

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. Г. БЕЛИНСКОГО

«СОГЛАСОВАНО»
Декан Факультета физико-математических
и естественных наук

Перельгин Ю.П.
«18» сентября 2015 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор Педагогического института
им. В. Г. Белинского

Сурина О.П.
«18» сентября 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.1 МОЛЕКУЛЯРНАЯ СИСТЕМАТИКА ЖИВОТНЫХ

Направление подготовки: **06.06.01 Биологические науки**

Направленность (Профиль): **Зоология**, научная специальность 03.02.04

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь.**

Форма обучения: **Очная, заочная**

Пенза – 2015 г.

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Программу составил:

Ермаков О.А. – доцент, к.б.н., доцент кафедры «Зоология и экология»



Программа обсуждена на заседании кафедры «ЗЭ»
протокол № 1 от «2» сентября 2015 года

Зав. кафедрой ЗЭ



Титов С.В.

Программа согласована с деканом Факультета физико-математических и естественных наук

Декан факультета


(подпись, дата)

Перельгин Ю.П.

Программа одобрена методической комиссией Факультета физико-математических и естественных наук

Протокол № 1

от «4» сентября 2015 года

Председатель методической комиссии Факультета физико-математических и естественных наук


(подпись)

Родионов М.А.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

1. Цели и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины – овладение теоретическими основами и методами молекулярной систематики животных, а также методологией использования молекулярно-генетического анализа в зоологических исследованиях..

Задачи:

- изучить теоретические основы молекулярной систематики животных, как междисциплинарного направления современных зоологических исследований;
 - изучить методы молекулярной экологии в связи со спецификой изучаемых видов животных и поставленными задачами исследования;
 - познакомиться с особенностями использования молекулярно-генетических маркеров в зоологических исследованиях;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний для решения исследовательских задач в области молекулярной систематики животных.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП аспирантуры

Дисциплина «Молекулярная систематика животных» относится к факультативным дисциплинам учебного плана ООП.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и готовности, полученные при изучении дисциплин «Основы статистического анализа в научных исследованиях», «Современные проблемы биологии», «История и философия науки». Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, могут быть применены в ходе научно-исследовательской деятельности и подготовки НКР (диссертации).

3. Компетенции аспиранта, формируемые в результате освоения программы дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

| Коды компетенции | Наименование компетенции | Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть) |
|------------------|--|---|
| ПК-6 | способностью понимать базовые представления о разнообразии зоологических объектов, значение биоразнообразия для устойчивости биосферы, способностью использовать методы наблюдения, описания, идентификации, классификации, культивирования зоологических объектов | <i>Знать:</i> современные представления о разнообразии животного мира, значение биоразнообразия для устойчивости биосферы |
| | | <i>Уметь:</i> определять таксономический и природоохранный статус исследуемого объекта |
| ПК-7 | способностью обосновать роль эволюционной идеи в биологическом мировоззрении; владением | <i>Владеть:</i> методами наблюдения, описания, идентификации, классификации, культивирования зоологических объектов |
| | | <i>Знать:</i> основные положения синтетической теории эволюции |
| | | <i>Уметь:</i> обосновать роль эволюционной идеи в биологическом мировоззрении |

| Коды компетенции | Наименование компетенции | Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть) |
|------------------|---|--|
| | современными представлениями об основах эволюционной теории, о микро- и макроэволюции | <i>Владеть:</i> современными представлениями об основах эволюционной теории, о микро- и макроэволюции |

**4. Структура и содержание дисциплины «Молекулярная систематика животных»
4.1.1 Структура дисциплины (очная форма обучения)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетных единицы, **72** часа.

| № п/п | Наименование разделов и тем дисциплины (модуля) | Семестр | Недели семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости (неделя) |
|------------------------------------|--|---------|-----------------|--|-----------|----------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---|
| | | | | Аудиторная работа | | | Самостоятельная Работа | | | |
| | | | | Всего | Лекция | Практические занятия | Всего | Подготовка к ауд.занят. | Подготовка к зачету | Собеседование |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Тема 1. Введение в молекулярную систематику животных | 5 | 1-2 | 2 | 2 | | | | 6 | |
| 2 | Тема 2. Цели, принципы и понятия молекулярной систематики | 5 | 3-4 | 2 | 2 | | | | 6 | |
| 3 | Тема 3. Выравнивание генетических последовательностей | 5 | 5-6 | 2 | 2 | | | | 6 | |
| 4 | Тема 4. Молекулярные маркеры в зоологии, систематике и филогении | 5 | 7-8 | 2 | 2 | | | | 6 | |
| 5 | Тема 5. Генетические дистанции, эволюционные и филогенетические модели | 5 | 9-10 | 2 | 2 | | | | 6 | |
| 6 | Тема 6. Филогенетический анализ | 5 | 11-12 | 2 | 2 | | | | 6 | |
| 7 | Тема 7. Отдельные задачи филогенетического анализа | 5 | 13-14 | 2 | 2 | | | | 6 | |
| 8 | Тема 8. Митохондриальная ДНК и филогеография | 5 | 15-16 | 2 | 2 | | | | 6 | |
| 9 | Тема 7. Компьютерные программы для филогенетического анализа | 5 | 17-20 | 2 | 2 | | | | 6 | |
| Общая трудоемкость, в часах | | | | 18 | 18 | | 54 | | 54 | Пром. аттест. Форма Сем Зач 5 Экз - |

4.1.2 Структура дисциплины (заочная форма обучения)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

| № п/п | Наименование разделов и тем дисциплины (модуля) | Семестр | Недели семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости (неделя) | |
|-------|--|---------|-----------------|--|----------|----------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---|---------------|
| | | | | Аудиторная работа | | | Самостоятельная Работа | | | Собеседование | |
| | | | | Всего | Лекция | Практические занятия | Всего | Подготовка к ауд.занят. | Подготовка к зачету | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | Тема 1. Введение в молекулярную систематику животных | 5 | | 1 | 1 | | | | | 7 | |
| 2 | Тема 2. Цели, принципы и понятия молекулярной систематики | 5 | | 1 | 1 | | | | | 7 | |
| 3 | Тема 3. Выравнивание генетических последовательностей | 5 | | 1 | 1 | | | | | 7 | |
| 4 | Тема 4. Молекулярные маркеры в зоологии, систематике и филогении | 5 | | 1 | 1 | | | | | 7 | |
| 5 | Тема 5. Генетические дистанции, эволюционные и филогенетические модели | 5 | | 1 | 1 | | | | | 7 | |
| 6 | Тема 6. Филогенетический анализ | 5 | | 1 | 1 | | | | | 7 | |
| 7 | Тема 7. Отдельные задачи филогенетического анализа | 5 | | 1 | 1 | | | | | 7 | |
| 8 | Тема 8. Митохондриальная ДНК и филогеография | 5 | | 1 | 1 | | | | | 7 | |
| 9 | Тема 7. Компьютерные программы для филогенетического анализа | 5 | | 1 | 1 | | | | | 7 | |
| | Общая трудоемкость, в часах | | | 9 | 9 | | 63 | | | 63 | Пром. аттест. |
| | | | | | | | | | | | Форма |
| | | | | | | | | | | | Зач |
| | | | | | | | | | | | Экз |
| | | | | | | | | | | | Сем |
| | | | | | | | | | | | 5 |
| | | | | | | | | | | | - |

4.2. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в молекулярную систематику животных

Молекулярная систематика животных как раздел эволюционной биологии, связанный с применением данных молекулярной биологии, филогенетики. Цели и задачи молекулярной систематики. Основные методы молекулярно-генетического анализа: секвенирование, мультилокусный фрагментный анализ (фингерпринт, RAPD, RFLP, ISSR-PCR, Inter-SINE PCR), монолокусный микросателлитный анализ. Микрочипы. Однонуклеотидные полиморфные ядерные сайты (SNPs).

Тема 2. Цели, принципы и понятия молекулярной систематики

Нуклеотидные последовательности, аминокислотные последовательности, генетический код, мутации, нуклеотидные замены, транзиции и трансверсии, синонимичные и несинонимичные замены, нуклеотидный и аминокислотный состав, использование кодонов, эволюция нуклеотидной последовательности, консенсусные последовательности. Гомологичные и сходные признаки, конвергенция. Закрепление мутации в популяции. Концепция молекулярных часов. Нейтральная теория молекулярной эволюции.

Тема 3. Выравнивание генетических последовательностей

Цели выравнивания последовательностей, принципы выравнивания последовательностей, алгоритмы выравнивания двух последовательностей, принцип матрицы точек, алгоритмы Нидлмена–Вунша и Смита–Уотермена, глобальное и локальное выравнивание, общие принципы динамического программирования при выравнивании последовательностей, методы слов, множественное выравнивание.

Тема 4. Молекулярные маркеры в зоологии, систематике и филогении

Свойства мтДНК, которые определяют ее ценность как молекулярного маркера в экологических исследованиях. Последствия исключительного материнского наследования. Гены мтДНК (Cyt B, CO I-III, ND) и гипервариабельные участки (D-loop) в систематических исследованиях животных. Преимущества и недостатки.

Маркеры яДНК: интронные фрагменты генов и псевдогены (гетерозиготность и полиморфизм популяций), гены X- и Y-хромосомы (отцовские линии).

Сателлитные и диспергированные повторы ДНК. Пошаговая мутационная модель (SMM). Модель бесконечного аллельного набора (IAM)

Тема 5. Генетические дистанции, эволюционные и филогенетические модели

Принципы и алгоритмы выравнивания генетических последовательностей: принцип матрицы точек, Алгоритмы Нидлмена–Вунша и Смита–Уотермена, глобальное и локальное выравнивание. Наблюдаемые, истинные и расчетные дистанции.

Эволюционные модели: Джукса–Кантора, Кимуры, Таджимы–Неи. Гамма-дистанции. Сравнение эволюционных моделей: синонимичные и несинонимичные дистанции и их отношение. Аминокислотные дистанции, матрицы вероятностей аминокислотных замещений. Учет делеций и отсутствующей информации.

Эволюция генетической подразделенности близких видов: сортировка линий, анцестральный полиморфизм, парафилия и реципрокная монофилия. Демографическая история популяций и теория коалесценции.

Тема 6. Филогенетический анализ

Филогенетический анализ. Филогенетические деревья. Дистанционные методы построения филогенетических деревьев: принципы дистанционных методов, метод

UPGMA, метод трансформируемой дистанции, метод минимума эволюции, метод связи между соседями, метод присоединения ветвей, установление длин ветвей.

Методы анализа дискретных признаков: максимальной эволюции, максимального правдоподобия. Статистическая оценка дерева, бутстреп-анализ. Филогенетический анализ в таксономии. Фенетика и кладистика.

Гаплотипическое разнообразие, как маркер популяционного полиморфизма. Медиальные сети, как история колонизации и экологической дифференциации вида. Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие. Филогеографический анализ истории формирования ареалов.

Тема 7. Отдельные задачи филогенетического анализа

Рекомбинационный анализ, анализ нуклеотидного и аминокислотного состава и использования кодонов смещения нуклеотидного состава, различия в использовании кодонов, анализ нуклеотидного состава и использования кодонов в филогенетических исследованиях. Анализ молекулярных часов: вопросы, связанные с концепцией молекулярных часов, установление и калибровка молекулярных часов – тест относительных скоростей эволюции, проблемы филогенетического анализа, связанные с несоблюдением модели молекулярных часов, анализ молекулярных часов в эволюции высших организмов, анализ молекулярных часов в эволюции вирусов.

Тема 8. Митохондриальная ДНК и филогеография

Особенности эволюционного анализа митохондриальной ДНК. Концепция митохондриальной Евы и использование анализа мтДНК при изучении происхождения человека. Филогеография и таксономия. Таксономическая интерпретация разрывов филогенетических линий, выявленных по нерекombинирующим маркерам. Источник смещений в оценке. Филогенетическая концепция вида. Соотношение с другими концепциями. Филогеография и палеогеография, построение эволюционных сценариев, прямолинейность интерпретаций. Рефугиумы и ледниковые периоды. Необязательность существования географических преград для возникновения дискретных клад. Примеры возникновения таких клад без существенных географических преград. Пространственная – этологическая структура популяций и филогеографическая структура

Тема 7. Компьютерные программы для филогенетического анализа

Типы компьютерных программ в систематических исследованиях животных. Программы для хранения и редактирования нуклеотидных и аминокислотных последовательностей. Международные базы генетических данных. Проект «ДНК-штрихкодирование» и его роль в изучении биологического разнообразия. Программы для выравнивания нуклеотидных последовательностей. Программы для проведения филогенетического анализа.

5. Образовательные технологии

В ходе освоения дисциплины «Молекулярная систематика животных» при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии:

1. Технология развития критического мышления реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

1.1. *Проблемные лекции*, которые предполагают диалоговый тип лекционного преподавания, предметом которого выступает вводимый лектором материал и система познавательных задач, отражающих основное содержание темы. В виде проблемных лекций реализуется темы 1 – 9.

2. Медиатехнология реализуется в ходе проведения следующих видов учебной работы:

2.1. *Проблемные лекции*, в ходе которых используются презентации, выполненные в среде Power-Point, и содержащие иллюстрации приводимых положений, видео-фрагменты, элементы работы математических моделей – симуляций экологических закономерностей. В виде проблемных лекций с использованием медиатехнологий реализуется темы 1 – 9.

При организации **самостоятельной работы** используются следующие технологии:

1. Технология систематизации имеющейся информации (работа с конспектом лекции для подготовки к зачету; темы 1 – 9)
2. Технология поиска и сбора новой информации (работа на компьютере с целью поиска информации в базах данных, работа с учебной, справочной и научной литературой с целью подготовки к семинарам: темы 1 – 9);

В целях реализации индивидуального подхода к обучению аспирантов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы с аспирантами, в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций.

Организация изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии со следующими документами:

1. Ст.79, 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Раздел IV, п.п. 46-51 приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)».
3. Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А. А. Климовым от 08.04.2014 г. № АК-44/05 вн).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1. План самостоятельной работы аспирантов

| № нед. | Тема | Вид самостоятельной работы | Задание | Рекомендуемая литература | Кол-во часов оч./заоч. |
|--------|---|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1-2 | Введение в молекулярную систематику животных | <i>Подготовка к зачету</i> | Подготовиться к обсуждению вопросов | осн: 1, 3, 4, 5 доп.: 1, 3, 11, 12 | 6/7 |
| 3-4 | Цели, принципы и понятия молекулярной систематики | <i>Подготовка к зачету</i> | Подготовиться к обсуждению вопросов | осн: 2, 6, 7 доп.: 5, 8, 9 | 6/7 |
| 5-6 | Выравнивание генетических последовательностей | <i>Подготовка к зачету</i> | Подготовиться к обсуждению вопросов | осн: 1, 3, 5 доп.: 10, 13, 14 | 6/7 |
| 7-8 | Молекулярные | <i>Подготовка к зачету</i> | Подготовиться к обсуждению | осн: 1, 3, 6 доп.: 2, 4, 10, | 6/7 |

| | | | | | |
|-------|--|----------------------------|-------------------------------------|--|-----|
| | маркеры в зоологии, систематике и филогении | | вопросов | | |
| 9-10 | Генетические дистанции, эволюционные и филогенетические модели | <i>Подготовка к зачету</i> | Подготовиться к обсуждению вопросов | осн: 1, 3, 5 доп.: 6, 7, 11, 12 | 6/7 |
| 11-12 | Тема 6. Филогенетический анализ | <i>Подготовка к зачету</i> | Подготовиться к обсуждению вопросов | осн: 1, 3, 5 доп.: 4, 13, 14 | 6/7 |
| 13-14 | Тема 7. Отдельные задачи филогенетического анализа | <i>Подготовка к зачету</i> | Подготовиться к обсуждению вопросов | осн: 1, 3, 5, 6 доп.: 2, 4, 6, 7 | 6/7 |
| 15-16 | Тема 8. Митохондриальная ДНК и филогеография | <i>Подготовка к зачету</i> | Подготовиться к обсуждению вопросов | осн: 1, 2, 6 доп.: 2, 4, 10, 13, 14 | 6/7 |
| 17-20 | Тема 7. Компьютерные программы для филогенетического анализа | <i>Подготовка к зачету</i> | Подготовиться к обсуждению вопросов | осн: 1, 5 доп.: 1, 13, 14 | 6/7 |

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов – это самостоятельное изучение учебной, научной литературы по темам программы, работа с другими, в том числе электронными источниками информации.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний

| № п\п | Вид контроля | Контролируемые темы (разделы) | Компетенции, компоненты которых контролируются |
|-------|--------------|-------------------------------|--|
| 1 | Зачет | Раздел 1 – 3 | ПК-6, ПК-7 |

Примерный перечень вопросов и заданий к зачету

1. Молекулярная систематика животных как междисциплинарный раздел эволюционной биологии, задачи, методы.
2. Основные методы молекулярно-генетического анализа: секвенирование, мультилокусный фрагментный анализ (фингерпринт, RAPD, RFLP, ISSR-PCR, Inter-SINE PCR).
3. Основные методы молекулярно-генетического анализа: монолокусный микросателлитный анализ.
4. Микрочипы. Однонуклеотидные полиморфные ядерные сайты (SNPs).
5. Митохондриальная ДНК как молекулярно-экологический маркер. Преимущества и недостатки.
6. Маркеры яДНК: интронные фрагменты генов и псевдогены (гетерозиготность и полиморфизм популяций), гены X- и Y-хромосомы (отцовские линии).

7. Сателлитные и диспергированные повторы ДНК как экологические маркеры. Модели микросателлитного анализа: пошаговая мутационная модель (SMM) и модель бесконечного аллельного набора (IAM).
8. Маркеры мтДНК в исследованиях систематики и эволюции животных. Гаплотипическое разнообразие, как маркер популяционного полиморфизма.
9. Принципы и алгоритмы выравнивания генетических последовательностей, наблюдаемые, истинные и расчетные дистанции.
10. Эволюционные модели: Джукса–Кантора, Кимуры, Таджимы–Неи. Гамма-дистанции.
11. Сравнение эволюционных моделей: синонимичные и несинонимичные дистанции и их отношение.
12. Эволюция генетической подразделенности близких видов: сортировка линий, анцестральный полиморфизм, парафилия и реципрокная монофилия. Демографическая история популяций и теория коалесценции.
13. Медианные сети, как история колонизации и экологической дифференциации вида.
14. Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие.
15. Филогеографический анализ истории формирования ареалов.
16. Генетическая интрогрессия и ее влияние на филогенетические деревья.
17. Молекулярно-генетические методы выявления гибридов, и следов былых скрещиваний видов.
18. Филогенетический анализ. Филогенетические деревья. Дистанционные методы построения филогенетических деревьев.
19. Методы анализа дискретных признаков: максимальной эволюции, максимального правдоподобия.
20. Статистическая оценка дерева, бутстреп-анализ. Филогенетический анализ в таксономии. Фенетика и кладистика.
21. Гаплотипическое разнообразие, как маркер популяционного полиморфизма.
22. Медиальные сети, как история колонизации и экологической дифференциации вида. Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие.
23. Филогеографический анализ истории формирования ареалов.
24. Эволюция генетической подразделенности близких видов: сортировка линий, анцестральный полиморфизм, парафилия и реципрокная монофилия.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

1. Инге-Вечтомов С.Г.. Генетика с основами селекции. М.: Высшая школа. 1989. 591 с. Ил. (Библиотека ПГУ, 5 экз.)
2. Инге-Вечтомов С.Г. Экологическая генетика и теория эволюции. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2009. Т. 13. № 2. С. 362-371.
https://elibrary.ru/download/elibrary_12866967_75542733.pdf
3. Воронина О.Л., Кунда М.С., Лунин В.Г., Гинцбург А.Л. Мультилокусное секвенирование - информативный подход молекулярной экологии. Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. 2010. № 4. С. 7-10.
https://elibrary.ru/download/elibrary_15618232_67496621.pdf
4. Лукашов В.В. Молекулярная эволюция и филогенетический анализ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2009. 256 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=20241408>
5. Применение молекулярных методов исследования в генетике: Учебное пособие / Л.Н. Нефедова. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 104 с.
<http://znanium.com/bookread2.php?book=460545>

6. Уилсон, К. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. [Электронный ресурс] / К. Уилсон, Д. Уолкер. — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 855 с. https://e.lanbook.com/book/66244?category_pk=7799#book_name

7.2. Дополнительная литература:

1. Абрамсон Н.И. Молекулярные маркеры, филогеография и поиск критерия разграничения видов. Труды Зоологического института РАН. 2009. Т. 313. № S1. С. 185-198. https://elibrary.ru/download/elibrary_12917844_81377847.pdf
2. Аппель, Б. Нуклеиновые кислоты: От А до Я. [Электронный ресурс] / Б. Аппель, Б.И. Бенеке, Я. Бененсон. — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 324 с. https://e.lanbook.com/book/66241?category_pk=7799#book_name
3. Гаевский Н.А. Знакомство с эволюционной генетикой: Учебно-методическое пособие. - Красноярск: КрасГУ, 2002. - 53 с. <http://window.edu.ru/resource/478/26478/files/krasu025.pdf>
4. Крюков В.И. Генетика. Часть 15. Учебный словарь терминов: Учебное пособие для вузов. - Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2011. - 155 с. <http://window.edu.ru/resource/090/79090/files/26-gen-dict-big.pdf>
5. Молекулярная биология. Структура и функции белков : учебник / В.М. Степанов. - 3-е изд. - М. : Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2005. -336 с. : илл. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5211049713.html>
6. Ратнер В.А. Молекулярная эволюция // Соросовский образовательный журнал, 1998, №3, с. 41-47. http://window.edu.ru/resource/452/20452/files/9803_041.pdf
7. Сазанов, А. А. Основы генетики [Электронный ресурс] / А. А. Сазанов. - СПб.: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2012. - 240 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=445015>
8. Тетушкин Е.Я. Популяционная генетика и макроэволюционная генетика: единство и разобщенность / Успехи современной биологии. 2008. Т. 128. № 2. С. 115-128. http://elibrary.ru/download/elibrary_9938835_71094643.pdf
9. Хлесткина Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 4-2. С. 1044-1054. https://elibrary.ru/download/elibrary_21170060_34173715.pdf
10. Холодова М.В. Сравнительная филогеография: молекулярные методы, экологическое осмысление. Молекулярная биология. 2009. Т. 43. № 5. С. 910-917. https://elibrary.ru/download/elibrary_12902012_28729989.pdf

7.3. Интернет-ресурсы

1. Абрамсон Н.И. Филогеография: итоги, проблемы, перспективы. http://www.bionet.nsc.ru/vogis/pict_pdf/2007/t11_2/vogis_11_2_04.pdf
2. Вавиловский журнал генетики и селекции <http://www.bionet.nsc.ru/vogis/>
3. Вавиловское общество генетиков и селекционеров (ВОГиС) <http://www.vogis.org/>
4. Важнейшие методы молекулярной биологии и геномной инженерии: <http://biomolecula.ru/content/955>
5. Видео материалы по генетике, презентации <http://med-edu.ru>
6. Журнал "Молекулярная биология" <http://www.maik.ru/ru/journal/molrus/>
7. Журнал общей биологии. Молекулярная биология: <http://elementy.ru/genbio/molecular>
8. Журнал «Экологическая генетика» <http://ecolgenet.ru/>
9. Институт молекулярной генетики РАН <https://www.img.ras.ru/ru>
10. Институт цитологии и генетики СО РАН <http://www.bionet.nsc.ru/>
11. Исследование динамических характеристик ДНК. Сайт С. Л. Гроховского (ИМБ РАН) <http://groh.ru/imb/>
12. Каталог книг по молекулярной биологии: <http://www.bio-cat.ru/?razdel=11>
13. Кафедра молекулярной биологии МГУ: <http://www.bio.msu.ru/dict/view.php?ID=13>
14. Методы молекулярной биологии: <http://molbiol.edu.ru/protocol/>

16. Наука в Рунете: Молекулярная биология
http://elementy.ru/catalog/t73/Molekulyarnaya_biologiya
16. Научно-образовательный портал «Фундаментальная экология»
<http://www.sevin.ru/fundecology/>
17. Основы молекулярной биологии:
http://biomed.szgmu.ru/SZGMU_SITE/M_Cell_Biology/Fundamentals_of_Molecular_Biology.html
18. Практическая молекулярная биология: <http://molbiol.edu.ru/>
19. Программа СО РАН «Геномика, протеомика, бионформатика»
<http://www.bionet.nsc.ru/bioinf/>
20. Рефераты лучших обзорных иностранных статей по генетике на русском языке
<http://genetics.rusmedserv.com/refer>
21. Сайт «Биомолекула.ру»: <http://biomolecula.ru/>
22. Сайт «Molbiol.ru»: <http://molbiol.ru/>
23. Чемерис А.В., Ахунов Э.Д., Вахитов В.А. Секвенирование ДНК
<http://ibg.anrb.ru/chemeris.html>
24. Школа молекулярной и теоретической биологии: <http://molbioschool.com/>
25. Экологическая генетика
http://genetics.kemsu.ru/Content/userfiles/files/Ecological_genetics.pdf
26. Bioinformatics resource portal: <https://www.expasy.org/genomics>
27. Rus-bol и российская программа "Штрихкодирование живых организмов на основе ДНК" <http://wwwimb.dvo.ru/misc/barcoding/index.htm>
28. The Barcode of Life: <http://www.boldsystems.org/>
29. The National Center for Biotechnology Information <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

7.4. Программное обеспечение:

Антивирус Касперского, Open Office; Mozilla Firefox; Google Chrome; Adobe Acrobat Reader

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная лаборатория (ауд. 15-101), мультимедийная система стационарная (мультимедийный проектор, экран, компьютер). Электронные презентации по теме курса в формате программных приложений MS Office Power Point и MS Office Word. Демонстрация ресурсов Интернет (избранных сайтов) по теме лекций и практических занятий, необходим браузер MS Internet Explorer 6.0 и выше.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год
и регистрации изменений**

| Учебный год | Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой) | Внесенные изменения | Номера листов (страниц) | | |
|----------------|---|------------------------------|-------------------------|-------|---------------------|
| | | | заменен- ных | новых | аннулиро- ванных |
| 2016 - 2017 | Пр. №1 от 02.09.2016 <i>С.В.</i> | Переутверждение программы | нет | нет | нет |
| 2017 - 2018 | Пр. №1 от 31.08.2017 <i>С.В.</i> | Замена списка литературы | -11-13 | нет | нет |
| 2018 - 2019 | Пр. №1 от 31.08.2018 <i>С.В.</i> | Программа переутверждена | нет | нет | нет |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |