

## ПРОГРАММА

### вступительных экзаменов в аспирантуру по специальности

### 03.02.03 Микробиология

#### Введение

Предмет микробиологии, систематическое положение живых существ, изучаемых общей микробиологией. Общая и медицинская микробиология. Место и роль общей микробиологии в современной биологии. Значение микробиологии в народном хозяйстве.

#### 1. История микробиологии

Открытие микроорганизмов А. Левенгуком. Основополагающая роль Л. Пастера в развитии микробиологии (исследования в области брожений, "самопроизвольного зарождения", инфекционных заболеваний). Значение работ Р. Коха, чистые культуры. Становление почвенной микробиологии. Работы С.Н. Виноградского, М.В. Бейеринка, В.П. Омелянского, А. Клейвера, С.П. Костычева, З. Ваксмана, Н.Н. Худякова, Е.Н. Мишустина, Д.М. Новогрудского, Н.А. Красильникова, Т.В. Аристовской. Характеристика основных разделов современной микробиологии, общая микробиология, техническая (промышленная), сельскохозяйственная, водная, геологическая. Основные направления и перспективы почвенной микробиологии.

#### 2. Микробное разнообразие. Систематика.

Мир микроорганизмов, общие признаки и разнообразие. Положение среди других групп организмов. Прокариотные и эукариотные микроорганизмы, основные различия. Принципы систематики. Правила номенклатуры и диагностики. Значение фенотипических и генотипических признаков для систематики микроорганизмов. Таксономическое значение состава и структуры ДНК и РНК. Нумерическая таксономия. Филогенетическая систематика. Прокариоты: бактерии и археи. Основные филумы бактерий и архей.

Основные филумы бактерий: VI Aquificae, VII Thermotogae, VIII Thermodesulfobacteria, IV «Deinococcus-Thermus», V Chrysiogenetes, VI Chloroflexi, VII Thermomicrobia, VIII Nitrospirae, IX Deferribacteres, X Cyanobacteria, XI Chlorobi, XII Proteobacteria, XIII Firmicutes, XIV Actinobacteria, XV Planctomycetes, XVI Chlamydiae, XVII Spirochaetes, XVIII Fibrobacteres, XIX Acidobacteria, XX Bacteroidetes, XXI Fusobacteria, XXII Verrucomicrobia и XXIII Dictyoglomi. Филум Gemmatimonadetes.

Основные филумы архей: AI Crenarchaeota, AII Euryarchaeota, AIII Nanoarchaeota, AIV Korarchaeota, AV Thaumarchaeota, A VI Aigarchaeota ,AVII Lokiarchaeota. Филумы бактерий и архей, наиболее широко распространенные в почвах.

Эукариоты. Краткая характеристика отдельных групп эукариотных микроорганизмов: грибов, водорослей, простейших. Вопросы таксономии.

Вирусы. Современная классификация вирусов. Фаги (бактериофаги, актинофаги и др.). Основные свойства вирусов (состав, строение, взаимодействие с клеткой хозяина).

### **3. Морфология, строение и размножение микроорганизмов**

Размеры микроорганизмов. Одноклеточные и многоклеточные формы. Основные формы одноклеточных бактерий. Строение клеток. Особенности строения клеток прокариот в сравнении с эукариотами. Ядерный аппарат, особенности организации. Состав и строение клеточных стенок. Клеточные стенки у грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов, их функции. Протопласты и сферопласты. L-формы и микоплазмы; возможные причины их возникновения. Капсулы: разновидности, состав и значение. Фимбрии и выросты. Цитоплазматическая мембрана, ее состав, организация и функция, Митохондрии. Хлоропласты. Цитоплазма и органоиды прокариотов: рибосомы, мезосомы, тилакоиды (хроматофоры), аэросомы (газовые вакуоли). Включения, их состав и значение. Движение микроорганизмов. Жгутики, их число и расположение у бактерий; состав и строение. Фимбрии и аксостиль спирохет, движение скользящих бактерий. Аэротаксис, хемотаксис, фототаксис. Размножение.

Циклы развития и способы размножения прокариотных и эукариотных микроорганизмов. Покоящиеся формы микроорганизмов. Эндоспоры и экзоспоры бактерий, рефрактерные клетки, свойства и биологическое значение. Цисты. Некультивируемое жизнеспособное состояние, фильтрующиеся формы, наноформы прокариот.

### **4. Культивирование и рост микроорганизмов**

Накопительные культуры и принципы селективности. Чистые культуры микроорганизмов. Методы получения и значение. Основные типы сред по составу и физическому состоянию. Культивирование аэробных, анаэробных и фотосинтезирующих микроорганизмов. Поверхностное и глубинное выращивание. Рост популяций микроорганизмов в периодических культурах. Построение кривых роста. Фазы роста, их особенности. Определение удельной скорости роста, времени генерации, экономического коэффициента, субстратной константы. Двухфазность развития культур, вторичные метаболиты. Диауксия. Причины лимитации роста и отмирания. Непрерывные культуры. Гомогенно-непрерывное культивирование. Хемостат, турбидостат. Значение метода

непрерывного культивирования для изучения физиологии микроорганизмов и в промышленности. Синхронные культуры, способы их получения.

## **5. Физиология микроорганизмов Действие факторов внешней среды**

Рост в зависимости от температуры. Кардинальные точки (верхние и нижние границы). Особенности психрофилов, мезофилов и термофилов. Термостойчивость вегетативных клеток различных микроорганизмов, эндоспор бактерий и других покоящихся форм. Использование высоких температур для стерилизации. Действие низких температур. Хранение замороженных культур. Гидростатическое давление; барофильные и баротолерантные формы. Осмотическое давление. Особенности осмофилов и галофилов, распространение и практическое значение. Радиация. Физиологическое, мутагенное и стерилизующее действие. Устойчивость микроорганизмов к ультрафиолетовым лучам и ионизирующим излучениям. Фотореактивация. Рост микроорганизмов в зависимости от влажности. Устойчивость к высушиванию. Лиофилизация. Отношение микроорганизмов к кислороду; аэробы и анаэробы (облигатные и факультативные). Возможные причины ингибирующего действия кислорода на строгих анаэробов. Рост аэробов в зависимости от содержания кислорода ( $pO_2$ ). Окислительно-восстановительный потенциал среды, факторы, его определяющие. Значение pH среды. Щелочеустойчивые, кислотоустойчивые и ацидофильные микроорганизмы. Значение избытка и недостатка элементов питания. Антимикробные вещества. Природа и происхождение (абиотическое, биотическое) антимикробных веществ. Специфичность и механизм действия. Микробиологический и микробцидный эффект. Области применения различных антимикробных соединений. Важнейшие химиотерапевтические препараты, консервирующие, дезинфицирующие и стерилизующие средства.

## **6. Питание микроорганизмов**

Разнообразие потребностей в питании в мире микроорганизмов. Автотрофия и гетеротрофия. Понятия фотоавтотрофия, фотогетеротрофия, хемолитоавтотрофия, хемолитоорганоотрофия, хемоорганогетеротрофия. Сапротрофы, паразиты, хищники.

паразиты. Прототрофы, ауксотрофы, паратрофы (внутриклеточные паразиты).

Источники углерода и энергии, используемые микроорганизмами. Разнообразие. Источники азота. Органические и минеральные соединения азота, роль в метаболизме клеток. Потребность микроорганизмов в готовых аминокислотах, витаминах и других факторах роста. Практическое применение ауксотрофных микроорганизмов.

Потребность микроорганизмов в соединениях серы, фосфора, в микроэлементах. Транспорт веществ в клетку. Диффузия и активный транспорт

## **7. Обмен веществ (метаболизм)**

Анаболические и катаболические процессы. Их взаимосвязи у разных микроорганизмов (автотрофов, гетеротрофов). Амфиболиты и центраболиты. Основные и дополнительные (анаэробные) пути метаболизма.

### **Анаболизм (конструктивный метаболизм).**

Основные мономеры конструктивного метаболизма (органические кислоты, аминокислоты, сахара, азотистые основания и другие). Пути образования и дальнейшего использования. Ассимиляция углерода углекислоты гетеротрофами и автотрофами. Пентозофосфатный восстановительный цикл углерода и восстановительный цикл карбоновых кислот. Пути ассимиляции микроорганизмами других одноуглеродных соединений (метан, метанол, формиат), ассимиляция при участии тетрагидрофолата (сериновый цикл). Использование ацетата и других двууглеродных соединений. Значение цикла трикарбоновых кислот и глиоксилатного шунта в конструктивном метаболизме.

Усвоение минеральных соединений азота. Ассимиляционная нитратредукция. Пути образования аминокислот (прямое аминирование, переаминирование, взаимопревращение). Фиксация молекулярного азота. Свободноживущие и симбиотические азотфиксаторы. Механизм азотфиксации. Практическое значение процесса. Усвоение соединений серы. Синтез нуклеиновых кислот, полифосфатов, белков, липидов, полисахаридов, и других компонентов клеток. Практическое значение микробного биосинтеза. Микроорганизмы как источники дешевого белка и аминокислот. Образование и выделение гидролитических ферментов (протеаз, нуклеаз, амилаз, пектиназ, целлюлаз, липаз), витаминов и других ростовых факторов, полисахаридов (декстранов), токсинов, алколоидов. Биосинтез антибиотиков. Важнейшие антибиотики и их продуценты; практическое применение антибиотиков.

### **Катаболизм (энергетические процессы).**

Способы получения микроорганизмами энергия и пути ее трансформации. Биологическое окисление. Эндогенные и экзогенные, органические и неорганические окисляемые субстраты. Их разнообразие и общность путей окислительных процессов. Кислород и другие акцепторы водорода. Центральная роль АТФ и способы ее образования: окислительное фосфорилирование в цепи переноса электронов, субстратное фосфорилирование, фотофосфорилирование. Эволюция энергетических процессов.

Брожения. Классификация сбраживания углеводов по Шапошникову. Субстратное фосфорилирование. Спиртовое. Молочнокислое гомо- и гетероферментативное брожение, пропионовокислое, маслянокислое, ацетонобутиловое, смешанные брожения. Основные продукты различных брожений. Изменения брожений в зависимости от условий

культивирования микроорганизмов. Двухфазность брожений, ее причины. Характеристика микроорганизмов, вызывающих различные брожения. Практическое значение этих процессов. Анаэробное разложение микроорганизмами полимерных соединений. Целлюлозоразрушающие, пектинразрушающие, аммонифицирующие (гнилостные) сбраживающие аминокислоты, бактерии и другие микроорганизмы. Их практическое значение. Анаэробное окисление органических субстратов с использованием неорганического акцептора водорода. Метанообразующие бактерии. Путь образования метана при использовании различных соединений. Сульфатредукция. Микроорганизмы, вызывающие этот процесс. Путь диссимиляционной сульфатредукции. Окисляемые субстраты. Денитрификация. Микроорганизмы, вызывающие этот процесс. Путь диссимиляционной нитратредукции. Окисляемые субстраты. Значение денитрификации, сульфатредукции и процесса образования метана в природных условиях. Аэробное окисление органических веществ. Разнообразие субстратов, окисляемых микроорганизмами: углеводы, белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводороды, полимерные и мелкие молекулы. Универсальные механизмы получения АТФ при биологическом окислении: цикл трикарбоновых кислот и пентозофосфатный окислительный цикл. Конечные пути переноса водорода и электронов от субстрата на кислород. Главнейшие переносчики и ферменты, участвующие в этих процессах. Полное окисление до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (дыхание). Неполное окисление органических субстратов, продукты и причины этого явления. Свечение бактерий и связь этого процесса с окислительными процессами. Характеристика и практическое значение важнейших групп микроорганизмов, способных окислять различные природные вещества с образованием практически ценных продуктов. Уксуснокислые бактерии, образуемые ими продукты. Синтез органических кислот другими бактериями и грибами. Трансформация микроорганизмами стероидных, индольных и других соединений. Практическое использование. Окисление неорганических соединений (аноргоксидация) и хемосинтез. Группа хемолитоавтотрофных микроорганизмов, основные свойства. Нитрификация, фазы процесса, промежуточные и конечные продукты. Соединения серы, окисляемые микроорганизмами. Пути окисления, конечные продукты. Окисление водорода. Окисление железа и марганца, энергетическое значение. Электроннотранспортные системы различных хемоавтотрофов. Конечные акцепторы электрона. Эффективность использования свободной энергии. Практическое значение хемолитоавтотрофов. Фотосинтезирующие микроорганизмы. Характеристика фотосинтезирующих бактерий и микроводорослей. Особенности бактериального и растительного фотосинтеза. Пигменты, устройство фотосинтезирующего аппарата, механизм и продукты фотосинтеза.

## **8. Генетика и изменчивость**

Организация генетического аппарата у эукариот и прокариот. Механизм репликации ДНК. Генетический код и синтез белка. Генетическая и фенотипическая (физиологическая) изменчивость. Мутация и рекомбинации. Природа и типы мутаций. Частота мутаций. Мутагенные факторы. Популяционная изменчивость. Селекция мутантов. Области практического использования мутантов микроорганизмов. Рекомбинация у эукариотных микроорганизмов. Половой и парасексуальный процессы. Рекомбинация у прокариот: трансформация, трансдукция, конъюгация. Плазмиды бактерий. Регуляция обмена веществ. Конститутивные и индуцибельные ферменты. Механизмы регуляции синтеза ферментов (индукция, репрессия). Регуляция активности ферментов; свойства аллостерических ферментов. Микроорганизмы и эволюционный процесс. Возможные филогенетические связи микроорганизмов (прокариот и эукариот). Их отражение в систематике. Возможное происхождение вирусов.

## **9. Экология микроорганизмов**

Биосфера и распространение микроорганизмов. Содержание и важнейшие группы микроорганизмов в почве, водоёмах и атмосфере. Правило М. Бейеринка. Круговороты углерода, азота, фосфора и других элементов. Основополагающие работы В.П. Омелянского и С.Н. Виноградского. Триада Виноградского. Биохимическая деятельность микроорганизмов. Особенности почвы как среды обитания: гетерофазность, гетерогенность, гетерохронность. Принципы функционирования пула почвенных организмов. Роль микроорганизмов в почвообразовательных процессах и в плодородии почв. Значение микроорганизмов в первичной продукции водоемов и минерализации органических веществ. Использование микроорганизмов для очистки сточных вод, нефтяных загрязнений. Санитарный контроль почвы.

Форма взаимоотношений микроорганизмов между собой и с высшими организмами (метабиоз, симбиоз, антагонизм). Значение метабиотических и симбиотических взаимоотношений между микроорганизмами. Различные формы антагонизма ("активный" и "пассивный" антагонизм, паразитизм, хищничество). Практическое использование антагонизма микроорганизмов в медицине и сельском хозяйстве.

Микроорганизмы и растения. Микроорганизмы ризосферы и ризопланы. Эпифитные микроорганизмы. Симбиотические взаимоотношения между микроорганизмами и растениями (клубеньковые и бобовые растения, разные типы микоризы). Фитопатогенные микроорганизмы. Взаимодействия микроорганизмов и почвенных животных (пристеночное и транзитное сообщество).

Потенциальная и реальная биологическая активность. Принципы строения и функционирования комплекса почвенных микроорганизмов.

### **Основная литература**

1. Современная микробиология. Прокариоты. (Том 1 и 2). Ленгеллер Й., Древис Г. и Шлегель Г. М. Мир, 2005.
2. Пиневиц А.В. Микробиология. Биология Прокариотов. (Том 1, 2, 3). Изд-во Санкт-Петербургского Университета, 2007.
3. Пиневиц А.В., Сироткин, А.К., Гаврилова О.В., Потехин, А.А. Вирусология: учебник. СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2012. 432 с.
4. Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология. М.: МГУ. 3-е изд. 2001. 300 с.
5. Каттер Э. и Сулаквелидзе А. (ред.) Бактериофаги. Биология и практическое применение. М.: Научный мир, 2012.

### **Дополнительная литература**

- 1.. Почвы в биосфере и жизни человека: монография. Москва: ФГБОУ ВПОМГУЛ. 2012 – 584 с.
2. Ботаника. Курс альгологии и микологии / Под ред. Ю.Т. Дьякова. М.: Изд-во МГУ, 2007. – 559 с.
- 3.. Л.В. Гарибова, С.Н. Лекомцева. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. -220 с.
4. Брюханов, А.Л., Рыбак, К.В., Нетрусов, А.И. Молекулярная микробиология. Учебник для ВУЗов. М.: Изд-во МГУ, 2011. 480 с.
5. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. 445 с.
6. Нетрусов А.И., Бонч-Осмоловская Е.А., Горленко В.М. Экология микроорганизмов. М.: «Академия», 2004. 272 с.