<i>Thiobacillaceae</i>	++
Десульферирующие	<i>Desulfovibriodesulfurifcns</i>	+
Железобактерии	<i>Chlamidobacteriaceae</i>	+
	<i>Gallionella</i>	+
	<i>Siderocapsceae</i>	++
	<i>Hyphomicrobiales</i>	++
Разрушающие органические вещества типа углеводов	<i>Spirochaetaceae</i>	++
	<i>Bacillaceae</i>	+
	<i>Mycobacteriaceae</i>	+
Разрушающие углеводороды	<i>Bacteriaceae</i>	+
	<i>Pseudomonadaceae</i>	+
	<i>Mycobacteriaceae</i>	++

Большинство этих форм одинаково часто встречается как в олиготрофных, так и в эвтрофных водоемах. Большинство бактерий является бесспорными палочками.

В мезотрофных водоемах (средний уровень трофности), где первичная продукция меньше и интенсивность круговорота органического вещества ниже, количество бесспорных форм падает и вследствие этого относительно возрастает число спорных.

В водоемах дистрофного (олиготрофного) типа (низкий уровень трофности), для которых характерно повышенное содержание в воде трудноусвояемой части растворенного органического вещества, в большинстве случаев количество спорных форм возрастает не только

относительно, но и абсолютно. Указанные соотношения иллюстрируются данными табл. 3.

Таблица 3. **Микробиологическая характеристика поверхностной воды водоемов различной степени трофии (по С. И. Кузнецову)**

Тип водоема	Номер водоема	Общее число сапрофитов в 1мл	Общее число споровых сапрофитов в 1 мл	% споровых от общего числа сапрофитов
Эвтрофный	1	124	9	7,3
	2	154	15	9,7
	3	800	21	2,7
	4	190	5	2,4
Мезотрофный	5	46	11	24
	6	31	7	22,6
Олиготрофный Дистрофный	7	7	0,5	7
	8	61	20	33
	9	13	11	85

### **Особая роль бактерий в жизни водоемов.**

Пищевое значение детрита для водных животных известно давно. Детрит, находящийся в прибрежной зоне и придонных слоях, представляет собой взвешенные органические частицы (размером от 10×40 мк), образующиеся в результате отмирания планктонных организмов и при распаде фекалий животных. На детрите выкармливается огромное количество планктонных и донных животных. Но в пищевой ценности детрита важное значение имеет его бактериальное население. Количество микробов на частицах детрита огромно – до 45 млрд. клеток на 1 г сырой массы. Частицы детрита – это субстрат для развития богатейшего и сложного по составу мира микроорганизмов, место высокой активности микроорганизмов на границе раздела вода – оформленное вещество. На детрите микроорганизмы находятся как обособленно, так и в виде микроколоний. Все вышесказанное объясняет высокое пищевое значение детрита для позвоночных фильтратов.

В состав клеток микробов входят те же биогенные элементы и микроэлементы, что и в состав клеток высших растений и животных. Это обеспечивает полноценность бактериальной биомассы, как пищи водных животных.

Цитоплазматические мембраны микробов своими ферментативными системами обеспечивают активный перенос через клеточные стенки молекул питательных веществ. Поэтому микробные клетки способ-

ны потреблять питательный субстрат, присутствующий в очень малых концентрациях, недоступных другим организмам (1–5 мг/г). И хотя растворенные органические вещества составляют до 92,5 % от общего их содержания, только около 7,5 % приходится на тела животных и растений. Тем не менее концентрация растворенных веществ в воде не достигает такого уровня, чтобы беспозвоночные животные могли использовать их в своем питании. И только микроорганизмы способны их потреблять, переводя в состав белков своего тела с высокой биологической ценностью. Таким образом, микробы являются промежуточным звеном между мертвым органическим веществом и животным населением водоема.

Особенно существенна роль микроорганизмов в продуктивности водоемов, расположенных в районах водосборной площади, богатой органическим веществом, а также получающей значительное его количество со стоков с суши.

В рыбоводных прудах общее число микробов обычно составляет 3–6 млн в 1 см<sup>3</sup>, а их биомасса – 2–8 г/м<sup>3</sup>. При усиленном удобрении прудов органическими удобрениями (навозом, травой) и при интенсивном кормлении рыбы биомасса микробов может достигать 30 г/м<sup>3</sup>. Тем самым адекватно активизируются процессы распада органических веществ, что повышает интенсивность обменных процессов в водоеме.

Следует отметить, что биомасса планктонных водорослей (фитопланктон) в прудах составляет обычно 5–20 г/м<sup>3</sup>. И, таким образом, биомасса бактерий в прудах соизмерима с биомассой планктонных водорослей.

Скорость размножения микробов (время удвоения численности) составляет в среднем 10–15 часов. Уже через сутки потомство одной бактерии будет составлять  $281 \cdot 10^{11}$  КОЕ. И в прудах с относительно высокими температурами воды на фоне большого количества доступных микробам органических соединений темпы размножения их относительно долгое время могут быть близкими к максимальным значениям, указанным выше. В результате продукция микробов может составлять 5–10 г/м<sup>3</sup> биомассы в сутки, что практически соизмеримо с продукцией фитопланктона в прудах, которая в среднем равна 5–15 г/м<sup>3</sup>.

Источником энергии для создания бактериальной продукции служат, с одной стороны, органическое вещество отмирающего фитопланктона и, с другой – органика высшей водной растительности. Еще одной, имеющей огромное значение особенностью микробов вообще и

микроорганизмов водоемов в частности, является их способность осуществлять даже при малой биомассе весьма значительные по масштабам превращения. Способность микробов перерабатывать огромные количества питательных веществ определяется их малыми размерами и осмотическим питанием. Количество веществ, поступающее в клетку, тем больше, чем больше поверхность, через которую идет осмос, и чем больше отношение поверхности к объему. Отношение поверхности тела к его объему тем больше, чем меньше размеры тела, что и имеет место у микробов. Известно, что бактериальная клетка за сутки перерабатывает количество пищи, в 25–30 раз превышающее ее собственную массу. Эта высокая энергия микробов позволяет им в течение геологических периодов разрушать гранитные скалы, известняки, песчаники.

В итоге деятельности микробов возникли залежи селитры, колоссальные залежи торфа, каменного угля, нефти, горючих сланцев, образовались лечебные грязи. Озерная и болотная железная руда – результат деятельности микробов.

#### **Вертикальное распределение микроорганизмов в толще воды.**

В зависимости от особенностей расположения и водоснабжения прудов вертикальное распределение бактериопланктона в них может быть различным. Как известно, интенсивность всех микробиологических процессов зависит в большей степени от температуры окружающей среды и изменяется примерно в 2,5 раза в ту или другую сторону в зависимости от повышения или понижения температуры воды на 10 °С. Отсюда вертикальное распределение микробов в водоемах наиболее характерно бывает выражено в летний период в водоемах с достаточно четко выраженными слоями температурного скачка. В олиготрофных, глубоких водоемах больше всего микробов встречается в поверхностном слое воды и количество их резко падает в глубинных слоях воды. В мезотрофных и эвтрофных водоемах, которые редко достигают большой глубины, распределение микробов по вертикали бывает более или менее равномерное, хотя и выражается значительно большими величинами, чем в олиготрофных водоемах. Хотя в период массового отмирания планктона значительное увеличение количества микробов может наблюдаться в зоне температурного скачка или в придонных слоях водоема.

Вертикальное распределение бывает также весьма различным в зависимости от характерных особенностей водоема или в зависимости от времени года. В глубоких водоемах колебание численности микробов

происходит лишь в поверхностном трофическом слое. А на больших глубинах количество микробов в течение всего годового цикла практически остается постоянной величиной. По-видимому, все процессы распада органического вещества отмершего планктона заканчиваются прежде, чем частички детрита успевают опуститься до больших глубин.

В прудах, расположенных в сильно пересеченной местности или питающихся водой горных рек, количество бактериопланктона может уменьшаться в направлении от поверхности ко дну. Это связано с поступлением в водоемы при ливнях и паводках большого количества взвешенных веществ и почвенных частиц с окружающей территории. Отмеченные закономерности относятся в основном к изменению общего числа микроорганизмов в толще воды водоемов. Вертикальное распределение микроорганизмов основных фитологических групп, принимающих участие в круговороте биогенных элементов, и степени зависимости вызываемых ими процессов от гидрологических и других условий практически не изучены.

При изучении вертикального распределения микробов в прудах первая проба берется с глубины 20 см от поверхности воды, а последняя – на уровне 20 см от дна.

Имеются сообщения (А. Ф. Антипчук, 1979) о том, что в рыбоводных прудах на микроорганизмы влияют не только прозрачность воды, бактерицидное действие света и содержание органических веществ, как это проявляется в озерах, но и фито- и зоопланктон. Причем с глубиной влияние сине-зеленых водорослей уменьшается, а зоопланктона увеличивается.

Глубина прудов обычно незначительна, поэтому в вертикальном распределении отдельных химических элементов больших различий не наблюдается, что обуславливает и аналогичное распределение микроорганизмов.

#### **Влияние факторов внешней среды на численность и видовой состав микрофлоры водоемов.**

Огромное значение для развития микробов в водоемах имеют количество и природа *органических веществ* водоемов. Микробный синтез резко усиливается с притоком в водоем легко разлагаемых органических веществ. Такие вещества вносятся с навозом, растительной массой, азотными, фосфорными удобрениями, кальцием. Допустим, что при систематическом внесении кальция небольшими дозами усиливаются азотфиксация и нитрификация. Весьма интересен вопрос

концентрации и природы органических веществ в водоемах. Отдельные исследователи отмечают, что максимальная концентрация питательных органических веществ, необходимая для размножения сапрофитов, колеблется от 0,001 до 0,01 %, т. е. от 10 до 100 мг на 1 л. Хотя известно, что содержание органического вещества в воде морей в большинстве случаев меньше 5 мг/л, однако при длительном хранении морской воды в лабораторных условиях число даже сапрофитных бактерий в ней возрастает от сотен до нескольких миллионов в 1 мл, что сопровождается потреблением кислорода, выделением углекислоты и аммиака, восстановлением нитратов и другими биохимическими изменениями среды.

Затем появились сообщения о более низких пороговых величинах (ниже 0,1 мг/л) содержания органического вещества, способного активизировать размножение бактерий.

Необходимо отметить, что в естественных водоемах развитие бактерий зависит не столько от общего содержания органического вещества, сколько от содержания той его части, которая усваивается микробным населением.

Следующим фактором, имеющим значение для развития микробов и направленности микробиологических процессов в прудах, является *содержание кислорода*. Кислород в воду поступает из атмосферы, другим же источником кислорода является фотосинтез водорослей и высших растений. Содержание и растворение кислорода в воде обуславливается температурой воды, наличием ветрового перемешивания и интенсивностью потребления кислорода в водной массе.

Еще один фактор, влияющий на распределение микробов в водоемах, – *солнечный свет*. Известно, что наиболее сильное бактерицидное действие оказывает ультрафиолетовая часть солнечного света, однако уже 50 % действующей радиации снижается в толще первых 10 см поверхностного слоя воды. Иными словами, в условиях водоема бактерицидное действие солнечного света невелико.

Большое значение имеет *температура воды*. Большинство водных микробов лучше всего развивается при температурах 22–25 °С. Необходимо обязательно учитывать широтные особенности приспособленности микробов. Отношение микробов к температуре среды, реакция их на изменение этой температуры в прудах имеет практическое значение: скорость разложения внесенного органического удобрения различна в прудах с низкими и высокими температурами.

Температура – это один из мощнейших экологических факторов, однако ее влияние на численность микробного населения нередко является лишь одной из слагающих нескольких процессов. Так, в общей форме повышение температуры одновременно стимулирует развитие фитопланктона и усиление его фотосинтетической деятельности. Последнее, в свою очередь, ведет к обогащению водоема органическим веществом и косвенно – к увеличению числа микробов.

При этом непосредственное влияние температуры может выражаться значительно слабее, чем обогащение органическим веществом.

Влияет на развитие микробов *степень прозрачности* воды. Этим определяется глубина проникновения в водную толщу солнечного света. Как известно, ультрафиолетовая часть спектра губительно действует на подавляющее число микробов, кроме зеленых и пурпурных бактерий, локализирующих солнечный свет для синтеза.

Развитие микробов зависит также от *активной реакции среды*. Зависимость связана с разной проницаемостью клеточных оболочек при разных значениях pH. Оптимальное значение pH для разных микробов различно. Так, если дрожжи и плесневые грибы могут развиваться и при кислой реакции среды, то для нитрифицирующих микроорганизмов оптимум составляет от 6,5–8,0, для азотобактера – от 6,4–8,8. Реакция более кислая, чем 6,1, неблагоприятна для денитрифицирующих, а оптимум для них – 7,0–8,6.

Влияет на численность микроорганизмов в водоемах и *зоопланктон*. Как известно, микробы являются пищей для зоопланктона, и обе группы организмов находятся в количественном отношении между собой в прямой зависимости. Имеется даже определение количественных показателей этих взаимоотношений. Допустим, минимальная концентрация микробов, при которой дафнии еще могут развиваться, равна 50 тыс. в 1 мл. И если для водоемов олиготрофного типа, где численность микробов невелика, возможность питания бактериями еще требует определенных пояснений, то в эвтрофных водоемах фильтраторы могут сильно снижать численность микробов в воде, особенно с учетом тех громадных количеств воды, которые они профильтровывают.

### **Роль микроорганизмов в самоочищении водоемов.**

В настоящее время, в век ускоренного индустриального развития, водоемы как пресные, так и морские испытывают огромную нагрузку промышленных и бытовых сточных вод. Охрана водоемов от загрязнения становится одной из важнейших проблем.

Различают естественные загрязнения, происходящие независимо от человека, и загрязнения, связанные с деятельностью человека (отходы промышленности, радиоактивные вещества, нефтепродукты, пестициды и др.). Хотя естественные загрязнения происходят постоянно, они менее существенны в сравнении с теми загрязнениями, которые вносит человек.

В последнее время значительно возрос интерес к изучению процессов биологического самоочищения водоемов от загрязнения. Под самоочищением понимают биологические и физико-химические процессы, приводящие к восстановлению качества воды. Физико-химическое самоочищение осуществляется путем осаждения взвешенных веществ и окисления растворенных соединений кислородом, растворенным в воде.

Биологическое самоочищение водоемов является результатом жизнедеятельности целого комплекса водных организмов, которые выполняют функцию по обезвреживанию и окислительной переработке поступающих в водоем загрязняющих веществ. Начальные этапы процесса самоочищения осуществляют организмы, питающиеся растворенными органическими веществами. Это в основном бактерии, грибы и ряд простейших. Многие водные животные – низшие ракообразные и коловратки – пожирают бактерий, простейших животных и мелкий органический детрит, т. е. все то, что содержится в загрязненных водах.

Очищение воды, в том числе и сточных вод, от органических и неокисленных минеральных загрязнений с помощью микроорганизмов разделяется на анаэробное и аэробное. От участия кислорода зависит интенсивность и степень очистки. Аэробным процессам распада, как и анаэробным, подвергаются разного рода органические вещества, сбрасываемые в водоемы. Это клетчатка, фенолы и крезолы, углеводороды нефти и др. В аэробных условиях процессы разложения их происходят наиболее интенсивно и полно, чаще всего до простых минеральных соединений:  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ , нитратов и сульфатов.

Анаэробные процессы протекают в замедленном темпе, распад органических веществ, а следовательно, и очистка воды происходят значительно дольше, чем при аэробной очистке. Образующиеся продукты часто более токсичны, чем исходные. Это  $H_2S$ , меркаптаны, аммиак, низкомолекулярные жирные кислоты. Биологическая очистка сточных вод производится на специально приспособленных земельных участках – полях орошения и полях фильтрации, куда спускаются подлежа-

щие очистке воды. Просачиваясь через слои почвы, они подвергаются окислительному воздействию целого комплекса почвенных микроорганизмов, в результате чего содержащиеся органические вещества полностью минерализуются. Аналогичный процесс наблюдается при сбросе сточных вод в водоем. Микрофлора водоема окисляет весь комплекс растворенных органических соединений до минеральных продуктов.

Однако в настоящее время при высоком уровне развития промышленности и огромном количестве образующихся сточных вод естественные методы очистки в водоемах не могут быть использованы, так как это приведет к резкому дефициту кислорода в водоемах (из-за потребления  $O_2$  на окислительные процессы) и, следовательно, к вымиранию всего живого. Поэтому создаются специальные сооружения аэробной биологической очистки – биофильтры, аэрофильтры и аэротенки. Принцип очистки сточных вод в этих сооружениях тот же, что на полях фильтрации. Но благодаря созданию для микроорганизмов наиболее благоприятных экологических условий – аэрации, температуры, реакции среды, содержания некоторых солей – процесс биологического окисления идет гораздо интенсивнее.

#### **Санитарно-микробиологический контроль.**

Наряду с полезной ролью, которую играют микроорганизмы в биологической очистке воды и продуктивности водоемов, они одновременно являются и загрязнителями внешней среды. В воде могут находиться возбудители различных заболеваний: тифа, холеры, дизентерии, туляремии и др. Особенно часто они обнаруживаются в бытовых хозяйственно-фекальных сточных водах населенных мест и ряда производств: мясокомбинатов, кожевенных заводов, боен. Чтобы предотвратить попадание патогенных микроорганизмов в естественные водоемы и источники водоснабжения, необходимо знать методы санитарно-бактериологического исследования и обеззараживания воды.

Выбор эффективного средства и метода дезинфекции производится на основании особенностей биологии патогенных микроорганизмов и учета экологической среды.

Общим санитарно-бактериологическим показателем состояния среды является количество микроорганизмов в 1 мл воды (микробное число). Но более важно с санитарно-гигиенической точки зрения выявление в среде патогенных бактерий. Однако непосредственное обнаружение патогенных бактерий в таких средах, как вода, затруднено и требует длительного времени (10–12 суток). Это связано с тем, что численность патогенных микроорганизмов в естественной среде по

сравнению с численностью непатогенных (сапрофитов) очень мала. При высеве пробы на питательные среды создаются условия конкуренции между сапрофитными и патогенными бактериями, невыгодные для последних из-за их малой численности. Поэтому основной целью бактериологического исследования среды является обнаружение фекального загрязнения. Показателями фекального загрязнения служат обитатели кишечника человека, и в первую очередь кишечная палочка.

Для количественной характеристики содержания кишечной палочки в среде служат два показателя: коли-титр и коли-индекс. Под коли-титром понимают наименьшее количество исследуемого материала, в котором содержится одна кишечная палочка. Коли-индекс – это количество кишечных палочек в 1 л воды. Для перевода коли-титра в коли-индекс необходимо 1000 разделить на величину коли-титра. Вода считается пригодной для питья при коли-титре не менее 300 и коли-индексе, равном 3.

При более высоком содержании кишечной палочки применяются методы обеззараживания. Самым распространенным из них является хлорирование воды. Оно основано на том, что хлор, попадая в бактериальную клетку, вызывает в ней сильные окислительные процессы, приводящие к инаktivации ферментов и гибели ее. Такой же эффект дают и другие окислители – перманганат, озон, перекись водорода. Кроме них, для дезинфекции могут применяться любые антимикробные средства.

## 2.4. Микробиология рыбы и рыбных продуктов

Микробная обсемененность поверхности рыбы находится в прямой зависимости от количества и качества микрофлоры водоема. В теплых морях значительная часть ее является мезофильными микроорганизмами, в умеренных и холодных регионах преобладают психрофильные микроорганизмы. Кроме того, есть зависимость от солености воды, от микрофлоры (галотолерантная, галофильная или негалофильная).

Наличие патогенной микрофлоры в воде в большинстве случаев является результатом сброса неочищенных или плохо очищенных сточных вод. Это явление характерно, прежде всего, для внутренних водных бассейнов и прибрежных морских вод. В воду могут попасть кишечные палочки, энтерококки, сальмонеллы и шигеллы, *Clostridium botulinum*.

Мясо рыбы по химическому составу близко к мясу млекопитающих. Оно содержит много белков, жира и воды, но более рыхлая консистенция мяса рыбы способствует быстрому распространению микроорганизмов в ее теле. В норме мышечная ткань рыб, как и мясо животных, не содержит микроорганизмов. На поверхности чешуи, жабрах свежевывловленной рыбы обнаруживается микрофлора родов *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Vibrio* (*V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*) и др.

Контаминация рыбы начинается очень быстро после улова, преимущественно психрофильными микроорганизмами. Поэтому рыба – продукт, еще более подверженный порче, чем мясо животных.

### **Микрофлора свежей рыбы.**

Как и в случае с мясом, мышечная ткань свежевывловленной рыбы считается стерильной. Значительное число бактерий обнаруживается в покровной слизистой оболочке, на наружных жабрах и в желудочно-кишечном тракте. Число бактерий на 1 см<sup>2</sup> поверхности тела рыбы может составлять от 1·10<sup>3</sup> до 1·10<sup>6</sup> КОЕ.

Степень обсеменения зависит от окружающей среды, географического положения водоема, времени года, орудий лова и от вида рыбы. Например, в свежей морской рыбе, выловленной тралом, содержится в 10–100 раз больше бактерий, чем в свежевывловленной на удочку. Причиной является завихрение морского грунта (ила) при буксировке траля.

На поверхности свежевывловленной морской рыбы содержится больше всего бактерий семейства *Achromobacteriaceae*, которые составляют 60 % всей микрофлоры, из них 35–40 % бактерий относится к роду *Alcaligenes*, 30 % составляют виды *Achromobacter liguefaciens*. Менее 10 % всей естественной микрофлоры на поверхности рыб приходится на следующие роды: *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Vibrio*, *Corynebacterium*, *Bacillus*. Иногда на поверхности рыбы встречаются пигментообразующие бактерии родов *Sarcina*, *Klebsiela*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* или светящиеся виды *Photobacterium phosphoreum*.

Микрофлора пресноводных рыб в Беларуси и средней полосе России в первую очередь состоит из психрофильных микроорганизмов родов *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Micrococcus*.

Внутренние воды часто загрязнены сточными водами, поэтому пресноводные рыбы могут быть носителями патогенных микроорга-

низмов, чаще всего сальмонелл и стафилококков. На рыбе могут быть патогенные для нее микроорганизмы, которые безопасны для человека, но могут встречаться и опасные (патогенные) для человека.

Кроме того, в процессе переработки на рыбу могут попадать стафилококки, так как они составляют 40 % микрофлоры рук и носоглотки человека.

#### ***Изменение микрофлоры рыбы во время ее хранения.***

Если рыбу не переработали или не заморозили, то очень быстро начинается ее порча. Гнилостная микрофлора рыбы, которая вызывает основную часть процессов разложения, развивается очень быстро при температуре 15–20 °С. Эта микрофлора является естественной микрофлорой рыбы.

Первичная порча морской рыбы происходит в результате разложения белков, жиров и углеводов. Если разложение протекает под влиянием собственных ферментов (автолиз), рыба приобретает мягкую рассыпчатую консистенцию без неприятных запахов и отклонений от вкусовых стандартов.

При нормативных температурах хранения на автолиз накладывает процесс бактериального разложения под влиянием литических ферментов. Наиболее активными протеолитическими ферментами обладают бактерии родов *Pseudomonas* и *Achromobacter*.

Число клеток микроорганизмов в мышечной ткани рыбы, достигающее  $8 \cdot 10^5$  КОЕ/г, является максимальным при определении пригодности рыбы для питания.

Отмечаются случаи неспецифического отравления рыбой, вызываемого биогенными аминами – ядами, которые образуются при бактериальном разложении рыбы. В этом случае белок мяса рыбы разлагается до свободных аминокислот, в том числе и гистидина, который, декарбоксилируясь до гистамина, вызывает интоксикацию. Гистамин образуют как мезофильные, так и психрофильные бактерии родов *Proteus*, *E. coli*, *Achromobacter*, *Aerobacter*.

#### ***Микробиология замороженной рыбы.***

Обычно при замораживании погибает 60–90 % микрофлоры свежей рыбы, однако такие бактерии, как *Pseudomonas*, микрококки, лактобациллы и фекальные стрептококки, более устойчивы к замораживанию. Например, бактерии рода *Pseudomonas* погибают при температуре –12 °С в течение 3 месяцев. При такой же температуре погибают и бактерии рода *Achromobacter*. Хорошо переносят замораживание споры бактерий, дрожжи и плесневые грибы.

В замороженной рыбе обнаруживаются *E. coli*, коагулазо-положительные стафилококки, сальмонеллы, возбудитель ботулизма. Чтобы получить замороженную рыбу, благополучную с точки зрения санитарии, для замораживания следует использовать свежую рыбу, обработанную при строгом соблюдении санитарно-гигиенических требований.

### **Соленая рыба.**

Посол – один из старейших способов сохранения рыбы. Консервирующее действие посола обусловлено высокой осмотической активностью раствора соли и снижением водной активности ( $a_w$ ) среды. Поваренная соль не только тормозит размножение клеток, но и влияет на их биохимическую активность. Установлено (Е. Н. Дугова), что содержание соли до 4 % стимулирует протеолитическую активность микробов, а при 6%-ном содержании соли активность снижается, при 12%-ном – такая активность не обнаруживается. Аналогично влияние соли и в отношении активности восстановления бактериями окиси триметиламина в триметиламин.

В настоящее время практически исключен выпуск в реализацию крепкосоленной сырой рыбы. Посолу подвергают главным образом те виды рыб, которые способны при выдержке в определенных условиях созревать (сельдевые, лососевые), т. е. приобретать специфические вкусовые качества и более мягкую консистенцию в результате происходящих в рыбе биохимических процессов превращения белков и липидов под влиянием ее собственных ферментов. Созревшая рыба становится съедобной без дополнительной кулинарной обработки. Некоторая роль в процессах созревания принадлежит и микроорганизмам, находящимся в тузлуке и на рыбе.

Несозревающие виды рыб подвергают посолу для сохранения их в качестве полуфабриката, используемого при изготовлении вяленой, сушеной, копченой и других видов рыбной продукции.

Степень обсеменения соленой рыбы микробами колеблется в широких пределах (от сотен до сотен тысяч в 1 г) в зависимости от первоначального их содержания на рыбе, концентрации соли, температуры и срока хранения. При любом способе посола рыбы происходят изменения количественного и качественного состава ее микрофлоры. Типичные для свежей рыбы психротрофные виды *Pseudomonas* постепенно отмирают или сохраняются в небольшом количестве в плазмоллизированном состоянии. Преобладающими в соленой рыбе и в тузлуках становятся галофильные и солеустойчивые микрококки; в меньшем количестве обнаруживаются спорозоносные палочки; встречаются

также молочнокислые бактерии, дрожжи, споры плесеней, коринебактерии.

У соленой рыбы при хранении могут появляться различные дефекты. Некоторые из них обусловлены развитием микроорганизмов. Анаэробные бактерии, из-за которых появляется «фуксин» – красный, слизистый налет с неприятным запахом, солеустойчивые микрококки, образующие красный пигмент, и галофильные коричневые плесени вызывают порчу соленой рыбы.

При поражении плесенью на поверхности рыбы появляются пятна и полосы коричневого цвета. Этот дефект называется «ржавлением». Коричневые плесени при температуре ниже 5 °С не развиваются.

Слабосоленая сельдь может подвергаться под влиянием развития аэробных, холодо- и солеустойчивых бактерий «омылению». При этом поверхность рыбы покрывается грязновато-белым мажущимся налетом. Рыба приобретает неприятный вкус и гнилостный запах. В соленой сельди могут выживать и токсигенные бактерии: сальмонеллы, золотистый стафилококк, ботулинус.

Слабосоленая рыбная продукция из мелкой рыбы (кильки, салаки, хамсы и др.), выпускаемая в герметично закрытой таре – пресервы, помимо небольшого количества соли содержит сахар и специи. Пресервы не подвергают тепловой обработке; для предохранения от порчи в них вводят антисептик – бензойнокислый натрий (0,1 %). Хорошие результаты взамен него или в сочетании с ним дают сорбиновая кислота и антибиотик низин. Процесс просаливания и созревания ведут в течение 1,5–3 месяцев при температуре от –5 до +2 °С. Некоторый консервирующий эффект обеспечивает и поваренная соль.

Микрофлора пресервов в первые дни их изготовления разнообразна; в состав ее входят микроорганизмы рыбы, соли и специи. Последние нередко в значительной степени ( $10^4$ – $10^6$  КОЕ/г) обсеменены спорообразующими аэробными и анаэробными бактериями и микрококками, среди которых имеются солеустойчивые и холодоустойчивые гнилостные формы. В процессе созревания пресервов состав их микрофлоры меняется. Доминирующими представителями становятся солеустойчивые микрококки и молочнокислые бактерии.

В процессах созревания рыбы, помимо тканевых ферментов, немалая роль принадлежит гетероферментативным молочнокислым стрептококкам. Будучи устойчивыми к соли и бензойнокислому натрию, они размножаются, сбраживают сахар с образованием кислот (молоч-

ной, уксусной) и ароматических веществ. Снижение рН активизирует некоторые тканевые ферменты рыбы, участвующие в ее созревании.

Наличие кислот, соли и антисептика, а также низкая температура препятствуют развитию гнилостных споровых бактерий, находящихся в немалых количествах в пресервах. Однако некоторые из них, особенно при нарушении технологического режима изготовления и хранения пресервов, могут развиваться и обусловить порчу продукта. В пресервах нередко обнаруживается *Clostridium perfringens* – обитатель кишечника рыб, попадающий и со специями. Активное развитие этой бактерии может привести к бомбажу банки. Для повышения стойкости пресервов в хранении рекомендуется пользоваться стерильными специями. Для лучшего сохранения ароматических свойств специй целесообразна их холодная стерилизация (УФ-лучами, гамма-радиацией).

В отличие от стерилизуемых рыбных баночных консервов, пресервы – продукты недлительного хранения даже на холоде. Предложена (М. М. Гофтарш, Е. Н. Дутова) радиационная обработка (радуризация) пресервов, позволяющая не только увеличить срок их хранения, но и исключить применение антисептика.

#### **Маринованная рыба.**

Рыбу маринуют в маринаде, содержащем 6 % уксуса и 13 % поваренной соли при рН 2,8. Уксусная кислота тормозит развитие лактобацилл, быстро проникая в мышечную ткань рыбы. Завершение процесса созревания определяется по помутнению мяса рыбы. Содержание микроорганизмов на рыбе при мариновании уменьшается в 10–1000 раз. Погибают грамотрицательные психрофильные микроорганизмы, сальмонеллы и стафилококки. Выживают лактобациллы, бактериальные споры.

Основными возбудителями порчи маринованной рыбы являются гетероферментативные молочнокислые бактерии *Lactobacillus buchneri*, *L. Brevis*. В результате жизнедеятельности бактерий выделяется газ, что приводит к бомбажу банок.

#### **Копченая рыба.**

Копчение используется человеком с давних пор. Существует два вида копчения: *горячее* и *холодное*.

Перед горячим копчением рыбу солят, затем обрабатывают в копильной печи при температуре 85–95 °С. Копчение способствует уменьшению на 25–35 % влаги в мясе рыбы. Внутри рыбы температура должна подняться до 65 °С в течение 30 минут. Такая температура

гарантирует уничтожение психрофильных и мезофильных микроорганизмов, особенно патогенных. Практически после обработки дымом мясо рыбы становится стерильным еще и потому, что в дыме содержится целый ряд веществ, обладающих бактерицидными свойствами. При этом химические вещества дыма не проникают внутрь мяса рыбы.

Холодное копчение производится дымом при температуре 18–26 °С в течение 2–4 суток. При этом происходит удаление воды и проникновение составных частей дыма в мясо рыбы.

Видами порчи копченой рыбы являются влажное гниение, сухое гниение и плесневение.

Влажное гниение происходит из-за психрофильных бактерий, которые вызывают изменения в мышечной ткани копченой рыбы: она становится влажной, липкой, издает острый гнилостный запах.

Сухое гниение вызывают микрококки и аэробные спорообразующие бактерии, которые сохранили жизнеспособность во время копчения, дрожжи и сарцины. Рыба приобретает матовый оттенок, мышечная ткань становится рыхлой.

Рыба горячего копчения хранится ограниченное время. Плесневение наиболее часто встречается на поверхности рыбы, возбудителями являются плесневые грибы, которые попадают на рыбу как во время копчения, так и после него.

Отравления копченой рыбой могут возникнуть из-за содержания на ней сальмонелл, чаще всего *S. typhimurium*. Отравления может вызывать также *Cl. botulinum* – возбудитель ботулизма. Реже бывают отравления копченой рыбой, вызываемые *C. perfringens*, *S. aureus*. Стафилококки чаще всего бывают в рыбе холодного копчения.

### **Консервированная рыба.**

Рыбу консервируют стерилизацией. После стерилизации консервы могут храниться в течение года при температуре от –3 до +25 °С. Для консервирования рыбу укладывают в банки, а затем стерилизуют при температуре 121,1°С в течение определенного времени в зависимости от вида рыбы и ее обсемененности. В основу выбора режима стерилизации ставят уничтожение устойчивых к нагреванию спор *C. botulinum*.

Признаком порчи консервов является бомбаж – вспучивание верхней и нижней крышек банок, вызывают его образовавшиеся газы при разложении рыбы бактериями *C. sporogenes*, *C. roseum*, *B. cereus*, *B. coagulans*. Отравления рыбными консервами вызываются также

бактериями *C. botulinum*, хотя размножение этих бактерий не всегда приводит к ботулизму.

Пресервы пастеризуют при температуре 95 °С: банки массой 250 г – в течение 45 минут, банки массой 200 г – 35 минут.

Как правило, споры *Clostridium* и *Bacillus* выдерживают пастеризацию. Выдерживают пастеризацию также теплоустойчивые кокки, лактобациллы, дрожжи и плесневые грибы. Содержание микроорганизмов в пресервах составляет  $1 \cdot 10^4$  КОЕ/г. Подавление размножения микроорганизмов достигается дополнительными мероприятиями, например, добавлением 0,9%-ной уксусной, бензойной или сорбиновой кислоты.

Порча пресервов вызывается сохранившимися микроорганизмами, которые вызывают брожение, придающее продукту кислый вкус или кислозагнивающий привкус. Чаще всего порчу вызывают лактобациллы, анаэробные спорообразующие бактерии. Через рыбу и кулинарные изделия из нее передаются токсикоинфекции, вызываемые сальмонеллами, клостридиями перфрингенс, протейями. Иногда возникают стафилококковые интоксикации при загрязнении рыбы и рыбных продуктов энтеротоксичными штаммами стафилококков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Асонов, Н. Р. Микробиология : учебник / Н. Р. Асонов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 2001. – 352 с.
2. Антипчук, А. Ф. Микробиология рыбоводных прудов / А. Ф. Антипчук. – М. : Легк. и пищ. промышленность, 1983. – 159 с.
3. Горленко, В. М. Экология водных микроорганизмов / В. М. Горленко, Г. А. Дубинина, С. М. Кузнецов. – М. : Наука, 1977. – 178 с.
4. Грищенко, Л. И. Болезни рыб и основы рыбоводства / Л. И. Грищенко, М. Ш. Акбаев, Г. В. Васильков. – М. : Колос, 1999. – 455 с.
5. Гусев, М. В. Микробиология : учеб. для студ. биол. спец. вузов / М. В. Гусев, Л. А. Минеева. – 4-е изд. – М. : Изд. центр «Академия», 2003. – 463 с.
6. Колычев, Н. М. Ветеринарная микробиология и иммунология : учебник / Н. М. Колычев, Р. Г. Госманов. – СПб. : Лань, 2014. – 624 с.
7. Кузнецов, С. И. Микрофлора озёр и её геохимическая деятельность / С. И. Кузнецов. – Л. : Наука, 1970. – 198 с.
8. Максимович, В. В. Общая эпизоотология : учеб. пособие / В. В. Максимович. – Минск : ИВЦ Минфина, 2009. – 220 с.
9. Максимович, В. В. Эпизоотология с микробиологией : учеб. пособие / В. В. Максимович. – Минск : ИВЦ Минфина, 2012. – 496 с.
10. Экология микроорганизмов : учебник / А. И. Нетрусов, Е. А. Бонг-Осмоловская, В. М. Горленко [и др.]. – М. : Изд. центр «Академия», 2004. – 272 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Раздел 1. ОБЩАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ .....	4
1.1. История развития микробиологии как науки. Систематика и классификация микроорганизмов .....	4
1.2. Физиология микроорганизмов. Влияние факторов внешней среды на микроорганизмы. Генетика микроорганизмов. Грибы .....	22
1.3. Экология микроорганизмов .....	50
1.4. Инфекция и иммунитет .....	64
Раздел 2. ЧАСТНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ .....	78
2.1. Инфекционные болезни, микозы и микотоксикозы рыб и ракообразных .....	78
2.2. Биогеохимическая деятельность микроорганизмов водоемов .....	97
2.3. Микрофлора воды рыбоводных прудов .....	111
2.4. Микробиология рыбы и рыбных продуктов .....	126
Литература .....	134

Учебное издание

**Дуктов Александр Петрович**  
**Воронцов Григорий Владимирович**

МИКРОБИОЛОГИЯ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. А. Матасёва*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 09.02.2017. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 7,90. Уч.-изд. л. 7,31.  
Тираж 75 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.