



ПРИЛОЖЕНИЕ 6 к ООП ВО
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
БОТАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ.В.Л.КОМАРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

УТВЕРЖДЕНО

на заседании Ученого совета БИН РАН

протокол № 7 от «13» мая 2019

Директор БИН РАН,

д.б.н.

Д.В. Гельтман



Рабочая программа дисциплины (Б1.В.ОД.1)

«МИКОЛОГИЯ»

по направлению подготовки кадров высшей квалификации –
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

06.06.01 Биологические науки

профиль 03.02.12 Микология

Санкт-Петербург

2019

Составитель рабочей программы:

Новожилов Юрий Капитонович, д.б.н., гл.н.с. с возложением обязанностей рук. лаб. систематики и географии грибов БИН РАН.

ДИСЦИПЛИНА «Микология»

Профиль: 03.02.12 Микология

Цикл дисциплин (по учебному плану): Б.В.ОД.1

Курс: 1,3 курс

Трудоёмкость в ЗЕТ - 6

Трудоёмкость в часах - 216

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа дисциплины «Микология» (Б1.В.ОД.1) разработана разработана и составлена на основании Федеральных государственных образовательных стандартов основных образовательных программ высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 06.06.01 Биологические науки, в соответствии с учебным планом подготовки аспирантов в БИН РАН профиль 03.02.12 Микология, профессиональными стандартами и паспортом научной специальности 03.02.12 - «Микология».

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели изучения дисциплины «Микология»:

- углубить знания аспирантов о разнообразии грибов, их филогенезе и онтогенезе, экологии, морфологии, физиологии, биохимии, цитологии и генетике,
- углубить знания аспирантов о методах и подходах в решении современных научных проблем микологии, в том числе в практических отраслях (биотехнология грибов, фитопатология, медицинская микология), как основы для развития профессиональной компетенции аспирантов.

Задачи дисциплины:

- сформировать у аспирантов представление об основных научных проблемах и дискуссионных вопросах современной микологии;
- сформировать у аспирантов представление о спектре современных методов и подходов для решения научно-исследовательских задач, включая морфологические, экологические, молекулярно-генетические, физиолого-биохимические методы;
- подготовить аспирантов к самостоятельной научной работе в области микологии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Учебная дисциплина «Микология» входит в вариативную часть (обязательные дисциплины) ООП подготовки аспирантов по направлению 06.06.01 Биологические науки, профиль 03.02.12 Микология.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания по микологии, ботанике, протистологии, генетике и биологической статистике, в объеме программы высшего профессионального образования.

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании научно-квалификационной диссертационной работы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Микология» направлено на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению 06.06.01 Биологические науки, профили: 03.02.12 Микология:

3.1. Универсальные компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1),
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3).

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

3.3. Профессиональные компетенции:

- способность применять и адаптировать знания о биологическом разнообразии растительных организмов, их взаимоотношениях на молекулярном, клеточном, организменном и ценоотическом уровнях в узкопрофессиональной и междисциплинарной деятельности (ПК-1);
- готовность использовать полученные знания в области биологических наук, соответствующей избранному профилю обучения, для решения собственных исследовательских задач, включая постановку проблемы, формирование целей, выбора методов исследования и проведения анализ (ПК-2).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:

знать:

- о биологическом разнообразии грибов и грибоподобных организмов на молекулярном, клеточном, организменном и ценоотическом уровнях, а также знания о современной систематике и таксономии грибов;

уметь:

- использовать полученные знания для постановки проблемы, формирования целей и определения методов исследования и проведения анализа, для генерирования вариантов решения проблемы, выбора решения и защиты полученных результатов в самостоятельной научно-исследовательской работе;
- самостоятельно приобретать новые знания и формировать суждения по научным проблемам современной микологии через поиск и анализ научной литературы с

использованием традиционных библиографических и современных информационных систем поиска и анализа научной информации;

владеть:

- навыком доступно и логично излагать полученные знания (в ходе беседы, дискуссии, опроса, экзамена и т.п.);
- навыком завершать научные исследования публикацией отчетов, рефератов и научных статей.
- навыком использования современных образовательных и информационных технологий;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределение бюджета учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса согласно учебному плану.

Форма обучения очная (заочная), 1й и 3ий года аспирантуры; виды отчетности — зачёт, зачёт с оценкой, кандидатский экзамен.

| Вид учебной работы | Объем часов | Объем зачетных единиц |
|---------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|
| Трудоемкость изучения дисциплины | 216 | 6 |
| Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) | 36 | 1 |
| в том числе: | | |
| -лекции | 36 | 1 |
| -семинары | 0 | |
| -практические занятия | 0 | |
| Самостоятельная работа аспиранта (всего) | 180 | 5 |
| в том числе: | | |
| -подготовка к практическим занятиям | 0 | |
| -подготовка реферата | 72 | 2 |
| -изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку | 108 | 3 |

4.2. Объем дисциплины и виды учебной работы

| № | Название раздела | Объем (в учебных часах) |
|---|------------------|-------------------------|
|---|------------------|-------------------------|

| п/п | дисциплины | лекции | самостоят. работа |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|
| 1 | Введение в микологию. | 2 | 6 |
| 2 | Положение грибов и грибообразных протистов в системе живых организмов | 2 | 6 |
| 3 | Морфология и размножение грибов | 4 | 12 |
| 4 | Основы физиологии и биохимии грибов | 2 | 6 |
| 5 | Цитология и генетика грибов | 4 | 12 |
| 6 | Грибы - паразиты растений | 2 | 6 |
| 7 | Грибы - паразиты животных и человека | 2 | 6 |
| 8 | Биотехнология грибов | 2 | 6 |
| 9 | Экология и география грибов | 4 | 12 |
| 10 | Основы систематики грибов и грибообразных протистов | 6 | 18 |
| 11 | Основы геносистематики грибов | 6 | 18 |
| | Подготовка реферата | | 72 |
| | Итого: | 36 | 180 |

4.3. Содержание разделов и темы занятий

Тема 1. Введение в микологию

Предмет МИКОЛОГИИ, ее место в системе биологических наук. Микология как научная основа охраны и рационального использования природных ресурсов, современной биотехнологии, фитопатологии, медицинской и ветеринарной микологии, объектами которых являются грибы.

Тема 2. Положение грибов и грибообразных протистов в системе живых организмов

Представление о грибах как об обособленном царстве живых организмов. Филогенетические и эколого-трофические рамки группы организмов, называемой "ГРИБЫ". Гипотезы о происхождении и эволюции грибов. Грибы и грибоподобные организмы. Основные подходы и принципы геносистематики грибов. Таксономическая значимость сравнительного изучения первичных и вторичных метаболитов, цитологии и ультраструктуры, морфологии, экологии и географии грибов. Свободноживущие и лишенизированные грибы.

Тема 3. Морфология и размножение грибов

Строение грибного таллома и его эволюция. Мицелий и его модификации (покоящиеся, проводящие, инфекционные структуры). Дрожжи, особенности строения и размножения. Мицелиально-дрожжевой диморфизм. Вегетативное и бесполое размножение. Конидиогенез; номенклатура конидий. Половое размножение. Типы полового процесса в разных группах грибов и его генетическая регуляция (гомо-, гетеро- и псевдогомталлизм). Строение

репродуктивных элементов в различных группах грибов; спорангии низших грибов, сумки, базидии, конидиогенные структуры дейтеромицетов. Плеоморфизм. Гимений сумчатых и базидиальных грибов, разнообразие стерильных элементов гимения. Строение плодовых тел сумчатых и базидиальных грибов. Типы гифальной системы базидиом. Эволюция бесполого размножения и его связь с экологией грибов. Споры экзогенные и эндогенные. Экологические функции спор (споры пропативные и покоящиеся). Освобождение и распространение спор.

Тема 4. Основы физиологии и биохимии грибов

Химический состав грибной клетки и его специфичность. Конструктивный и энергетический обмен, запасные вещества. Грибы как гетеротрофы: питание, метаболизм. Ферменты грибов. Роль ферментов в питании грибов. Источники углерода в питании грибов и углеводный обмен. Гликолиз. Пентозофосфатный цикл. Цикл Кребса. Спиртовое брожение. Источники азота в питании грибов. Азотный обмен. Первичные метаболиты (ферменты, углеводы, липиды у грибов из разных таксонов). Вторичные метаболиты (токсины, пигменты, антибиотики, алкалоиды и др.) и их экологическое значение. Источники органического и неорганического питания. Метаболизм азота и углерода. Особенности синтеза аминокислот в различных группах грибов. Минеральное питание грибов. Липиды грибов. Жировой обмен. Витамины и факторы роста. Вторичный метаболизм. Биологически активные вещества грибов (антибиотики, токсины и др.). Пигменты грибов, их биологическое значение. Рост грибов. Факторы, влияющие на рост и морфогенез. Физиология паразитизма, микоризного и лишайникового симбиоза.

Тема 5. Цитология и генетика грибов

Строение грибной клетки. Клеточная стенка и ее состав в разных группах грибов. Строение мицелиальных септ у представителей различных эволюционных линий. Цитоскелет: микротрубочки и микрофиламенты, их локализация в вегетативных клетках и монадах; понятие центра организации микротрубочек (ЦОМТ). Ядро, Специфика митоза и мейоза. Смена ядерных фаз и значение дикакриофазы. Митохондрии. Запасные питательные вещества грибной клетки. Особенности строения клеточной стенки и септ у грибов из разных таксонов. Особенности грибного генома (ядерный и митохондриальный геном, повторяющиеся и уникальные последовательности, интроны, мобильные элементы). Принципы тетрадного анализа. Жизненные циклы. Гетерокариоз и парасексуальных процесс.

Тема 6. Грибы - паразиты растений

Понятия о трофности (некро-, био-, гемибиотрофные грибы), специализации (филогенетическая, онтогенетическая, тканевая специализации, внутривидовые дифференцировки по специализации), патогенности (вирулентность и агрессивность). Роль биологически-активных веществ грибов (ферменты-деполимеразы, виво- и патотоксины, фитогормоны, специфические и неспецифические элиситоры). Симптомы поражения растений. Гнили, слизи- и камедетечения, мумификация, увядание (вилт), пятнистости, некрозы, налеты, пустулы, галлы, опухоли, другие деформации органов растения, хлорозы, мозаики, курчавости. Выделение фитопатогенов и эндофитов в чистую культуру.

Инокулюм гриба. Поверхностная стерилизация субстрата. Питательные среды, используемые при культивировании фитопатогенов.

Тема 7. Грибы - паразиты животных и человека

Грибы - паразиты беспозвоночных животных. Энтомофильные грибы, распространенность в разных таксонах. Использование энтомофильных грибов для защиты растений и животных. Грибы - паразиты позвоночных животных. Грибные болезни рыб. Возбудители и меры борьбы. Болезни человека и сельскохозяйственных животных. Дерматомикозы, их возбудители и меры борьбы с ними. Глубокие микозы и причина их возрастающего значения. Возбудители и борьба с ними.

Тема 8. Биотехнология грибов

Культивирование грибов - продуцентов биологически-активных веществ (ферменты, витамины, антибиотики, ростовые вещества, спирт и др.). Глубинное и твердофазное культивирование мицелия. Биологические основы селекции полезных грибов. Традиционные и современные методы селекции. Промышленное культивирование съедобных грибов. Особенности культивирования гумусных сапротрофов и ксилотрофов. Методы выделения и хранения коллекционных чистых культур грибов. Общие сведения о грибных биотехнологиях. История технической микологии. Основные биотехнологии с использованием грибов. Методы поиска и выделения грибов-продуцентов. Отбор и селекция грибов-продуцентов. Методы хранения чистых культур грибов. Коллекции чистых культур грибов и их научное и прикладное значение. Патентование штаммов-продуцентов, питательных сред, аппаратуры и биотехнологических схем в промышленной микологии.

Тема 9. Экология грибов

Адаптации грибов к условиям обитания. Биохимические адаптации. Ферменты, антибиотики, токсины, пигменты, ростовые вещества грибов и их экологическое значение. Термофилия и психрофилия, их механизмы и значение. Реакции таксисов и тропизмов и их роль в выживании и расселении популяций грибов. Периодические явления в жизни грибов, их механизмы и адаптивное значение (циркадные ритмы развития, сезонные явления и т.п.). Состояние покоя и его роль в эволюции грибов. Многообразие функций спор грибов и их эволюция. Появление многофункциональной споры. Возникновение и эволюция паразитизма у грибов. Тенденции эволюции паразитизма в условиях агроэкосистем. Возникновение и эволюция мутуализма у грибов. Микоризы, их многообразие, распространение и значение в природе. Грибы - эндофиты растений. Их роль в природных сообществах. Лишайники как симбиотическая форма жизни. Симбиоз грибов с животными и бактериями.

Представления об экологических нишах у грибов. Представления о жизненных формах у грибов. Стратегии жизни и отбора у грибов и их экологическая роль.

Регуляции популяций грибов в природных условиях и их механизмы. Эндогенные и экзогенные механизмы и их проявление. Автоингибиторы грибов.

Культуральные и природные формы грибов, их особенности и различия. Методы активирования старых культур грибов. Основные эколого-трофические

группы грибов. Принципы выделения и механизмы формирования. Грибы и растения. Грибы и животные. Почвенные грибы. Водные грибы. Аэромикология. Сукцессии грибов, их причины и механизмы. Особенности географического распространения грибов.

Грибы в ноосфере. Влияние антропогенных нагрузок на грибы. Проблемы охраны редких видов грибов. Биоповреждения. Экологические проблемы защиты растений от болезней. Биологический контроль фитопатогенных грибов в агроэкосистемах. Грибы в городе. Методические проблемы экологии грибов.

Тема 10. Основы систематики грибов и грибообразных протистов

OPISTHOKONTS. Характеристика группы.

FUNGI (= MYCOTA, MYCETALIA). Различные взгляды на происхождение грибов и их положение в системе. Особенности синтеза лизина. Объем группы.

Microsporidia. Характеристика группы. Образ жизни. Строение таллома. Особенности полового и бесполого размножения. Основные представители.

Kickxellomycotina. Характеристика группы. Образ жизни. Строение таллома. Особенности полового и бесполого размножения. Основные представители.

Zoopagomycotina. Характеристика группы. Образ жизни. Строение таллома. Особенности полового и бесполого размножения. Основные представители.

Entomophthoromycotina. Характеристика группы. Образ жизни. Строение таллома. Особенности полового и бесполого размножения. Основные

представители и циклы их развития. **Blastocladiomycota.** Характеристика группы. Образ жизни. Строение таллома. Особенности полового и бесполого

размножения. Основные представители. **Neocallimastigomycota.** Характеристика группы. Образ жизни. Строение таллома. Особенности полового и бесполого

размножения. Основные представители. **Glomeromycota.** Образ жизни. Строение таллома. Особенности полового и бесполого размножения. Основные

представители. **Chytridiomycota.** Особенности строения подвижных стадий и состава клеточной стенки. Типы талломов. Бесполое и половое размножение.

Цикл развития и смена ядерных фаз. Экология. Признаки, положенные в основу деления на порядки. Общая характеристика. Филогенез в пределах класса

Хитридиомицетов. Современные представления о принципах построения системы класса (работы Д. Барра, Л. Ланге). Практическое значение. Параллелизм в

строении талломов водных оомицетов, гифохитридиомицетов и хитридиомицетов. **Zygomycota.** Образ жизни. Строение таллома. Особенности

полового и бесполого размножения. Основные представители. **Trichomycetes.** Строение таллома. Биология. Половое размножение. Особенности бесполого

размножения: трихоспоры, артроспоры, эндоспоры, амёбы. Основные порядки. Различные взгляды на происхождение трихомицетов и их положение в системе

грибов.

DICARYA. Общая характеристика. Объем отдела.

ASCOMYCOTA. Общая характеристика. Объем подотдела. Деление на классы. Данные по нуклеотидным последовательностям ДНК и современная система *Ascomycotina*.

BASIDIOMYCOTA. Общая характеристика. Типы базидий. Строение септ мицелия. Способы прорастания базидиоспор. Роль анаморф в циклах развития.

Дрожжеподобные стадии. Принципы деления на классы (Мур, Крайзель Пеглер, Уэллс, Сванн и Тейлор и др.).

ДЕЙТЕРОМИЦЕТЫ, или МИТОСПОРОВЫЕ ГРИБЫ. Общая характеристика. Объем группы.

ГРИБООБРАЗНЫЕ ПРОТИСТЫ – ОБЪЕМ ГРУППЫ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА. CHROMALVEOLATA — характеристика группы.

STRAMENOPILA: Oomycota. Различные взгляды на происхождение группы и ее положение в системе. Объем группы. Обоснование филогенетической и систематической близости гифохитридиомицетов и оомицетов. Общая характеристика. Строение подвижных стадий. Состав клеточной стенки. Особенности синтеза лизина. Половое и бесполое размножение. Общая схема развития и смены ядерных фаз. **Hyphochytriomycota.** Особенности строения подвижных стадий и состава клеточной стенки. Происхождение, филогенетические связи, положение в системе. Общая характеристика.

UNIKONTS

АМОЕВОЗОА

Eumycetozoa (=Мухомycota). Происхождение и положение в системе. Принципы классификации. Классы: Протостелиевые, Миксогастровые. Церациомиксовые. Общая характеристика классов.

PERCOLOZOA

Акразиевые (Acrasiomycota). Особенности строения, размножение, экология.

CERCOZOA

Плазмодиофоровые (*Plasmodiophora, Spongospora, Sorosphaera, Polymyxa*). Общая характеристика. Паразитные слизевики - возбудители болезней растений; килы крестоцветных, порошистой парши картофеля. Исследования М.С. Воронина, С.Г. Навашина, И. Таммеруп и Д. Инграм и др. по изучению цикла развития возбудителя килы крестоцветных.

НЕТЕРООНТА (= CHROMISTA)

Labyrinthulomycetes (= Labyrinthulea). Особенности строения вегетативного тела, сближающие их с миксомицетами, и строение зооспор, сближающее с оомицетами. Образ жизни. Особенности цикла развития.

Тема 11. Основы геносистематики грибов

Использование различных молекулярно-генетических методов в систематике. Видоидентификация грибов на основе анализа ДНК. Филогенетические деревья. Интерпретация результатов, полученных методами геносистематики. Расхождения в системах грибов, построенных на основе морфологических данных и методами геносистематики на разных таксономических уровнях. Клады и международный кодекс ботанической номенклатуры. Пути и способы разрешения проблем. Современные филогенетические системы грибов и грибообразных организмов.

4.4. Практические занятия.

Не предусмотрены.

4.5. Самостоятельная работа аспиранта

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе. В программу самостоятельной работы включается также написание реферата по теме выбранной аспирантом (из указанных в п.4.6.) или предложенной научным руководителем по материалам, изучаемым в рамках данного курса.

Тема 1. Введение в микологию

История микологии. Проблема вида у грибов. Таксономические критерии описания вида. Морфометрические и культурально-морфологические характеристики в описании грибов. Физиолого-биохимические признаки. Группы вегетативной совместимости. Микология и фитопатология.

Тема 2. Положение грибов и грибообразных протистов в системе живых организмов

Место грибов в общей системе живых организмов. Понятие «грибы» и различные его трактовки. Проблемы происхождения, эволюции грибов и грибообразных протистов, филогенетических связей между ними.

Тема 3. Морфология и размножение грибов

Изучение морфологии, цитологии и ультраструктуры грибов, их онтогенеза, морфогенеза, жизненных циклов и систем размножения. Вегетативное тело грибов. Немицелиальные формы. Мицелий и его видоизменения: анастомозы, гаустории, апрессории, ловчие петли и кольца, везикулы и арбускулы, гифоподии и т.д. Группировка мицелия: склероции, синнемы, мицелиальные тяжи, везикулы и арбускулы и т.д. Понятие о тканях.

Тема 4. Основы физиологии и биохимии грибов

Способы питания грибов (сапротрофный, биотрофный и некротрофный).

Трофические группы и природные питательные субстраты грибов.

Субстраты питания дрожжей. Углеродное питание. Ассимиляция углеродсодержащих органических веществ (сахара, сахароспирты, органические кислоты и др). Кривые роста и фазы роста мицелия грибов в условиях жидкофазного и твердофазного культивирования. Температура. Разделение на группы по отношению к температуре. Психрофилы и физиологические механизмы определяющие устойчивость грибов к холоду. Состав мембран, осмолиты, ферменты. Примеры психрофильных грибов. Термофильные и термотолерантные грибы. Физиологические основы адаптации к высоким температурам (вязкость мембран, дыхание, ферменты). Солеустойчивость у грибов. Токсическое действие солей и механизмы защиты (биосинтез осмолитов, транспорт ионов Na^+ и Cl^- , АТФ-азы). Свет. Фотопериодизм и сезонность у грибов Фототропизмы. Влияние света на формирование анаморфной и телеоморфной стадий у *Aspergillus nidulans*. Рецепторы голубого света у грибов (фототропины и криптохромы). Рецепторы красного света (фитохромы). Циркадные ритмы у *Neurospora crassa* Действие света на морфогенез плодовых тел у *Cordyceps sinensis*. Влажность. Ксерофильные и ксеротолерантные грибы. Метаболизм. Освобождение и запасание энергии. Понятия анаболизма и катаболизма в метаболизме углерода. Хемоорганотрофный метаболизм грибов. Аэробный катаболизм (три ступени процесса). Гликолиз: цикл Эмбден-

Мейергофа-Парнаса, цикл пентоз, цикл Энтнера-Дудорова. Метаболизм пирувата. Цикл Кребса. Анаболизм, глюконеогенез. Анаэробный катаболизм у дрожжей (брожение). Аэробное и нитратное дыхание у грибов. Метаболизм грибов, обитающих в желудке травоядных. Конверсия глюкозы. Физиологические процессы, протекающие в гидрогеносомах. Метаболизм азота у мицелиальных грибов. Процессы ассимиляции источников азота (органический и неорганический азот в питательных субстратах грибов). Ассимиляция азота у дрожжей. Пул аминокислот и мочевины. Метаболизм азота у лишайников. Метаболизм фосфора (ассимиляция и запасание). Полифосфаты и их значение для метаболизма грибов.

Тема 5. Цитология и генетика грибов

Роль грибов как модельных объектов в изучении фундаментальных проблем генетики и роль генетики в решении проблем фундаментальной и прикладной микологии. Грибной геном и его изменчивость. Организация ядерного генома грибов. Гетерокариоз. Ядерный статус и жизненные циклы грибов. Ядерные и цитоплазматические мутации. Специфика отбора мутантов у грибов. Комплементация. Современные методы получения мутантов. Направленный мутагенез. Инсерционный и делеционный мутагенез. Рекомбинации. Мейотическая рекомбинация. Принципы тетрадного анализа и картирования генов. Молекулярные механизмы рекомбинации. Внутригенные рекомбинации и конверсия генов. Митотическая рекомбинация. Особенности митоза у грибов. Парасексуальный процесс и картирование генов. Генетика развития грибов. Генетика полового цикла. Гетероталлизм и формы его проявления. Наследование и молекулярная структура факторов половой совместимости. Кассетный механизм переключения типов спаривания у аскомицетных дрожжей. Генетическое регулирование полового процесса у мицелиальных аскомицетов, гименомицетов и головневых грибов. Бесполой клеточный цикл у дрожжей. Генетический контроль клеточного цикла. Генетический контроль мицелиального роста и бесполого спороношения. Популяционная и эволюционная генетика грибов. Генетические факторы, влияющие на структуру популяций грибов.

Тема 6. Грибы - паразиты растений

Изучение грибов-паразитов растений. Разработка биологических основ борьбы с ними.

Тема 7. Грибы - паразиты животных и человека

Классификация микозов. Эпидемиология дерматомикозов (дерматофитий). Эпидемиология кандидоза. Эпидемиология внутрибольничных микозов. Эпидемиология эндемичных микозов. Факторы патогенности возбудителей микозов. Высококонтрагиозные и оппортунистические микромицеты. Иммунные и неиммунные механизмы антимикотической защиты организма. Экологические, профессиональные, бытовые факторы риска развития микозов. Современная лекарственная терапия, инвазивные методы лечения как факторы риска развития микозов. Изучение особенностей биологии патогенных для человека грибов и не патогенных грибов, имеющих медицинское значение. Изучение их антигенной активности, изменчивости, механизмов действия, резервуаров в природе, путей распространения, клинического проявления и патогенеза микозов, защитных

иммунологических реакций организма в ответ на внедрение в него грибов, методов лабораторной диагностики, средств и методов лечения больных микозами.

Тема 8. Биотехнология грибов

Общие сведения о грибных биотехнологиях. История технической микологии. Основные биотехнологии с использованием грибов. Направленное получение высокоактивных продуцентов: селекция (спонтанная, индуцированные мутагенез, автоселекция), генная и клеточная инженерия, устойчивость. популяционная устойчивость биологических объектов и методы хранения производственных штаммов.

Тема 9. Экология грибов

Экологические исследования грибов и природная зональность. Грибы как компонент гетеротрофного блока сообществ почвенных организмов. Основные представления о роли грибов в почвообразовательном процессе и жизни почвенной биоты и высших растений. Краткая характеристика методов изучения почвенных грибов. Участие грибов в круговороте веществ в природе. Экологические факторы и их влияние на грибы. Действие на грибы абиотических факторов среды. Влияние на грибы биотических факторов. Адаптации грибов к условиям обитания. Биохимические адаптации. Микоризы и их многообразие, распространение и значение в природе. Грибы - эндофиты растений. Их роль в природных сообществах. Лишайники как симбиотическая форма жизни. Симбиоз грибов с животными и бактериями. Исследование структуры грибных популяций и эколого-трофических групп грибов.

Тема 10. Основы систематики грибов и грибообразных протистов

Вид, как биологическая категория. Концепции вида. Биологическая концепция в отношении унипарентальных организмов. Дефиниции видов. Практический стандарт вида. Ценовид, надвид, политипный вид, коллективный вид, линнеон, эволюционирующий вид, морфовид. Реальность вида. Реальность таксонов рангом выше рода. Виды-двойники, интерстерильные группы. Систематика – как отрасль биологической науки. Ее составные части. Научные наименования. Наименования таксонов различных рангов. Международные кодексы ботанической номенклатуры. Их структура содержание и назначение. Правила обнародования таксонов. Номенклатурные принципы. Относительная стабильность наименований и ее причины. Цитирование авторов наименований.

Тема 11. Основы геносистематики грибов

Молекулярно-генетические методы в систематике грибов (RAPD, RFLP и т.д.). Секвенирование нуклеотидных последовательностей. Гибридизация ДНК. Геномные библиотеки. Разрешающая способность различных методов и таксономическое значение отдельных критериев применительно к отдельным группам грибов.

4.6. Темы рефератов

1. Морфологические структуры грибов как отражение адаптивной эволюции.
2. Типы конидиогенеза и классификация конидий.

3. Критерии вида, маркеры видовой дивергенции и видообразование у грибов.
4. Основные особенности и макросистематика подцарства *Dikarya*.
5. Пукциномицеты, дакримицеты, агарикомицеты: гипотезы о родственных связях.
6. Эколого-ценотические группы грибов: подходы к выделению, проблемы классификации.
7. Симбиотические отношения грибов с растениями и животными.
8. Грибы – эпифиты насекомых: конвергентные черты редуцированного таллома.
9. Особенности получения чистых культур макромицетов из различных эколого-трофических групп.
10. Стратегии адаптации и функции афиллофороидных базидиомицетов в лесных экосистемах.
11. Коллекции чистых культур и их роль в сохранении биоразнообразия макромицетов.
12. Микроскопические грибы экстремальных местообитаний.
13. Лихенофильные грибы: обзор группы и современное состояние исследований.
14. Географическая зональность грибов в почвах различных растительных зон.
15. Антропогенное влияние на комплексы микроскопических грибов.

Самостоятельная работа аспиранта

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе. В программу самостоятельной работы включается также написание реферата по теме выбранной аспирантом (из указанных выше или предложенной научным руководителем по материалам, изучаемым в рамках данного курса).

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

Технология процесса обучения аспирантов включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекции);
- самостоятельная работа аспирантов;
- контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию: зачет в 1 семестре; зачет с оценкой во 2 семестре, экзамен в 6 семестре.

В процессе изучения дисциплины, как лектором, так и обучающимися используется метод проблемного изложения материала, самостоятельное чтение аспирантами учебной, учебно-методической и справочной литературы, анализ информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по актуальным проблемам физиологии и биохимии растений и последующие свободные дискуссии по освоенному ими материалу

Аудиторные занятия проводятся с использованием информационно-телекоммуникационных технологий: учебный материал представлен также в виде мультимедийных презентаций. Презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Самостоятельная работа аспирантов. Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- поиск научной информации в открытых источниках с целью ее анализа и выявления ключевых особенностей исследуемых явлений;
- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы, постановка которых отвечает целям освоения модуля;
- решение проблемных задач стимулируют познавательную деятельность и научно- исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация включает зачет в 1ом семестре, написание реферата и зачет с оценкой во 2ом семестре, завершает изучение дисциплины «Микология» кандидатский экзамен, который проводится в 6-ом семестре.

Порядок проведения кандидатских экзаменов включает в кандидатский экзамен по научной специальности дополнительные разделы, обусловленные спецификой научной специальности. Билеты кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук должны охватывать разделы специальной дисциплины отрасли науки и научной специальности и дисциплины научной специальности по выбору аспиранта.

6.3. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

6.3.1. Критерии оценивания для зачета

Оценка «зачтено». Систематическое посещение занятий в течение учебного года - аспирант посетил более 75% аудиторных занятий. В процессе обучения показал заинтересованность в предмете.

Оценка «не зачтено». Пропущено значительное количество занятий без уважительной причины - аспирант посетил менее 75% аудиторных занятий. В процессе обучения не проявил интереса к предмету.

6.3.2. Критерии оценивания для зачета с оценкой.

Оценка выставляется по итогам написания реферата.

Оценка «отлично» – наличие глубоких исчерпывающих знаний (в объеме

утвержденной программы дисциплины в соответствии с поставленными программой курса целями и задачами обучения); грамотное и логически стройное изложение материала, усвоение основной и знакомство с дополнительной литературой.

Оценка «хорошо» – наличие твердых и достаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с целями обучения), правильные действия по применению знаний, умений, владений на практике, четкое изложение материала, допускаются отдельные логические и стилистические погрешности, сдающий усвоил основную литературу, рекомендованную в программе дисциплины;

Оценка «удовлетворительно» – наличие недостаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы), изложение материала с отдельными ошибками, правильные в целом действия по применению знаний на практике.

Оценка «неудовлетворительно» – тема реферата не раскрыта, наличие грубых ошибок, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике.

6.3.3. Критерии оценивания для кандидатского экзамена.

Содержание и структура кандидатского экзамена и критерии оценивания определены в Программе кандидатского экзамена по специальности соответствующего профиля (*Приложение 18*).

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Переведенцева Л.Г. Микология: грибы и грибоподобные организмы: Учебник. 2 изд., испр. и доп. СПб.: Издательство «Лань», 2012. 272 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Андреюк Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А. Микробная коррозия и ее возбудители. Киев. Наукова Думка. 1980. 274 с.
2. Беккер З.Э. Физиология и биохимия грибов. Изд-во Моск. ун-та. 1988. 230 с.
3. Билай В.И. (ред.). Методы экспериментальной микологии. Справочник. Киев. Наукова думка. 1982. 550 с.
4. Биоповреждения. Учебное пособие для вузов. Под ред. В Д Ильичева. М. Высш. шк. 1987. 352 с.
5. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. М.Мир. 1986. 424 с.
6. Ванин С.И. Лесная фитопатология. М. Л. Гослесбумиздат. 1955. 416 с.
7. Вассер С.П. Принципы ботанической номенклатуры и ее применение в связи с новым международным кодексом ботанической номенклатуры//В сб.: Биологические основы рационального использования, преобразования и охраны растительного мира. Киев. 1984. С. 53-68.
8. Великанов Л.Л., Сидорова И.И. Некоторые биохимические аспекты в экологии грибов.//Успехи микробиол., 1983, Т.18, с. 112-132.
9. Великанов Л.Л., Сидорова И.И. Экологические проблемы защиты растений от болезней. Итоги науки и техники. Сер. Защита растений. Т.6. М.1988. 143 с.

10. Великанов Л.Л., Сидорова И.И., Успенская Г.Д. Полевая практика по экологии грибов и лишайников. М., изд-во МГУ, 1980, 112 с.
11. Великанов Л.Л., Успенская Г.Д. Некоторые вопросы экологии грибов (пути формирования основных экологических групп грибов, их место и роль в биогеоценозах) // В кн. Итоги науки и техники. Сер. Ботаника. М. ВИНТИ. 1980. Т. 4. С. 49-105.
12. Воронина Е.Ю. Микоризы в наземных экосистемах: экологические, физиологические и молекулярно-генетические аспекты микоризных симбиозов // Микология сегодня. Т. 1. Под ред. Дьякова Ю.Т., Сергеева Ю.В. М.: Национальная академия микологии. 2007. С. 142-234.
13. Гарибова Л. В., Лекомцева С. Н. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. Изд-во: КМК, 2005, 224 с.
14. Джеффри Ч. Биологическая номенклатура. М. Мир. 1980. 118 с.
15. Дудка И.А. Классификационные схемы несовершенных грибов порядка Moniliales и положение в них водных гифомицетов//В кн.: Новости систематики высших и низших растений. Киев. Изд. Наукова думка. 1976(1977). с. 134-203.
16. Дьяков Ю.Т. Системы размножения грибов и их эволюция // Микология и фитопатология. 1999. Т. 33. N 3. С. 137-149.
17. Дьяков Ю.Т. (ред.). Программы спецкурсов по микологии, альгологии, лишенологии. Кафедра микологии и альгологии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. М.: Национальная академия микологии. 2001. 58 с.
18. Дьяков Ю.Т., Сергеев Ю.В. (ред.). Новое в систематике и номенклатуре грибов. – М.: "Национальная академия микологии"; "Медицина для всех", 2003. 496 с.
19. Дьяков Ю.Т., Шнырева А.В., Сергеев А.Ю. Введение в генетику грибов. М. Издательский центр "Академия". 2005. 304 С.
20. Дьяков Ю.Т. (гл. ред.) Современная микология в России. Том 2. Материалы 2-го Съезда микологов России. М.: Национальная академия микологии, 2008. – 548 с.
21. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. М. МГУ. 1994. 512 с.
22. Завадский К.М. Вид и видообразование. Л. Наука. 1968. 404 с.
23. Захаров И.А. Курс генетики микроорганизмов. Минск. Вышэйшая школа. 1978. 192 с.
24. Звягинцев Д.Г. (ред.). Методы почвенной микробиологии и биохимии. М. МГУ. 1991. 304с.
25. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М. Изд-во МГУ. 1987. 286 с.
26. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М. Изд-во МГУ. 2005. 445 с.
27. Инге-Вечтомов С.Г., Карпова Т.С. Частная генетика дрожжей-сахаромицетов. СПб. Изд-во СПбГУ. 1993. 249 с.
28. Каневская И.Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. Л. Наука. 1984. 229 с.

29. Каратыгин И.В. Коэволюция грибов и растений. С-Пб. Гидрометеиздат. 1993. 116 с.
30. Кашкин П.Н., Лисин В.В. Практическое руководство по медицинской микологии. М.: Медицина, 1983 г.
31. Климко Н.Н. Противогрибковые препараты. Выбор антимикробных препаратов при грибковых инфекциях. Практическое руководство по антиинфекционной химиотерапии. Под ред. Л.С. Страчунского, Ю.Б. Белоусова, С.Н. Козлова. М.: Боргес, 2002 г.
32. Кураков А.В. Методы выделения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем. М. МАКС Пресс. 2001. 91 с.
33. Кусакин О.Г., Дроздов А.Л. Филема органического мира. – Спб.: Наука, 1998. – С. 136-153.
34. Литвинов М.А. Методы изучения почвенных микроскопических грибов. Л. Наука. 1969. 120 с.
35. Лукнер М. Вторичный метаболизм у микроорганизмов, растений и животных. М. Мир. 1979. 548 с.
36. Майр Э. Принципы зоологической систематики. М. Мир. 1971. 454 с.
37. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М. Медицина для всех. 2005. 196 с.
38. Мегарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М. Мир. 1992. 181 с.
39. Медицинская микробиология. Под ред. акад. РАМН В.И. Покровского. М.: Медицина, 1998 г.
40. Международный кодекс ботанической номенклатуры (Венский кодекс). М. Товарищество научных изданий КМК. 2009. 282 с.
41. Мельник В.А. Конидиогенез и проблемы таксономии целомицетов//Микол. и фитопатол. 1985. Т. 19. С. 172-179.
42. Методы экспериментальной микологии. Справочник. Под ред. В.И. Билай. Изд-во Наукова думка, 1982, 552 с.
43. Мир растений. Том 2. Грибы. (Под ред. М.В.Горленко). М., "Просвещение", 1991, 479 с.
44. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М. Наука. 1989. 223 с.
45. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М. Изд-во МГУ. 1988. 220 с.
46. Мирчинк Т.Г., Озерская С.М., Марфенина О.Е. Выявление комплексов микроскопических грибов по их структуре // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1982. 11. С. 61-66.
47. Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург. Наука. 1993. 232 с.
48. Мюллер Э., Лефлер В. Микология. М. Мир. 1995. 343 с.
49. Ainsworth J., Bisby H. Dictionary of the fungi. 8 ed by Hawksworth D.L., Kirk P.M., Sutton B.C., Pegler D.M. CAB International, Wallingford. U.K. 1995, 616 p.
50. Alexopoulos C.J., Mims C.W., Blackwell M. Introductory Mycology. (4th ed.) New York. USA. 1996. 868 p.

51. Anderson I.C., Cairney J.W.G. Diversity and ecology of soil fungal communities: increased understanding through the application of molecular techniques // *Environmental Microbiology*. 2004. V. 6 (8). P. 769-779.
52. Bills G. F., Christensen M., Powell M., Thorn G. Saprobiic Soil Fungi. In: Foster M., Mueller G., Bills G. Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. Boston. Elsevier Academic Press. 2004. P. 271-302
53. Blackwell M. (2011) The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American Journal of Botany*, V. 98 (3), P. 426–438.
54. Brundrett M.C., Bougher N., Dell B., Grave T., Malajczuk N. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Canberra. Australian Centre for International Agricultural Research. 1996. 374 p.
55. Christensen M. A view of fungal ecology // *Mycologia*. 1989. V.81, N. 1. P. 1-19.
56. Fincham J.R.S., Day P.R., Radford A. Fungal genetics. Berkeley. University of California Press. 1979. 636 p.
57. Fiore-Donno A-M., Berney C., Pawlowski J., Baldauf S.L. Higher-order phylogeny of plasmodial slime molds (Myxogastria) based on elongation factor 1-A and small subunit rRNA gene sequences // *J. Eukaryot. Microbiol.* 2005.Vol. 52. P. 1–10.
58. Foster M., Mueller G., Bills G. (eds.). Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. Boston. Elsevier Academic Press. 2004. 777 p.
59. Frankland J.C., Dighton J., Boddy L. Methods for Studying Fungi in Soil and Forest Litter // *Methods in Microbiology*. 1990. V. 22. P. 343-404.
60. Gams W. (ed.). CBS course of mycology, fourth edition. Braan. Delft. CBS. 1998. 165 p.
61. Gams W. The analysis of communities of saprophytic microfungi with special reference to soil fungi. In: *Fungi in vegetation science*. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers. 1992. P. 183-223.
62. Gray W.D., Alexopoulos C.J. *Biology of Myxomycetes*. – New York, 1968. – 288 p.
63. Hawksworth D. L. Pandora's mycological box: molecular sequences vs. morphology in understanding fungal relationships and biodiversity // *Rev. Iberoam Micol.* 2006.Vol. 23. N 3. P. 127-33.
64. Hawksworth D.L. *Mycologist's handbook. An introduction to the principles of taxonomy and nomenclature in the fungi and lichens*. Kew Commonwealth Mycological Institute. 1974. 231 p.
65. Hibbett D.S., Binder M., Bishoff J.F., Blackwell M., Al. Et. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi // *Mycological Research*, 2007. V. 111. P. 509-547.
66. Kirk J.L., Beaudette L.A., Hart M., Moutoglis P., Klironomos J.N., Lee H. Trevors J.T. Methods of studying soil microbial diversity // *Journal of Microbiological Methods*. 2004. V. 58 (2). P. 169-188.
67. Kirk P.M., Cannon P.F., Stalpers J.A. *Dictionary of the Fungi*, 10th ed., CABI, 2008, 784 p.
68. Liu B.R., Jia G.R., Chen J., Wang G.A. Review of Methods for Studying Microbial Diversity in Soils // *Pedosphere*. 2006. V. 16 (1) P. 18-24.

69. Lodge D.J., Ammirati J.F., O'Dell T.E., Mueller G.M., Huhndorf S.M., Wang C.-J., Stokland J.N., Schmit J.P., Ryvarden L., Leacock P.R., Mata M., Umana L., Wu Q., Czederpiltz D.L. Terrestrial and lignicolous macrofungi. In: Mueller G.M., Bills G.F., Foster M.S. (eds.). Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. Boston. Elsevier Academic Press. 2004. P. 127-172.
70. Martin G.W., Alexopoulos C.J. The Myxomycetes. Iowa, 1969. 560 p.
71. Mueller G.M., Bills G.F., Foster M.S. (eds.). Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. Boston. Elsevier Academic Press. 2004. 777 p.
72. Pitt J.I., Samson R.A. Systematics of *Penicillium* and *Aspergillus* - past, present and future. In: Modern concepts in *Penicillium* and *Aspergillus* classification. Plenum Press. New York. P. 3-13. 1990.
73. Savile D.B.O. Possible interrelationships between fungal groups. In: The fungi. v. 3. G.C.Ainsworth, A.S.Sussman (ed.). Acad. Press, N.Y., 1968. P.649-675
74. Schmidt O. Wood and tree fungi: biology, damage, protection, and use. Berlin. Heidelberg. Springer. 2006. 334 p.
75. Smith S.E., Read D.J. Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition. NY. Academic Press. 2008. 787 p.
76. Sparrow F.K. Aquatic Phycomycetes. 2 ed. Ann. Arbor. New York 1960. 620 p.
77. Stephenson S. L., Stempen H. Myxomycetes – a Hand-book of Slime Molds. – Portland, Oregon, 1994. 183 p.
78. Sutton S.C. Conidium ontogeny in pycnidial and acervular fungi//In: Taxonomy of Fungi Imperfecti. Toronto Univ. Press. 1971. P. 263-278.
79. Swann E.C., Taylor J.W. Phylogenetic perspectives on basidiomycete systematics:evidence from the 18S rRNA gene. Canad. J.Bot., 1995, 73, Suppl.1. P.862-868.
80. Tubaki K. Taxonomic study of Hyphomycetes//Ann. Rep. Inst. Ferment. Osaka. 1963. Vol. 1. P. 15-24.
81. Varma A. (ed.) Mycorrhiza manual. Heidelberg NY. Springer. 1998. 542 p.
82. Watrud L.S., Martin K., Donegan K.K., Stone J.K., Coleman C.G. Comparison of taxonomic, colony morphotype and PCR-RFLP methods to characterize microfungal diversity // Mycologia. 2006. V. 98 (3). P. 384-392.
83. Weresub L.K., Hennebert G.L. Anamorph and telemorph: Terms for organs of reproduction rather than kariological phases//Mycotaxon. 1979. Vol. 8. P. 181-186.
84. Windels C.E. Recent advances in *Fusarium* Systematics. Current status of *Fusarium* taxonomy//Phytopathol. 1991. Vol. 81. N. 9. P. 1048-1051.
85. Winterhoff W. (ed.) Fungi in vegetation science. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers. 1992. 256 p.

Рекомендуются для дополнительного изучения обзорные и экспериментальные статьи в журналах «Микология и фитопатология», «Mycologia», «Mycotaxon», «Fungal Diversity», «Mycological Progress», «Mycological Research» и др.

7.3. Электронные образовательные ресурсы

| | |
|---------------------------|------------------------|
| Ссылка на интернет-ресурс | Компания-производитель |
|---------------------------|------------------------|

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| http://invam.caf.wvu.edu/ | INVAM – International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi |
| http://mycorrhizas.info/ | Mycorrhizal associations: the web resource |
| http://mycoweb.narod.ru/fungi/index.html | Грибы Калужской области |
| http://www.mycology.cornell.edu/ | The WWW Virtual Library: Mycology |
| http://www.biology.duke.edu/fungi/mycolab/ | Duke Mycology |
| http://slimemold.uark.edu/ | Ресурс Арканзаского Университета |
| http://www.cybertruffle.org.uk/cyberliber/ | CYBERLIBER An Electronic Library for Mycology |
| http://www.mycolog.com/CHAP1.htm | Kingdoms, Classification, Nomenclature, Cladistics, Biodiversity |
| http://www.kuleuven.be/aidslab/phylogenybook/home.html | The phylogenetic handbook |
| http://www.ncbi.nlm.nih.gov | БД и ресурсы Национального центра биотехнологической информации США |
| http://www.ebi.ac.uk/embl/ | БД Европейского института биоинформатики Европейской лаборатории молекулярной биологии |
| http://www.viniti.ru/ | Реферативный журнал ВИНТИ «Биология» |
| http://uisrussia.msu.ru/ | Университетская информационная система Россия |
| http://www.rsl.ru/ | Российская государственная библиотека |
| http://www.scopus.com/ | SciVerse Scopus |
| http://www.elibrary.ru | Научная электронная библиотека |
| http://e.lanbook.com | ЭБС издательства Лань |
| https://clarivate.com/products/web-of-science/ | Clarivate Analytics |

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения обучения имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

- помещения для проведения занятий, оборудованные комплектом мебели;
- комплект проекционного мультимедийного оборудования;
- компьютеры с доступом к сети Интернет;
- библиотека с информационными ресурсами на бумажных и электронных носителях;
- офисная оргтехника.