

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**

**2018 г.**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Индекс дисциплины по УП: **Б1.В.ОД.3**

Наименование дисциплины (модуля): **«Молекулярная эволюция»**

Направление подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре:

**06.06.01 Биологические науки**

Направленность (профиль) подготовки: **Молекулярная биология**

Научная специальность: **03.01.03 Молекулярная биология**

Форма обучения: **очная**

Иркутск, 2018 г.

## Содержание

1 Цель и задачи дисциплины (модуля)	3
2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП	3
3 Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4 Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5 Содержание дисциплины (модуля)	4
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	4
5.2 Разделы и темы дисциплин (модуля) и виды занятий	6
6 Темы практических и лабораторных занятий	7
7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	8
7.1 Литература	8
7.2 Программное обеспечение	10
7.3 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы	10
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	11
9 Образовательные технологии	11
10 Кадровое обеспечение дисциплины (модуля)	12
11 Оценочные средства	12
ПРИЛОЖЕНИЕ А	13
ЛИСТ ОБНОВЛЕНИЙ	18

## **1 Цель и задачи дисциплины (модуля)**

Цель дисциплины «Молекулярная эволюция» – сформировать у аспирантов основные знания в области молекулярной эволюции, дать целостное понимание генетических процессов в популяциях на основе учения о наследственности и изменчивости, сформировать целостное понимание механизмов и факторов эволюции информационных молекул.

Задачи дисциплины:

- изучить историю молекулярно-филогенетического анализа, их место и роль в эволюционной теории и значение в решении практических задач;
- изучить основные понятия, гипотезы, теории и законы молекулярной эволюции;
- сформировать теоретические знания о роли основных факторов, влияющих на генетические процессы в популяциях, на темпы и характер молекулярной эволюции;
- сформировать практические навыки в использовании инструментов и методов исследований молекулярной эволюции, в планировании и интерпретации результатов экспериментов.

## **2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП**

Программа дисциплины (модуля) «Молекулярная эволюция» является обязательной для вариативной части программы подготовки аспирантов по научной специальности 03.01.03 Молекулярная биология.

Курс предполагает наличие базовых знаний, полученных по основным программам вуза в различных областях генетики.

## **3 Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)**

Процесс изучения дисциплины «Популяционная генетика и молекулярная эволюция» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1, 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-3, готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;

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

ОПК-2, готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;

ПК-1, способность выполнять отдельные задания по проведению научных исследований и обеспечению практического использования результатов интеллектуальной деятельности в области исследования биополимеров, их компонентов и комплексов, структуры и функции генов и геномов;

ПК-2, готовность формировать предложения к плану научной деятельности и проектов в различных областях исследований специальности Молекулярная биология;

ПК-3, способность формулировать проблему научного исследования в соответствии с современными достижениями в различных областях исследований специальности Молекулярная биология; обобщать и продвигать полученные результаты собственной интеллектуальной деятельности в виде научных публикаций и выступлений на национальных и международных конференциях.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**Знать:**

- структурные уровни и принципы организации жизни;
- основные понятия и законы количественной и качественной изменчивости организмов, причины и закономерности микроэволюционного процесса;
- основные понятия, факторы и закономерности молекулярной эволюции;
- разновидности и принципы основных моделей молекулярной эволюции, теоретические основы методов филогенетического анализа.

**Уметь:**

- использовать основные методологические, теоретические и экспериментальные подходы для решения конкретных популяционно-генетических, филогенетических и эволюционных задач;
- планировать проведение экспериментальных исследований, включая постановку конкретной задачи и выбор методики;
- критически оценивать и адекватно интерпретировать полученные экспериментальные результаты.

**Владеть:**

- понятийным аппаратом генетики и молекулярной биологии;
- базовыми методами популяционно-генетического и молекулярно-филогенетического анализа;
- современными информационными технологиями для решения задач в области молекулярной эволюции и популяционной генетики, статистической обработки данных, поиска необходимой информации в мировых базах данных;
- способностью организовать работу в соответствии с требованиями безопасности и охраны труда.

**4 Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы**

Вид учебной работы		Всего часов / зачетных единиц	Курс
			2
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		48/1,33	48/1,33
В том числе:			
Лекции		24/0,67	24/0,67
Практические занятия		24/0,67	24/0,67
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		58/1,6	58/1,6
Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации		58/1,6	58/1,6
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>		2/0,06	2/0,06
Общая трудоемкость	часы	108	108
	зачетные единицы	3	3

**5 Содержание дисциплины (модуля)**

**5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)**

**Тема 1 Введение в популяционную генетику.** Структурные уровни организации жизни. Понятия популяции и генофонда. Панмиксия и подразделенность. Популяция как единица эволюционного процесса. Задачи и методы генетики популяций, ее место в структуре биологических дисциплин. Этапы развития генетики популяций. Вклад зарубежных (С. Райт, Р. Фишер, Дж. Холдейн, М. Кимура, Р. Левонтин и др.) и отечественных (С.С.Четвериков, А.С.Серебровский, Н.И.Вавилов, Ф.Г. Добржанский, Н.П.Дубинин, Д.Д.Ромашов и др.) ученых в популяционную генетику.

**Тема 2 Количественная и качественная изменчивость организмов. Концепция генетического полиморфизма.** Основные параметры распределения количественных признаков в популяциях (среднее, дисперсия, асимметрия, эксцесс). Наследуемость, корреляция и их значе-

ние для селекции. Частоты генов и генотипов. Понятие о стационарных состояниях популяций. Правило Харди-Вайнберга. Факторы микроэволюции (естественный отбор, дрейф генов, поток генов, мутации).

**Тема 3 Естественный отбор.** Естественный отбор и адаптация (Ч. Дарвин). «Мальтузианский параметр» и динамика численности популяций. Приспособленность генотипа, ее компоненты (С. Райт). Средняя приспособленность популяции и ее изменения в ряду поколений. «Основная теорема» естественного отбора (Р. Фишер). Уравнения генетической динамики при различных типах отбора (направленный, дизруптивный, балансирующий). Экологическая генетика.

**Тема 4 Дрейф генов.** Случайный дрейф генов (А. С. Серебровский, С. Райт, Н. П. Дубинин и Д. Д. Ромашов, Э. Майр). Инбридинг. Соотношения между общей, репродуктивной и эффективной численностью популяций у различных видов, методы оценки. Неслучайное скрещивание и его влияние на частоты генов и генотипов.

**Тема 5 Поток генов и популяционная структура.** Миграция генов и ее влияние на генетический состав популяции. Подразделенные популяции. Эффект Валунда. Структура генных миграций. «Островная» (С. Райт) и «лестничная» (М. Кимура) модели популяционной структуры. «Изоляция расстоянием» (С. Райт). Взаимодействия случайных и систематических факторов эволюции. Стационарные распределения. «Адаптивная топография» С. Райта. Горизонтальный перенос генов.

**Тема 6 Мутационный процесс.** Классификация мутаций, частота спонтанных и индуцированных мутаций, их влияние на приспособленность. Внутригенная рекомбинация. Дупликация генов. Понятие мутационного груза (Г. Меллер). Селективно-нейтральные мутации, их судьба в популяции (Р. Фишер, М. Кимура). Теория нейтральности и молекулярная эволюция. Скорость накопления аминокислотных и нуклеотидных замен. Молекулярные часы. Закономерности накопления синонимичных и несинонимичных замен. Полиморфизм и дивергенция нуклеотидных последовательностей — тесты на нейтральность. Генеалогии генов. Эволюция геномов митохондрий и хлоропластов. Молекулярная филогенетика. Мультигенные семейства. Компьютерное и экспериментальное моделирование популяционно-генетических процессов. Компьютерные программы для популяционно-генетического анализа.

**Тема 7 Популяционная геномика.** Эволюция размера и состава геномов. Рисунок полиморфизма геномов. Избыточный полиморфизм в прителомерных районах. Полиморфизм и скорость рекомбинации. Селекция автостопом и фоновая селекция. Неравновесное сцепление локусов и структура гаплотипов. Уменьшение эффекта сцепления с увеличением генетического расстояния. Различия между видами: сравнение синонимичной и несинонимичной дивергенции; положительный отбор; использование филогенетического сигнала; полиморфизм и дивергенция; компенсаторные патогенные отклонения. Половой отбор и половые хромосомы. Мобильные элементы бактерий и эукариот, разнообразие, популяционная динамика, горизонтальный перенос.

**Тема 8 Генотип как целостная система.** Концепции «адаптивной нормы» популяции и «нормы реакции» генотипа. Концепция генетического гомеостаза (М. Лернер). Неравновесие по сцеплению. Отбор по генным комплексам. Интеграция полигенных систем в процессах адаптивной эволюции популяций (К. Мазер, Н. П. Дубинин).

**Тема 9 Современные представления об эволюционном процессе.** Анагенез и кладогенез. Теория «смещающегося равновесия» Сьюэлла Райта. Неортодоксальные концепции эволюции. Генетический мономорфизм вида и его значение для эволюционной теории. Генетические механизмы видообразования.

**Тема 10 Значение генетики популяций для хозяйственной деятельности человека, здравоохранения и медицины. Генетика популяций и селекция.** Генетические процессы в природных популяциях при антропогенных воздействиях. Понятия нормального и неблагоприятного процессов. Генетический мониторинг и прогнозирование. Популяционно – генетические принципы сохранения и рационального использования биологических ресурсов. Неистощительное природопользование. Генетические коллекции. Отбор по количественным признакам. Селекционный дифференциал. Коррелированные эффекты отбора. Принципы стабилизации генетической структуры сельскохозяйственных популяций. Генетические процессы в современных популяциях человека. Проблема неспецифической генетической устойчивости человеческого организма и ее значение для профилактической медицины.

**Тема 11 История и предмет исследований молекулярной эволюции. Основные понятия, факторы и закономерности молекулярной эволюции.** Эволюционные изменения в нуклеотидных и аминокислотных последовательностях. Структура гена, генетический код, мутации. Эволюция геномов органелл. Полиморфизм ДНК в популяциях, закрепление мутаций. Структура и скорость замен нуклеотидов. Дупликация генов и перетасовка доменов. Согласованная эволюция мультигенных семейств. Роль мобильных генетических элементов в эволюции. Горизонтальный перенос генов.

**Тема 12 Модели молекулярной эволюции.** Синонимичные и несинонимичные замены нуклеотидов. Теория нейтральности. Концепция молекулярных часов. Известные молекулярно-филогенетические маркеры и особенности их эволюции. Основные методы получения исходных данных (прямое секвенирование и анализ нуклеотидных последовательностей ДНК, RAPD, RFLP, AFLP). Модели Джукса-Кантора (Jukes-Cantor), двухпараметрическая Кимура (Kimura, K2P), Тамуры (Tamura), Хасигава-Кишино-Яно (Hasigawa-Kishino-Yano, HKY), Тамуры-Нея (Tamura-Nei, TrN), общая реверсивная (General time reversible, GTR).

**Тема 13 Методы филогенетического анализа.** Основные понятия: наиболее ранний общий предок; корневые, бескорневые, простирающиеся деревья; внешняя группа; монофилия, парафилия. Основные методы построения филогенетических древ: методы использующие дискретные признаки (Parsimony, Maximum likelihood, Bayesian inference); методы, использующие матрицу генетических расстояний (UPGMA, Neighbor joining, Minimum evolution). Методы оценки достоверности филогенетических деревьев. Компьютерные программы, используемые для филогенетического анализа.

## 5.2 Разделы и темы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Темы, разделы	Всего часов	Виды занятий в часах		
			Лекции (зачет)	Практические занятия	Самостоятельная работа
1	Введение в популяционную генетику.	4	1	–	3
2	Количественная и качественная изменчивость организмов. Концепция генетического полиморфизма.	8	2	2	4

3	Естественный отбор.	6	2	2	2
4	Дрейф генов.	6	2	2	2
5	Поток генов и популяционная структура.	8	2	2	4
6	Мутационный процесс.	8	2	2	4
7	Популяционная геномика.	8	2	2	4
8	Генотип как целостная система.	8	2	-	4
9	Современные представления об эволюционном процессе.	8	2	-	6
10	Значение генетики популяций для хозяйственной деятельности человека, здравоохранения и медицины. Генетика популяций и селекция.	4	1	2	3
11	История и предмет исследований молекулярной эволюции. Основные понятия, факторы и закономерности молекулярной эволюции.	8	2	3	3
12	Модели молекулярной эволюции.	8	2	4	2
13	Методы филогенетического анализа.	12	2	3	7
14	Промежуточная аттестация (подготовка, зачет)	12	2	-	10
ВСЕГО (часы)		108	26	24	58

### 6 Темы практических занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	Количественная и качественная изменчивость организмов. Концепция генетического полиморфизма.	2	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3
2	3	Естественный отбор.	2	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3
3	4	Дрейф генов.	2	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3
4	5	Поток генов и популяционная структура.	2	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3

5	6	Мутационный процесс.	2	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3
6	7	Популяционная генетика.	2	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3
7	10	Значение генетики популяций для хозяйственной деятельности человека, здравоохранения и медицины. Генетика популяций и селекция.	2	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3
8	11	Основные принципы и особенности эволюции нуклеотидных и аминокислотных последовательностей	3	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3
9	12	Определение эволюционных моделей для нуклеотидных и аминокислотных последовательностей	4	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3
10	13	Методы филогенетического анализа, построение филогенетических деревьев	3	Контрольные вопросы	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3

## 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 7.1 Литература

#### Основная

1 **Лукашев, В.В.** Молекулярная эволюция и филогенетический анализ [Текст]: учебное пособие / В.В. Лукашов; ред. Л.А. Аксеонова. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 257 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИИ СО РАН.

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

#### Дополнительная:

##### а) Книжные издания:

1 **Жимулёв, И.Ф.** Общая и молекулярная генетика [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / И.Ф. Жимулёв. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2017. – 480 с. – 978-5-379-02003-3. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65279.html>



2 **Бердников, В. А.** Основные факторы макроэволюции [Текст]: учебное пособие / В.А. Бердников; ред. С.Н. Родин. – 2-е изд. – Москва: Книжный дом "Либроком", 2010. – 256 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

3 **Глазер, В.М.** Задачи по современной генетике [Текст]: учебное пособие / В.М. Глазер, А.И. Ким, Н.Н. Орлова [и др.]. – Москва: Книжный дом университет, 2008. – 224с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

4 **Добжанский, Ф. Г.** Генетика и происхождение видов [Текст]: монография / Ф. Г. Добжанский; пер. с англ. Е. Ю. Гупало; ред. И. А. Захаров-Гезехус. – Москва; Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований, 2010. – 383 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

5 **Долгих, С.Г.** Учебное пособие по генной инженерии в биотехнологии растений [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Г. Долгих. – Электрон. текстовые данные. – Алматы: Нур-Принт, 2014. – 141 с. – 978-601-278-045-1. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67169.html>

6 **Дымшиц, Г.М.** Молекулярные основы современной биологии [Текст]: учебное пособие / Г. М. Дымшиц, О. В. Саблина – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т., 2012. – 251 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

7 **Инге-Вечтомов, С.Г.** Генетика с основами селекции [Текст]: учебник для студентов вузов / С. Г. Инге-Вечтомов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Изд-во Н-Л, 2010. – 720 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

8 **Кэри, Н.** Эпигенетика: как современная биология переписывает наши представления о генетике, заболеваниях и наследственности [Текст]: научное издание / Н. Кэри. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2012. – 349 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

9 **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.

10 **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.

11 **Нефедова, Л.Н.** Применение молекулярных методов исследования в генетике [Текст]: учебное пособие / Л. Н. Нефедова, – Москва: ИНФРА-М, 2012. – 104 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

12 **Пучковский С. В.** Эволюция биосистем: факторы микроэволюции и филогенеза в эволюционном пространстве-времени [Текст]: монография / С. В. Пучковский, 2013. - 444 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

13 **Рапопорт, И.А.** Микрогенетика [Текст]: учебное пособие / И. А. Рапопорт, – Москва: [б. и.], 2010. – 530 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

14 **Савченко, В.К.** Ценогенетика. Генетика биотических сообществ [Электронный ресурс]: монография / В.К. Савченко. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Белорусская наука, 2010. – 270 с. – 978-985-08-1216-2. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10068.html>

15 **Сетубал, Ж.** Введение в вычислительную молекулярную биологию [Электронный ресурс] / Ж. Сетубал, Ж. Мейданис. – Электрон. текстовые данные. – Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007. – 420 с. – 978-5-93972-623-8. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16497.html>

16 **Фишер, Р.** Генетическая теория естественного отбора [Текст] : учебное пособие / Р.

Фишер; пер. с англ. Л.С. Ванаг, Е.И. Фукаловой; ред. Н.В. Глотова, – Москва; Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2011. – 289 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИИ СО РАН.

*б) Периодические издания:*

- 1 Генетика
- 2 Молекулярная биология
- 3 Сибирский экологический журнал
- 4 Успехи современной биологии
- 5 Цитология
- 6 Биология внутренних вод
- 7 Биология моря
- 8 Marine & freshwater Research
- 9 Journal of Molecular Evolution
- 10 Evolution
- 11 Marine Biodiversity
- 12 Limnology and Oceanography

*в) Учебно-методические пособия:*

1 Актуальные проблемы современной генетики: генетические методы анализа биоразнообразия : учебное пособие / сост. Д.Ю. Щербаков, В.Е. Харченко. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2018. – 123 с.

2 Актуальные проблемы современной генетики: биоинформационные методы анализа биоразнообразия : учебное пособие / Д.Ю. Щербаков, Р.В. Адельшин, М.В. Коваленкова. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2018. – 119 с.

## **7.2 Программное обеспечение**

1. Microsoft Office
2. Open Office
3. Microsoft Windows
4. Adobe Acrobat Pro
5. Dr. Web Corporate Anti-Virus
6. Kaspersky Anti-Virus
7. Corel Draw
8. GIMP
9. MrBayes BEAST
10. BLAST
11. CLUSTAL
12. Программная среда R

## **7.3 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1 <http://www.bionet.nsc.ru/vogis/> – бесплатная полная версия Вестника Вавиловского Общества Генетиков и Селекционеров. Архив статей на различные темы, касающиеся генетики, написанных ведущими отечественными специалистами;

2 <http://molbiol.ru/> – нейтральная русскоязычная территория для тех, кто связан с биологией или молекулярной биологией. Цель проекта – создать в интернете известное всем "профсоюзное место встречи". Организаторы проекта считают, что их задача только подготовить и обустроить информационную площадку, которая будет наполняться и поддерживаться всем русскоязычным биологическим сообществом. Уже очень богатый и интересный ресурс, хорошее качество мета-информации по разным областям биологии, включая и генетику;

3 <http://www.geneforum.ru/> – форум для обсуждения широкого круга вопросов генетики. Представляет особый интерес для интересующихся студентам;

4 <http://forum.molgen.org/index.php> – форум для интересующихся популяционной генетикой человека и вопросами генеалогии;

5 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> – Национальный центр биотехнологической информации США (англ. National Center for Biotechnological Information). NCBI предоставляет информацию о базах данных белковых доменов, ДНК (GenBank) и РНК, базах данных статей научной литературы (PubMed) и таксономической информации (TaxBrowser), обеспечивает поиск данных о конкретном биологическом виде (Taxonomy), содержит различные стандартные программы биоинформатики (BLAST);

6 <http://www.bookre.org> – электронная библиотека рунета, поиск журналов и книг;

7 <http://elibrary.ru/defaultx.asp> – научная электронная библиотека, крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн научных статей и публикаций.

<http://www.bionet.nsc.ru/vogis/> - бесплатная полная версия Вестника Вавиловского Общества Генетиков и Селекционеров. Архив статей на различные темы, касающиеся генетики, написанных ведущими отечественными специалистами;

<http://evolution.genetics.washington.edu/phylip/software.html> - сайт с бесплатными версиями программ по популяционной генетике и молекулярной филогении;

<http://www.ibi.vu.nl/> - биоинформатический портал для анализа молекулярно-генетических данных, доступ к программам;

<http://mr bayes.sourceforge.net/> - сайт, на котором доступна для скачивания программа для филогенетических и эволюционных исследований MrBayes, а также руководство по работе с данной программой.

## **8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение института, необходимое для реализации программы включает в себя:

- Конференц-залы, помещения Пресноводного аквариумного комплекса (УНУ ПАК) и ЦКП «Ультрамикроанализ», помещение №123

- Мультимедийные установки, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», оборудование Пресноводного аквариумного комплекса (УНУ ПАК) и ЦКП «Ультрамикроанализ», ламинарные боксы биологической безопасности класс II, амплификаторы ДНК, камеры для электрофореза, центрифуги, термостаты, шейкеры, рН-метры, система очистки воды Milli-Q, секвенатор GS FLX 454 (Roche, США).

## **9 Образовательные технологии**

При реализации различных видов учебной работы дисциплины используются следующие формы проведения занятий.

*Стандартные методы обучения:*

- Лекция;
- Видео-лекция;
- Дискуссия, круглый стол;
- Практические занятия;
- Самостоятельная работа;
- Лабораторная работа;
- Эксперимент;
- Консультации специалистов.

*Обучения с применением интерактивных форм образовательных технологий:*

- информационно-коммуникационные образовательные технологии – лекция-визуализация, представление научно-исследовательских работ с использованием специализированных программных сред;
- выполнение вычислений с использованием прикладных программ биоинформатики.

#### **10 Кадровое обеспечение дисциплины (модуля)**

Реализацию образовательного процесса по программе дисциплины обеспечивает научный сотрудник лаб. ихтиологии, кандидат биологических наук Суханова Любовь Васильевна.

Разработчики программы: к.б.н. С.В. Кирильчик, к.б.н. Л.В. Суханова

#### **11 Оценочные средства**

Оценочные средства представлены в **Приложении** к рабочей программе дисциплины в виде фонда оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов по освоению дисциплины.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ по дисциплине (модулю) «Молекулярная эволюция»

#### ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины.

Процесс изучения дисциплины «Молекулярная эволюция» направлен на формирование компетенций или отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО 06.06.01 «Биологические науки» по научной специальности 03.01.03 Молекулярная биология.

#### 1 Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Индекс	Формулировка компетенции
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ОПК-2	готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования
ПК-1	способность выполнять отдельные задания по проведению научных исследований и обеспечению практического использования результатов интеллектуальной деятельности в области исследования биополимеров, их компонентов и комплексов, структуры и функции генов и геномов
ПК-2	готовность формировать предложения к плану научной деятельности и проектов в различных областях исследований специальности Молекулярная биология
ПК-3	способность формулировать проблему научного исследования в соответствии с современными достижениями в различных областях исследований специальности Молекулярная биология; обобщать и продвигать полученные результаты собственной интеллектуальной деятельности в виде научных публикаций и выступлений на национальных и международных конференциях

#### 2 Программа оценивания контролируемой компетенции

№ п/п	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение в популяционную генетику.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
2	Количественная и качественная из-	УК-1, 3; ОПК-1,2;	Контрольные вопросы, зачет

	менчивость организмов. Концепция генетического полиморфизма.	ПК-1, 2, 3	
3	Естественный отбор.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
4	Дрейф генов.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
5	Поток генов и популяционная структура.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
6	Мутационный процесс.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
7	Популяционная геномика.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
8	Генотип как целостная система.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
9	Современные представления об эволюционном процессе.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
10	Значение генетики популяций для хозяйственной деятельности человека, здравоохранения и медицины. Генетика популяций и селекция.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
11	История и предмет исследований молекулярной эволюции. Основные понятия, факторы и закономерности молекулярной эволюции.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
12	Модели молекулярной эволюции.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет
13	Методы филогенетического анализа.	УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1, 2, 3	Контрольные вопросы, зачет

### 3 Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль проводится для оценки степени усвоения аспирантами учебных материалов, обозначенных в рабочей программе, и контроля самостоятельной работы. Назначение оценочных средств текущего контроля – выявить сформированность компетенций (УК-1, 3; ОПК-1,2; ПК-1,2,3). Текущий контроль осуществляется в виде систематической проверки знаний и навыков аспирантов. Для этого используется устный опрос.

#### Текущая аттестация проходит в виде устного опроса.

Контрольные вопросы для текущей аттестации:

1. Понятие о виде и популяции. Популяция как естественно-историческая структура.
2. Понятие о частотах генов и генотипов. Математические модели в популяционной генетике.

3. Закон Харди-Вайнберга, возможности его применения. С.С. Четвериков - основоположник экспериментальной популяционной генетики.
4. Генетическая гетерогенность популяций. Методы изучения природных популяций.
5. Факторы динамики генетического состава популяции (дрейф генов), мутационный процесс, межпопуляционные миграции, действие отбора.
6. Взаимодействие факторов динамики генетической структуры в природных популяциях.
7. Понятие о внутрипопуляционном генетическом полиморфизме и генетическом грузе.
8. Естественный отбор как направляющий фактор эволюции популяций. Понятие о приспособленности и коэффициенте отбора.
9. Формы отбора: движущий, стабилизирующий, дизруптивный.
10. Роль генетических факторов в эволюции.
11. Молекулярно-генетические основы эволюции. Задачи геносистематики.
12. Значение генетики популяций для медицинской генетики, селекции, решения проблем сохранения генофонда и биологического разнообразия.
13. Использование методов и программ для выравнивания нуклеотидных последовательностей ДНК.
14. Оценка эволюционной модели для различных филогенетических маркеров.
15. Выявление и оценка влияния факторов, искажающих оценку степени филогенетического родства, эффект насыщения, действие отбора.
16. Решение задач, связанных с использованием дискретных признаков для построения филогенетических древ.
17. Решение задач, связанных с использованием матрицы генетических расстояний для построения филогенетических древ.
18. Оценка времени эволюции.
19. Использование компьютерных программ для первичного анализа нуклеотидных и аминокислотных последовательностей (MEGA, BioEdit, Clustal, Mafft).
20. Использование компьютерных программ для филогенетического анализа (MEGA, Phylip, MrBayes, RAUP, Lintre).

### **Критерии оценивания:**

При оценке ответа учитывается:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) языковое оформление ответа.

Ответ оценивается на **«отлично»**, если аспирант: полно излагает изученный материал, даёт правильное определенное понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из литературы, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

Ответ оценивается на **«хорошо»**, если аспирант даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

**«Удовлетворительно»** ставится, если аспирант обнаруживает знание и понимание основных положений темы, но при этом: излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке теорий; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если ответ не удовлетворяет требованиям положительной оценки или аспирант отказывается отвечать на контрольные вопросы.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

### Список вопросов к зачету:

1. Понятие о популяции и генофонде. Генетическая изменчивость и эволюция.
2. Балансовая модель структуры популяции. Гетерозиготность и полиморфность популяции.
3. Случайная выборка. Понятие частоты гена и генотипа. Методы нахождения генотипических и аллельных частот.
4. Случайное скрещивание. Закон Харди-Вайнберга.
5. Применение закона Харди-Вайнберга. Значение равновесия Харди-Вайнберга./
6. Закон Харди-Вайнберга для генов, сцепленных с полом.
7. Молекулярно-генетический подход к оценке степени гетерозиготности природных популяций.
8. Мутации как фактор эволюции, роль мутаций в поддержании генетической изменчивости. Прямые и обратные мутации.
9. Случайные факторы динамики генетического состава популяции: поток генов, дрейф генов.
10. Естественный отбор. Дарвиновская приспособленность, ее компоненты. Коэффициент отбора.
11. Типы отбора, приводящие к элиминации аллеля из популяции.
12. Типы отбора, приводящие к устойчивому и неустойчивому генетическому равновесию.
13. Общая модель отбора по одному локусу.
14. Виды полиморфизма. Механизмы, обеспечивающие генетический полиморфизм.
14. Ассортативное скрещивание. Коэффициент инбридинга.
15. Коэффициент инбридинга и закон Харди-Вайнберга.
16. Концепция генетического груза.
17. Значение генетики популяций для медицинской генетики.
18. Популяционная генетика и эволюция.
19. Популяционная генетика и экология.
20. Структура гена, генетический код, мутации.
21. Эволюция геномов органелл.
22. Полиморфизм ДНК в популяциях, закрепление мутаций.
23. Структура и скорость замен нуклеотидов.
24. Дупликация генов и перетасовка доменов.
25. Согласованная эволюция мультигенных семейств.
26. Роль мобильных генетических элементов в эволюции.
27. Горизонтальный перенос генов.
28. Синонимичные и несинонимичные замены нуклеотидов. Теория нейтральности. Концепция молекулярных часов.
29. Известные молекулярно-филогенетические маркеры и особенности их эволюции.
30. Основные методы получения исходных данных (прямое секвенирование и анализ нуклеотидных последовательностей ДНК, RAPD, RFLP, AFLP).
31. Модель Джукса-Кантора (Jukes-Cantor),
32. Двухпараметрическая модель Кимуры (Kimura, K2P)
33. Модель Тамуры (Tamura)
34. Модель Хасигавы-Кишино-Яно (Hasigawa-Kishino-Yano, HKY),
35. Модель Тамуры-Нея (Tamura-Nei, TrN)
36. Общая реверсивная модель эволюции (General time reversible, GTR)
37. Методы построения филогенетических деревьев, использующие дискретные признаки (Parsimony, Maximum likelihood, Bayesian inference).
38. Методы построения филогенетических деревьев, использующие матрицу генетических расстояний (UPGMA, Neighbor joining, Minimum evolution).



39. Методы оценки достоверности филогенетических деревьев.  
40. Компьютерные программы, используемые для филогенетического анализа.

**Критерии оценки:**

**Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета**

<b>Оценка зачета</b>	<b>Требования к знаниям и критерии выставления оценок</b>
<i>Зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует большую часть содержания тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями.
<i>Не зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует знание меньшей части содержания тем учебной дисциплины

## ЛИСТ ОБНОВЛЕНИЯ

<b>Дата</b>	<b>Внесенные обновления</b>	<b>Подпись</b>
15.05.2018 г.	Внесены изменения в список литературы. Добавлены источники из ЭБС Ай-Пи-Эр-Медиа (Договор № 4068/18 от 26 апреля 2018 г.)	