

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ЛИН СО РАН)**



УТВЕРЖДАЮ

Директор

*А.П. Федотов*  
А.П. Федотов

2018 г.

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ  
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**  
(Основная и дополнительная программы)

Направление подготовки кадров высшей квалификации (программа аспирантуры): **06.06.01 Биологические науки**

Направленность (профиль) подготовки: **Микробиология**

Научная специальность программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры): **03.02.03 Микробиология**

Иркутск, 2018

## **Часть 1. ОСНОВНАЯ ПРОГРАММА**

### **Введение**

Настоящая программа обобщает опыт мировой науки по изучению микроорганизмов из царств: протист, грибов, бактерий и вирусов, применительно к проблемам современной общей экологии, возобновляемых биологических ресурсов, сельскохозяйственного производства, животноводства и охраны здоровья человека.

Основная программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по биологическим наукам.

#### **1. Возникновение и развитие микробиологии**

Предмет и задачи микробиологии, ее место и роль в современной биологии. Значение микроорганизмов в природных процессах, в народном хозяйстве и здравоохранении.

История микробиологии. Открытие микроорганизмов. Значение работ Л. Пастера, Р. Коха, С.Н. Виноградского, Д.И. Ивановского, М. Бейеринка, А. Клейвера, А. Флеминга. Развитие отечественной микробиологии. Главные направления развития современной микробиологии. Основные методы микробиологических исследований.

#### **2. Систематика микроорганизмов**

Мир микроорганизмов, общие признаки и разнообразие. Прокариотные и эукариотные микроорганизмы, сходство и основные различия. Принципы классификации прокариотных и эукариотных микроорганизмов. Правила номенклатуры и идентификации. Методы классификации на основе определения последовательности 16S р РНК и ДНК-ДНК гибридизации. Применение нуклеиновых микрочипов для систематики микроорганизмов. Характеристика отдельных групп бактерий, архей и эукарий.

#### **3. Морфология, строение и развитие**

Микроскопические методы изучения микроорганизмов. Исследования живых и фиксированных объектов. Прокариотные микроорганизмы. Одноклеточные, многоклеточные бактерии, размеры и морфология бактерий. Строение, химический состав и функции отдельных компонентов клеток. Слизистые слои, S-слои, капсулы и чехлы. Строение клеточных стенок Грам- положительных и Грам- отрицательных бактерий. L-формы и микоплазмы. Жгутики и пили, расположение, организация, механизм действия. Движения скользящих форм. Реакции таксиса. Клеточная мембрана и внутриклеточные мембранные структуры. Ядерный аппарат, рибосомы. Газовые вакуоли, запасные вещества и другие внутриклеточные включения. Способы размножения, дифференцировка, эндоспоры и другие покоящиеся формы. Особенности состава и организация клеток архей.

Эукариоты. Морфология дрожжей, мицелиальных грибов, микроформ водорослей, простейших. Химический состав и функции отдельных компонентов клетки. Циклы развития и размножение.

#### **4. Культивирование и рост**

Накопительные и чистые культуры. Основные типы сред. Культивирование аэробных и анаэробных микроорганизмов, метод Хангейта. Рост отдельных микроорганизмов и популяций (культур). Сбалансированный и несбалансированный рост. Основные параметры роста культур: время генерации, удельная скорость роста, выход биомассы, экономический коэффициент. Закономерности роста чистых культур при периодическом выращивании. Рост микроорганизмов при непрерывном культивировании. Синхронные культуры, способы получения и значение.

#### **5. Действие физических и химических факторов**

Радиация, характер ее действия на микроорганизмы. Фотореактивация и темновая репарация. Рост микроорганизмов в зависимости от температуры. Психрофилы, мезофилы и термофилы. Механизмы, позволяющие микробам жить при экстремальных температурах. Барофилы. Устойчивость микроорганизмов к высушиванию. Рост микроорганизмов в зависимости от активности воды. Особенности осмофилов и галофилов. Механизмы устойчивости к осмотическому стрессу. Отношение микроорганизмов к молекулярному кислороду: аэробы и анаэробы. Возможные причины ингибирующего действия кислородного стресса на микроорганизмы. Ацидозы, нейтрофилы и алкалофилы. Природа антимикробных веществ и области их применения. Мутагены, механизмы их действия и устойчивости к ним.

## **6. Питание**

Основные биоэлементы и микроэлементы, типы питания микроорганизмов. Фототрофия и хемотрофия, автотрофия и гетеротрофия, литотрофия и органотрофия. Сапрофиты и паразиты. Прототрофы и ауксотрофы. Ростовые вещества. Диффузия и транспорт. Использование микроорганизмами высокомолекулярных соединений и веществ, нерастворимых в воде. Эндо- и экзоцитоз у эукариот. Соединения углерода и азота, используемые микроорганизмами. Азотфиксация. Способность микроорганизмов использовать разные соединения серы и фосфора. Потребность в железе, магнии и других элементах.

## **7. Метаболизм**

Энергетические процессы. Способы обеспечения энергией. Фотосинтез и хемосинтез. Переносчики электронов и электронтранспортные системы, их способности у разных микроорганизмов. Молочнокислое гомо- и гетероферментативное брожение, пропионовокислое, маслянокислое, ацетонбутиловое, спиртовое и другие брожения. Формы участия молекулярного кислорода в окислении разных субстратов. Полное и неполное окисление. Роль цикла трикарбоновых кислот и пентозофосфатного окислительного цикла. Краткая характеристика важнейших микроорганизмов, участвующих в аэробном окислении белков, углеводов, углеводородов и других многоуглеродных веществ. Микроорганизмы - метилотрофы. Светящиеся бактерии. Окисление неорганических соединений: группы хемолитотрофных бактерий и осуществляемые ими процессы. Анаэробные дыхания. Доноры и акцепторы электронов, используемые разными микроорганизмами при анаэробном дыхании. Диссимиляционная нитратредукция и денитрификация. Сульфат- и сера-редукторы. Метаногены, их особенности. Ацетогены. Путь Вуда-Льюнгдала. Фототрофные прокариотные и эукариотные микроорганизмы. Состав, организация и функции их фотосинтезирующего аппарата. Фотосинтез с выделением и без выделения молекулярного кислорода. Использование световой энергии галоархеями. Биосинтетические процессы, ассимиляция углекислоты. Рибулозобисфосфатный цикл, ассимиляция формальдегида метилтрофами. Значение цикла трикарбоновых кислот и глиоксилатного шунта. Ассимиляционная нитратредукция, фиксация молекулярного азота. Свободноживущие и симбиотические азотфиксаторы. Пути ассимиляции аммония. Ассимиляционная сульфатредукция. Синтез основных биополимеров, биосинтез порфириновых соединений, вторичные метаболиты.

Биохимические основы и уровни регуляции метаболизма, регуляция синтеза ферментов. Индукция и репрессия. Регуляция активности ферментов, аллостерические ферменты и эффекторы, ковалентная модификация ферментов, аденилатный контроль и энергетический заряд клетки.

## **8. Наследственность и изменчивость**

Наследственная и ненаследственная изменчивость, мутационная природа изменчивости. Частота мутантов и типы мутаций. Спонтанный и индуцированный мутагенезы. Популяционная изменчивость, селекция различных мутантов. Применение мутантов микроорганизмов. Трансформация, трансдукция, конъюгация, рекомбинация и генетический анализ у фагов.

Плазмиды, транспозоны, использование вирусов и плазмид в генетической инженерии. Рекомбинация у эукариот, половой и парасексуальный процессы, цитоплазматическая наследственность.

### **9. Микроорганизмы в природе**

Участие микроорганизмов в биогеохимических циклах, взаимосвязь циклов. Роль физиологических групп микроорганизмов в катализе этапов циклов. Ведущая роль цикла углерода, продукция и деструкция в цикле органического углерода, связь с циклом неорганического углерода и циклом кислорода. Цикл азота, группы организмов, участвующие в нем. Цикл серы: серобактерии и сульфидогены. Цикл железа. Самоочищение водотоков. Очистные сооружения и микробные сообщества в них. Морская микробиология. Сообщества микроорганизмов, трофические связи в сообществах. Анаэробное сообщество как модель трофических связей, межвидовой перенос водорода и формиата, синтрофия. Первичные анаэробы и вторичные анаэробы. Экология микроорганизмов, формирование состава атмосферы. Парниковые газы, метаногенез, бактериальный газовый фильтр. Водная микробиология, озеро как модель водной экосистемы. Циклы веществ в водоемах. Геологическая микробиология, роль микроорганизмов в выщелачивании пород и формировании коры выветривания. Цикл кальция и карбонатов, рудообразование. Почвенная микробиология, структура почвы и характерные условия обитания микроорганизмов в почве. Влажность и почвенный воздух, связь микроорганизмов с растениями, ризосфера. Роль мицелиальных организмов в почве, микориза, гумусообразование. Роль микроорганизмов в формировании характерных типов почв, самоочищение почвы. Палеобактериология и эволюция биосферы в докембрии, реликтовые сообщества. Филогения микроорганизмов, основанная на изучении последовательностей 16 S рРНК, симбиогенез.

### **10. Микроорганизмы в хозяйственной деятельности и медицине**

Использование микроорганизмов для получения пищевых и кормовых продуктов, химических реактивов и лекарственных препаратов. Применение в сельском хозяйстве, при выщелачивании металлов из руд, очистке стоков и получении топлив.

## **Литература**

*Основная:*

1 **Нетрусов, А. И.** Микробиология. [Текст] / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. – Москва: Академия, 2012 г. – 384 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

2 **Белясова, Н. А.** Микробиология [Электронный ресурс]: учебник / Н.А. Белясова. — Электрон. текстовые данные. – Минск: Высшая школа, 2012. – 443 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20229.html>

*Дополнительная:*

3 **Гусев, М. В.** Микробиология. [Текст]: учебник / М. В. Гусев, Л. А. Минеева. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 448 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

4 Современная микробиология: прокариоты. В 2-х томах. Том 1. /С. Адхья [и др.]; ред. Й. Ленгелер [и др.]. – Москва: Мир, 2005. – 656 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

5 Современная микробиология: прокариоты. В 2-х томах. Том 2. /А. Бут [и др.]; ред. Й. Ленгелер [и др.]. – Москва: Мир, 2005. – 496 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

## Часть 2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

### Молекулярная экология микроорганизмов

Методы идентификации микроорганизмов по разным признакам. Классификация методов идентификации. Этапы идентификации. Выделение в чистую культуру и анализ смешанной микробной популяции. Многообразие микроорганизмов. Понятие фантомности таксона. Валидированность описания вида микроорганизма. Генетика отдельной бактериальной клетки.

Особенности организации геномов микроорганизмов. Прокариотический геном. Плазмиды и горизонтальный перенос генов. Регуляторные и мобильные генетические элементы у прокариот. Некодируемые РНК в бактериальной клетке. Организация генома низших эукариот. Повторы или избыточность генома. Упаковка генетического материала в хромосоме. Методы выделения нуклеиновых кислот: основные этапы и особенности применения для анализа смешанных микробных популяций. Количественные оценки в микробной экологии: возможности и недостатки отдельных методических подходов.

Характеристика изолированных или аксеничных культур микроорганизмов. Микроскопия и описание тонкой структуры клеток с помощью электронной микроскопии (ТЭМ, СЭМ). Анализ клеточных гомогенатов бактерий – возможности MALDI-TOF для детекции и идентификации бактериальных штаммов. Рибосомная филогенетика в идентификации изолированных культур. Анализ ДНК и РНК в экспериментальных исследованиях.

Анализ смешанной микробной популяции. Микроскопия и описание структурной организации и функционального потенциала микробного сообщества с помощью сопряженных методов: гибридизация целых бактериальных клеток (FISH, MAR-FISH, CARD-FISH и др.), электронная микроскопия и химических и рентгеноструктурный анализ (СЭМ-EDAX, ТЭМ-RDA). Продукция и декструкция органического вещества – методы радиоавтографии в микробной экологии. Рибосомные гены как молекулярные маркеры в анализе структуры и биоразнообразия микроорганизмов в природных экосистемах. Возможность использования различных молекулярных маркеров для характеристики функционального потенциала смешанной микробной популяции.

Особенности постановки экспериментальных экологических исследований в микробиологии. Понятие о положительных и отрицательных контролях. Классификация молекулярных методов и выбор оптимального исходя из постановки задачи экспериментального исследования.

Метагеномика в анализе микроорганизмов и микробных популяций. Метагеномика – прошлое, настоящее и будущее. Основы методов секвенирования второго и третьего поколения. Основные методические подходы к изучению микробного сообщества: анализ ампликоновых библиотек, глубокий метагеномный анализ, метатранскриптомный анализ. Анализ полных геномов: аннотация генома, поиск целевых белок-кодирующих генов. Базы данные и программные продукты для анализа метагеномных данных.

### Санитарная микробиология

Санитарно-показательные микроорганизмы и требования, предъявляемые к ним. Бактерии рр. *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, как основные санитарно-показательные бактерии. Бактерии рр. *Enterococcus*, *Pseudomonas* и их значение при оценке качества воды. Оценка и их значение в гигиенической, эпидемиологической характеристике объектов внешней среды.

Условно-патогенные и патогенные микроорганизмы, наиболее часто встречающиеся в объектах окружающей среды. Общая характеристика энтерококков, стафилококков, протей, клостридий, спорообразующих бацилл, сальмонелл, шигелл.

Санитарно-микробиологическая характеристика воды. Сапрофитные и санитарно-показательные микроорганизмы воды. Зоны микробного загрязнения водоемов (полисапробная, мезосапробная, олигосапробная). Загрязнение водоемов атмосферными и сточными водами. Самоочищение водоемов и роль микроорганизмов. Сточные воды и их очистка. Санитарная оценка воды по микробиологическим показателям: общему микробному числу (ОМЧ), коли-титру и коли-индексу. ГОСТы и СанПиНы, нормирующие качество воды.

Санитарно-микробиологическая характеристика почвы. Микрофлора почвы. Загрязнение и самоочищение почвы. Почва, как источник передачи возбудителей инфекционных заболеваний. Очистка и обеззараживание почвы. Санитарная оценка почвы по микробиологическим показателям: общему количеству сапрофитных микроорганизмов, количеству БГКП, *Clostridium perfringens*, термофильных бактерий, нитрифицирующих, денитрифицирующих бактерий, целлюлозоразрушающих микроорганизмов. ГОСТы и СанПиНы, нормирующие качество почвы.

Характеристика возбудителей бруцеллеза, сибирской язвы, туберкулеза, ящура, ботулизма, источниками которых могут быть пищевые продукты и объекты окружающей среды. Основные морфо-культуральные признаки и физиолого-биохимические особенности этих микроорганизмов. Опасность их для здоровья человека.

## Литература

*Основная:*

1 **Белясова, Н. А.** Микробиология [Электронный ресурс]: учебник / Н.А. Белясова. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Высшая школа, 2012. — 443 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20229.html>

2 **Ивчатов, А. Л.** Микробиология [Текст]: монография / А. Л. Ивчатов. — Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2013. — 118 с. — Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

3 **Нетрусов, А. И.** Микробиология. [Текст] / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. — Москва: Академия, 2012 г. — 384 с. — Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

4 **Литвина, Л.А.** Общая санитарная микробиология [Текст]: учебное пособие / Л.А. Литвина. — Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2014. — Ч. 1. — 111 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64747.html>

5 **Браун, Т.** Геномы [Текст]: учебное пособие / Т.А. Браун. — Москва; Ижевск: "Институт компьютерных исследований", 2011. — 944 с. — Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

6 **Щелкунов, С. Н.** Генетическая инженерия [Электронный ресурс]: учебно-справочное пособие / С.Н. Щелкунов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2017. — 514 с. — 978-5-379-02024-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65273.html>

7 **Льюин, Б.** Гены [Текст]: учебник / Б. Льюин; пер. 9-го англ. издания И. А. Кофиади [и др.]; под ред. Д. В. Ребрикова. — Москва: БИНОМ, 2012. — 896 с. — Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

8 **Мюллер, С.** Нуклеиновые кислоты «от А до Я» [Текст]: учебное пособие / С. Мюллер. — Москва: БИНОМ, 2013. — 413 с. — Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

*Дополнительная:*

- 9 **Белясова, Н.А.** Микробиология [Текст]: учебник / Н. А. Белясова. – Минск: Выш. шк., 2012. – 443 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20229.html>
- 10 **Нетрусов, А.И.** Практикум по микробиологии [Текст]: учебное пособие / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук [и др.].– М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 11 **Фомин, Г.С.** Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам [Текст]: энц. справочник / Г.С. Фомин. – М.: Изд-во «Протектор», 2000. – 840 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 12 **Дроздов, В.В.** Общая экология [Текст]: учебное пособие / В.В. Дроздов. – СПб.: РГГМУ, 2011. – 412 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 13 **Ивчатов, А.Л.** Микробиология: монография / А.Л. Ивчатов. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2013. – 118 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 14 **Нетрусов, А.И.** Микробиология [Текст]: учебник / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова М.: Академия, 2012. – 384 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 15 **Адхья, С.** Современная микробиология: прокариоты. [Текст]: учебник в 2-х т. Т. 1 / С.Адхья, К.А. Альперт, В. Буккель [и др.] – М.: Мир, 2005. – 656 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 16 **Адхья С.** Современная микробиология: прокариоты. [Текст]: учебник в 2-х т. Т. 2 / С.Адхья, К.А. Альперт, В. Буккель [и др.] – М.: Мир, 2005. – 496 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 17 **Бисерова, Н.М.** Методы визуализации биологических ультраструктур: подготовка биологических объектов для изучения с помощью электронных и флуоресцентных конфокальных лазерных микроскопов: практическое руководство для биологов [Текст]: руководство / Н.М. Бисерова – Москва: Изд-во КМК, 2013. – 104 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 18 **Кузнецов, А.Е.** Прикладная экобиотехнология [Текст]: в 2-х томах: учебн. пособие / А. Е. Кузнецов, Н. Б. Градова, С. В. Лушников [и др.]. – М.: БИНОМ. – Т. 1, 2010. – 629 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 19 **Кузнецов, А.Е.** Прикладная экобиотехнология [Текст]: в 2-х томах: учебн. пособие / А. Е. Кузнецов, Н. Б. Градова, С. В. Лушников [и др.]. – М.: БИНОМ. – Т. 2, 2010. – 486 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
- 20 **Саруханова, Л.Е.** Основы общей микробиологии и иммунологии [Текст]: учебное пособие / Л.Е. Саруханова, Е.Г. Волина. – М.: РУДН, 2009. – 112 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11576.html>

**Разработчики дополнительной программы:** д.б.н. Т.И. Земская, к.б.н. О.Н. Павлова

ЛИСТ ОБНОВЛЕНИЯ

<b>Дата</b>	<b>Внесенные обновления</b>	<b>Подпись</b>
20.05.2018 г.	Внесены изменения в список литературы. Добавлены источники из ЭБС Ай-Пи-Эр-Медиа (Договор № 4068/18 от 26 апреля 2018 г.)	