

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»**

ФИЛИАЛ МГУ В Г. ГРОЗНОМ

УТВЕРЖДАЮ

**Заместитель директора филиала – руководитель
образовательных программ**

А. С. Воронцов



20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Эволюционная биология

Уровень высшего образования:

Специалитет

Специальность:

06.05.02 Фундаментальная и прикладная биология

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Биотехнология

Форма обучения:

Очная

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 06.05.02 «ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ БИОЛОГИЯ» (образовательная программа специалитета «Биотехнология»).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова 20.01.2022 года.

Год приема на обучение 2024.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП ВО, входит в блок «Общепрофессиональные дисциплины» раздела учебного плана: Базовая часть. Изучается в 9 семестре.

Дисциплина «Эволюционная биология» позволяет сформировать представление о законах теории биологической эволюции; проявлении фундаментальных свойств организма – наследственности и изменчивости на всех уровнях организации живого (молекулярном, клеточном, организменном, популяционном и экосистемном); иметь представление об истории возникновения основных понятий, концепций и терминов эволюционной биологии. В отдельном разделе будут рассмотрены вопросы происхождения жизни на Земле и закономерности преобразования биоты в разные периоды.

Освоение дисциплины «Эволюционная биология» необходимо для систематизации знаний по общим и специализированным биологическим курсам, а также для работы студентов при самостоятельном планировании своих научных исследований и для работы над ВКР.

Цели освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен получить базовые теоретические основы эволюционной биологии; объяснение значения эволюционного учения и его места в общебиологических теориях и за пределами биологии. Дисциплина также должна показать общую структуру теории эволюции: значение и формы изменчивости, формы отбора, роль эпигенетических процессов индивидуального развития, главные направления эволюционного процесса.

2. Входные требования

Перед началом освоения дисциплины «Эволюционная биология» студент должен изучить науки о биологическом разнообразии («Экология», «Высшие растения», «Зоология», «Эмбриология»).

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенция	Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения
-------------	----------------------------------	--

		компетенций
<p>ОПК-1. Способен применять знание о разнообразии, развитии и эволюции биологических объектов различных уровней организации для решения профессиональных задач в полевых и лабораторных условиях, в том числе с привлечением современных методов структурной биологии, биоинформатики, математического и молекулярного моделирования; способен понимать значение биоразнообразия для устойчивости биосферы.</p>	<p>ОПК-1.6. Применяет знания о разнообразии, развитии и эволюции биологических объектов различных уровней организации для решения профессиональных задач в полевых и лабораторных условиях.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные пути эволюции разных групп высших и низших животных и растений, человека • как взаимодействие организмов с окружающей средой и другими организмами проводит к эволюционным преобразованиям • как формируется распределению видов в естественных условиях и при антропогенном воздействии <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • восстанавливать на основе современных данных основные этапы филогенеза исследуемых групп организмов • использовать различные методы палеонтологического, молекулярного и сравнительно-анатомического анализа для изучения истории формирования биоразнообразия. • критически воспринимать эволюционные воззрения, в том числе и альтернативные • вести аргументированную дискуссию по эволюционной проблематике <p>Владеет навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками сбора, анализа и интерпретации данных для эволюционных исследований
<p>ОПК-2.</p>	<p>ОПК-2.7.</p>	<p>Знает:</p>

<p>Способен планировать и проводить биологические эксперименты, наблюдение, описание, идентификацию, классификацию и культивирование биологических объектов, опираясь на знание их структурной и функциональной организации, механизмов жизнедеятельности, используя современное оборудование, информационные технологии и профессиональные базы данных, физико-химические методы и методы моделирования, соблюдая требования биоэтики, техники безопасности и информационной безопасности;</p>	<p>Планирует биологические эксперименты, используя современное оборудование, информационные технологии и профессиональные базы данных, соблюдая требования биоэтики, техники безопасности и информационной безопасности</p>	<ul style="list-style-type: none"> • основные факторы, влияющие на эволюционные процессы на молекулярном, организменном, биоценотическом и экосистемном уровнях <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • планировать дизайн эволюционного эксперимента • планировать сбор полевых и лабораторных данных <p>Владеет навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> • интерпретации и анализа результатов эволюционных исследований
---	---	---

4. Объем дисциплины

Объем дисциплины - 4 з.е. (144 ак.ч), из них 90 ак.ч - контактная работа обучающихся с преподавателем на занятиях лекционного типа (лекции - 54 ак.ч) и на занятиях семинарского типа (семинары - 36 ак.ч). Самостоятельная работа обучающихся – 54 ак.ч. Форма промежуточной аттестации – экзамен (9 семестр).

5. Форма обучения – очная

6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов, и виды учебных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, ак.ч.		Самостоятельная работа обучающегося, ак.ч.
		Занятия лекционного типа (Лекции)	Занятия семинарского типа (Семинары)	

1	Введение в теорию эволюции. Отбор, устойчивость и пластичность. Экспериментальное изучение эволюции	10		2
3	«Догмы» молекулярной биологии, их ограничения. Генетические механизмы формирования эволюционных новшеств. МГЭ, молекулярное одомашнивание и симбиогенез.	8		2
4	Секс (межорганизменная рекомбинация). Эгоистичные гены и эволюционно стабильные стратегии.	4		2
5	Видообразование	2		2
6	Принципы онтогенеза многоклеточных и основы Evo-Devo	4		4
7	Половой отбор	2		2
8	Происхождение жизни.	6		2
9	Развитие жизни	10		4
10	Антропогенез, как пример детально изученного ароморфоза	8		2
11	История эволюционной биологии.		2	2
12	Изменчивость. Формирование фенотипа в онтогенезе.		4	4
13	Факторы, влияющие на формирование фенотипических признаков		2	2
14	Популяция. Генетические процессы в популяциях		2	2
15	Борьба за существование и естественный отбор.		2	2
16	Естественный отбор. Формы естественного отбора		4	4
17	Популяция. Генетические процессы в популяциях		2	2
18	Борьба за существование и естественный отбор.		2	2
19	Естественный отбор. Формы естественного отбора		2	2

20	Детекция следов отбора в геноме		2	2
21	Вид и видообразование.		2	2
22	Эволюция онтогенеза		4	2
23	Макроэволюция		2	2
24	Коэволюция и эволюция экосистем		2	2
	Всего:	54	36	54

6.1. Содержание дисциплины по разделам

ЛЕКЦИОННЫЙ БЛОК

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1. Введение.

Краткая историческая справка. «Происхождение видов» и его роль в развитии естественно-научного осмысления мира. Дарвиновский эволюционный механизм: наследственная изменчивость и дифференциальное размножение. Репликаторы. Расшифровка структуры ДНК и ее значение. Приспособленность. Вредные, нейтральные и полезные мутации. Пространство последовательностей и ландшафт приспособленности. Естественный отбор и генетический дрейф. Моделирование отбора и дрейфа, зависимость их эффективности от численности популяции. Оптимальный темп мутагенеза. Соотношение генотипа и фенотипа, его неоднозначность. Модификационная изменчивость. Доказательства эволюции.

2. Стабилизирующий отбор, устойчивость и пластичность.

Стабилизирующий отбор. Помехоустойчивость и иллюзия избыточности биосистем (примеры: «лишние гены» в геноме дрожжей; дублирование генно-регуляторных контуров; мозг человека). Адаптации, повышающие помехоустойчивость (шапероны, отрицательные обратные связи, дублирование систем и их компонентов и др.) «Диалектическое единство» устойчивости и пластичности. Накопление скрытой изменчивости, ее эволюционная роль. Возможность формирования новых адаптаций путем дестабилизации онтогенеза с последующей фиксацией морфозов (примеры: споруляция бактерий, глаза пещерных рыб). Эффект Болдуина, «эпигенетическая теория эволюции» Шишкина.

3. Экспериментальное изучение эволюции.

Естественный и искусственный отбор (отсутствие четкой грани). Доместикация животных и растений, сельское хозяйство у насекомых. Обзор важнейших эволюционных экспериментов. Микро- и макроэволюционные закономерности, выявляемые в экспериментах. Долгосрочный эксперимент Р. Ленски на *E. coli*. Динамика роста приспособленности. Фиксация мутаторов и «генетический автостоп». Поэтапное формирование эволюционных новшеств. Эпистаз, ловушки локальных оптимумов и «инадаптивная» эволюция по Ковалевскому. Повторяемость (воспроизводимость) путей адаптации, направленность (канализованность)

эволюции, параллельная эволюция. Экспериментальное изучение коэволюции паразитов и хозяев. Прямое изучение естественного отбора в природе и лаборатории.

4. «Догмы» молекулярной биологии, их ограничения.

Великие открытия молекулярной биологии и их роль в развитии представлений об эволюции. Неабсолютность постулата о полной случайности мутаций. Контроль темпа мутагенеза (SOS response), контролируемый мутагенез в работе иммунной системы, контролируемые геномные перестройки у инфузорий и др. Центральная догма молекулярной биологии и ее ограничения. Возможно ли наследование приобретенных признаков? Обратная транскрипция, ретрогены. Пангенезис и эндогенные ретровирусы (неподтвердившиеся «неоламаркистские» гипотезы). Эпигенетическое наследование. CRISPR – система наследуемого приобретенного иммунитета у прокариот. Принцип «один ген – один белок» и альтернативный сплайсинг.

5. Генетические механизмы формирования эволюционных новшеств.

Примеры простых адаптаций с хорошо изученным генетическим базисом. Изменения белок-кодирующих генов. Изменения регуляторных областей, появление новых энхансеров (пример: эволюция орнамента на крыльях насекомых). Амплификация генов и ее эволюционная роль. Неофункционализация и субфункционализация. Уход от адаптивного конфликта. Примеры: эволюция обоняния и цветного зрения у позвоночных, кристаллины, антифризы нототениевых рыб, рибонуклеазы растительоядных обезьян, эволюция формы листьев крестоцветных и др. Полногеномные дубликации. Модель «инновация-амплификация-дивергенция». Блочно-модульный принцип: перекомбинирование фрагментов белок-кодирующих генов.

6. МГЭ, молекулярное одомашнивание и симбиогенез.

Мобильные генетические элементы: их типы и эволюционная роль. Мусорная ДНК или источник полезных новшеств? Молекулярное одомашнивание. Появление новых компонентов генно-регуляторных сетей путем «одомашнивания» МГЭ. Природная генная инженерия (*Agrobacterium*, вирусы, конъюгационные плазмиды и др). Симбиоз и симбиогенез как магистральные направления эволюции и важнейшие пути формирования крупных эволюционных новшеств. Многоклеточные эукариоты как симбиотические сверхорганизмы. Сельскохозяйственные симбиозы.

7. Секс (межорганизменная рекомбинация).

Горизонтальный перенос генов, его формы и эволюционная роль (у прокариот, протистов, многоклеточных). Внутри- и межвидовой ГПГ, различие их эволюционных последствий. Гомологичная и «незаконная» рекомбинация. Половое размножение, его происхождение и эволюционная роль. Парадокс бделлоидных коловраток. «Двойная цена самцов». Накопление мутационного груза и храповик Мёллера. Клональная интерференция и эффект Фишера-Мёллера. Различное влияние численности на адаптивный потенциал в половых и бесполовых популяциях. Секс как защита от вырождения и ускоритель адаптивной эволюции: экспериментальные подтверждения (опыты на *C. elegans*, коловратках, хламидомонадах и др.)

8. Эгоистичные гены и эволюционно стабильные стратегии.

В чьих «интересах» работает отбор? (взгляд на эволюцию с позиций «пользы» для вида, группы, особи, гена). Внутригеномные конфликты и «эгоистичные гены»: модификаторы трансформации, нарушители сегрегации, В-хромосомы и др. Примеры адаптаций, вредных для вида (группы). Эволюция как игра: понятие эволюционно стабильной стратегии по Мейнард Смиуту. Ястребы и голуби. Изогамия и оогамия, гермафродитизм и раздельнополость, равное и неравное соотношение полов. Балансирующий отбор.

9. Видообразование.

Эволюция и систематика. Концепции вида. Условность грани между видом и разновидностью. Аллопатрическое видообразование и модель Добжанского-Мёллера (ускоряющийся рост генетической несовместимости между разобщенными популяциями). Поиск «генов видообразования». Механизм усиления (reinforcement). Симпатрическое видообразование: примеры и возможные механизмы. Экспериментальное изучение формирования пре- и постзиготической репродуктивной изоляции. Адаптивная радиация. «Цепные реакции видообразования», ко-кладогенез.

10. Принципы онтогенеза многоклеточных и основы Evo-Devo.

Философское определение развития по Спенсеру («от неопределенной несвязной однородности к определенной связанной разнородности»). Фундаментальные принципы онтогенеза. Генетическая программа развития – не проект организма, а алгоритм самоорганизации. Моделирование онтогенеза и дедуктивное выведение ключевых свойств онтогенеза: стохастичность, необходимость адаптаций для стабилизации (упорядочивания) развития, помехоустойчивость и эквивифинальность, накопление скрытой изменчивости, канализированность онтогенеза и его эволюционных преобразований, плейотропность и неполная пенетрантность мутаций, морфогенетические корреляции и целостность развивающегося организма, возможность генокопирования модификаций и генетической ассимиляции морфозов, «перспективные монстры». Эписелекционная эволюция. Неоднозначность соотношения сложности организма и сложности его «программы развития». Стабилизирующий отбор как фактор роста сложности генно-регуляторных сетей, контролирующих онтогенез.

11. Половой отбор.

Половой отбор: история идеи от Дарвина до наших дней. Принципы Бейтмана. Конфликт полов. Фишеровское «убегание». Индикаторы приспособленности. Принцип гандикапа. Половой отбор как усилитель «обычного» естественного отбора. Возможная роль полового отбора в симпатрическом видообразовании. Стратегии выбора партнеров: выбор «наилучших генов», «подходящих генов», оптимальный аутбридинг. Различение своих и чужих. Возможная роль полового отбора в антропогенезе, гипотеза Дж. Миллера. Эволюционная эстетика.

II. ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ И ЖИЗНИ НА НЕЙ

12. Происхождение жизни - 1: пребиотическая химия.

Проблема происхождения жизни: краткая историческая справка. Вероятность абиогенеза: проблема оценки. Предполагаемые сценарии и этапы абиогенеза. Абиогенный синтез простой органики в эксперименте и в естественных обстановках. Возможность зарождения жизни в морских или континентальных

термальных источниках различных типов. Проблема хиральной чистоты и избирательного синтеза. Абиогенный синтез нуклеотидов.

13. Происхождение жизни - 2: от первых репликаторов к первым клеткам.

Теория РНК-мира. Рибозимы – РНК-полимеразы и лигазы. Первые репликаторы и старт дарвиновской эволюции. Эксперименты по созданию «протоклеток». Неферментативная репликация ДНК и РНК. Происхождение рибосом и белкового синтеза. Приобретение ДНК. Роль вирусов и ГПГ. LUCA. Проблема первичности гетеротрофов или автотрофов.

14. Геохронология.

Измерение геологического времени. Геохронологические шкалы. Методы датирования горных пород: относительные и абсолютные. Стратиграфия и геологическая корреляция. Биостратиграфия. Руководящие ископаемые. Палеомагнитный метод. Радиометрическое датирование. Другие методы абсолютного датирования. Тектоника плит: конвекция в астеносфере, рифтовые зоны, спрединг морского дна, субдукция. Мантийные плюмы. Палеогеографические реконструкции.

15. Катархей и Архей.

Формирование Земли и Луны. Гравитационная стратификация недр. Условия в катархее. «Поздняя тяжелая бомбардировка». Древнейшие следы жизни: облегченный изотопный состав углерода. Начало палеонтологической летописи. Микрофоссилии и строматолиты. Микробные сообщества. Появление цианобактерий и кислородного фотосинтеза. Циано-бактериальные маты. Формирование континентальной коры. Предпосылки оксигенизации атмосферы.

16. Протерозой.

«Великое кислородное событие». Кризис микробных сообществ. Первые оледенения. Симбиогенетическое происхождение эукариот как закономерный итог эволюции микробных сообществ. Акритархи. Древнейшие многоклеточные. Тоний: расцвет эукариотического фитопланктона. Криогений: серия величайших оледенений. Цикл углерода (биогенные и абиогенные составляющие) и его связь с изменениями климата. Прочие факторы, влияющие на климат. Термоэры и криоэры. Венд: диверсификация многоклеточных. Фосфатизированные эмбрионы и их интерпретации. Вендобионты.

17. «Кембрийский взрыв».

Проблема «кембрийского взрыва» и его реальность. Возможные предпосылки и механизмы. Фильтраторы, пеллетный транспорт, оксигенизация глубоких слоев воды, появление бентосных хищников, эволюционная гонка вооружений, скелетная революция, «цепные реакции видообразования». Адаптивная радиация и становление типов Metazoa. Кембрийские лагерштетты: тафономическое «окно в прошлое». Возможные переходные формы между типами. Базальные представители Ecdysozoa, Lophotrochozoa и Deuterostomia.

18. Фанерозой.

Календарь событий. Анализ баз данных по разнообразию ископаемых организмов. Количественные закономерности эволюции фанерозойской биоты (морской и континентальной). Динамика биоразнообразия. Эволюция сообществ. Ступенчатый рост разнообразия морских сообществ, историческая динамика соотношения хищников и жертв, подвижных и прикрепленных форм. Глобальный рост

устойчивости сообществ, снижение темпов появления и вымирания таксонов. Заселение суши. Смена доминирующих групп морской и континентальной биоты. Биосферные кризисы и массовые вымирания, их причины.

III. CASE STUDY: ЭВОЛЮЦИОННАЯ АНТРОПОЛОГИЯ (Антропогенез как пример детально изученного ароморфоза)

19. Избранные главы эволюционной антропологии - 1.

Этапы антропогенеза. Прямохождение. Древнейшие гоминиды. Теория О. Лавджоя. Причины, факторы и историческая динамика роста мозга в ходе антропогенеза. Возможные положительные обратные связи в эволюции когнитивных способностей гоминид. Генетические аспекты антропогенеза. Поиск «генов человечности». Развитие палеогенетики. Полицентризм и моноцентризм. Реконструкция древних миграций и популяционной истории поздних *Homo* на основе генетических, палеогенетических и археологических данных.

20. Избранные главы эволюционной антропологии - 2.

Эволюционная психология. Основы психогенетики и эволюции поведения. Сопряженное влияние генов и среды на психологические и поведенческие признаки. Эволюция и нейрохимия социальных и семейных отношений; эволюционная биология любви. Мозг и социальность. «Модель психического» и зеркальные нейроны. Теория социального (макиавеллиевского) интеллекта. Сопряженная эволюция генов и мемов: взаимовлияние культурной и биологической эволюции.

21. Эволюция кооперации и альтруизма.

Основы эволюционной этики. Адаптации, вредные для особи, но полезные для группы. Теория родственного отбора и родственный альтруизм. Эволюция эусоциальности. Проблема социального паразитизма и пути ее решения. Взаимный (реципрокный) альтруизм. Непрямая реципрокность. Групповой отбор. Межгрупповая конкуренция как фактор, способствующий эволюции внутригрупповой кооперации.

БЛОК СЕМИНАРОВ

1. История эволюционной биологии.

Изменяемость природы; процессы, превышающие продолжительность жизни человека; попытки систематизации биологического разнообразия: взгляды античных ученых, эпоха возрождения (Леонардо да Винчи), естественная теология (Джон Рэй), Р. Гук (откуда берутся ископаемые). Статичность природы, однозначный детерминизм (Ш. Боннэ, В. Лейбниц)

Методический подход к исследованию окружающего мира: Р. Декарт (редукционизм). Ф. Бэкон (эмпиризм).

Креационизм, трансформизм и эволюционизм (К. Линней, Ж. Бюффон, Э. - Ж. Сент-Иллер, Ж. Кювье, Ж.Б. Ламарк, Эразм Дарвин). Сравнение взглядов Линнея и Бюффона на происхождение биоразнообразия. Планы строения и развития (Э. - Ж. Сент-Иллер, Ж. Кювье, К. Бэр). Теория Ламарка.

Краткие биографии и путешествия Ч. Дарвина и А. Уоллеса. Индуктивное доказательство эволюции. Схема логики Дарвина.

Развитие эволюционных учений. Т.Х. Морган: «Генетический дарвинизм». Синтетическая теория эволюции. Кимура: Нейтральная теория молекулярной эволюции. Эволюционная биология развития («Next synthesis»).

2. Изменчивость. Формирование фенотипа в онтогенезе.

Фенотипические признаки (классификация) и их изменчивость.

Классификация форм изменчивости. Мутационная изменчивость: классификация мутаций; доминантность и рецессивность мутаций; аллели, нейтральность / вредность / полезность мутаций; мутации у про- и эукариот. Комбинативная изменчивость как основной материал эволюции. Соотношение мутационной и комбинативной изменчивости. Полиморфизм. Причины стабильного поддержания генетического полиморфизма.

Модификационная изменчивость, ее формы и значение для эволюции. Норма реакции.

3. Факторы, влияющие на формирование фенотипических признаков.

Основные свойства онтогенеза / фенотипа — пластичность и устойчивость (Шмальгаузен + Уоддингтон). Неоднозначность соотношения генотип / фенотип. Экспрессивность и пенетрантность мутаций. Фенокопии и генокопии. Точность воспроизведения фенотипа в ходе онтогенеза. Роль средовых факторов в регуляции онтогенеза, сигнальные факторы. Материнский эффект. Генетический фон. Молекулярные основы модификационной изменчивости и генетической ассимиляции: эксперименты Уоддингтона; воспроизведение экспериментов Уоддингтона (Rutherford, Lindquist, 1998); длительные (наследуемые) модификации (метилирование и т. п.); дифференциальная экспрессия генов / регуляция экспрессии. Канализация траекторий развития, эпигенетический ландшафт (Уоддингтон). Эволюция доминантности.

4. Популяция. Генетические процессы в популяциях.

Популяция: структура популяции и ее характеристики.

Закон Харди-Вайнберга как основа эволюционной генетики. Предположения закона и их нарушения. Системы скрещивания, их влияние на генофонд: панмиксия, гомогамия и гетерогамия, селективное скрещивание, инбридинг. Генетический дрейф как «эволюция по умолчанию». Нейтральная эволюция и «молекулярные часы». Эффекты основателя и бутылочного горлышка.

5. Борьба за существование и естественный отбор.

Понятия экологической ниши вида, оптимума и пессимума. Элиминация, ее формы. Определения приспособленности. Компоненты приспособленности. Принцип Холдейна — Семевского (экологическая бочка Либиха). Множественность факторов, действующих на популяцию и каждую особь. Множественность путей достижения одной и той же приспособленности (полиморфизм, жизненные стратегии, формирование одного и того же фенотипа на разной генетической основе). Trade-off. Множественность векторов отбора.

Понятие борьбы за существование и ее формы. Активная и пассивная конкуренция. Соотношение борьбы за существование и естественного отбора. Естественный отбор как дифференцированное размножение.

Нетавтологичное определение приспособленности. Математическое описание отбора по одному локусу: отбор против рецессивного аллеля, отбор против доминантного аллеля, отбор против гетерозигот, отбор в пользу гетерозигот. Ответ на отбор, селекционный дифференциал, наследственность / наследуемость.

6. Естественный отбор. Формы естественного отбора.

Движущий отбор, роль мутационной и комбинативной изменчивости в преобразовании фенотипа. Графическая демонстрация механизма действия отбора с помощью вариационных кривых. Стабилизирующий отбор (накопление генетической изменчивости, повышение точности воспроизведения фенотипа в ходе онтогенеза, канализация онтогенетических траекторий). Дизруптивный отбор, его роль в формировании полиморфизма. Балансирующий отбор. Примеры частотно — зависимого и плотно — зависимого отбора. Половой отбор и его возможные механизмы. Формирование альтруистического поведения под действием отбора.

Особенности отбора по признакам с низкой и высокой наследуемостью / узкой и широкой нормой реакции. Исчерпание резерва изменчивости. Ограничения («плата» за отбор): реакция организма на отбор как единого целого, косвенные эффекты отбора.

7. Детекция следов отбора в геноме.

Методы детекции отбора в догеномную эпоху: тесты K_p/K_s , МакДональда-Крейтмана, тесты, основанные на филогении. Явление «выметания отбором», «жесткое» и «мягкое» выметание. Tajima's D. Детекция отбора с помощью данных по гаплотипам.

8. Вид и видообразование.

Концепции вида (и соответствующие им критерии вида): типологическая, номиналистическая, биологическая, морфологическая. Модель аллопатрического видообразования по Майру. Пре- и посткопулятивная изоляция. Модели симпатрического видообразования: соотношение адаптивной дивергенции и репродуктивной изоляции, экологическая сегрегация. Гибридогенное видообразование. Видообразование за счет полиплоидизации, видообразование за счет заражения несовместимыми штаммами паразитов.

9. Эволюция онтогенеза.

Биогенетический закон и теория филэмбриогенезов как первые попытки выявления механизмов эволюции онтогенеза. Причины частичной рекапитуляции предковых стадий в онтогенезе. Эмбрионизация, автономизация и рационализация онтогенеза. Аллометрии и гетерохронии. Онтогенетические корреляции. Стадийность онтогенеза. Эволюция жизненных циклов и стратегий размножения.

Регуляторные и структурные гены в эволюции.

Эволюционная биология развития. Проблема «эволюционных новшеств». Модульность признаков, онтогенеза и регуляторных генетических сетей. Откуда берется генетическое определение эволюционно новых признаков (коопция модулей ГРС, генетическая ассимиляция). Сложные признаки и их эволюция. Проблема гомологии. Ее решение за счет концепции модульности. Исчезновение признаков фенотипа.

Эписелекционная эволюция. Эпигенетическая теория эволюции (Шишкин).

10. Макроэволюция.

Макро- и микроэволюция. Соотношение и методические подходы в изучении закономерностей.

Функциональная эволюция: основные идеи.

Адаптивная зона. Биологический и морфофизиологический прогресс. Классификации «путей достижения биологического прогресса» по А.Н. Северцову и по И.И. Шмальгаузену, их соотношение. Становление ароморфоза. «Зации».

Основные закономерности эволюции (необратимость, постепенность и т. п.). Теории катастроф.

11. Коэволюция и эволюция экосистем.

Коэволюция на уровне клетки, на молекулярном уровне. Разнообразные формы межвидовых взаимодействий. Примеры коэволюции в случае мутуалистических и антагонистических отношений. Коадаптивные комплексы.

Определения биологической эволюции и границы их применимости. Предмет эволюции экосистем. Экогенез и специогенез. Пути изменения сукцессионных рядов: усечения и надставки. Массовые вымирания. Импактные гипотезы. Модель экологических кризисов на примере среднемиоценового кризиса наземной биоты и пермо-триасовой смены энтомофауны.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

7.1. Перечень оценочных средств

Компетенция	Результат обучения по дисциплине (модулю)	Оценочные средства
<p>ОПК-1. Способен применять знание о разнообразии, развитии и эволюции биологических объектов различных уровней организации для решения профессиональных задач в полевых и лабораторных условиях, в том числе с привлечением современных методов структурной биологии, биоинформатики, математического и молекулярного моделирования; способен понимать значение биоразнообразия для устойчивости биосферы.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные пути эволюции разных групп высших и низших животных и растений, человека • как взаимодействие организмов с окружающей средой и другими организмами приводит к эволюционным преобразованиям • как формируется распределению видов в естественных условиях и при антропогенном воздействии <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • восстанавливать на основе современных данных основные этапы филогенеза исследуемых групп организмов • использовать различные методы палеонтологического, молекулярного и сравнительно-анатомического анализа для изучения истории формирования 	<ul style="list-style-type: none"> • Вопросы для текущей и промежуточной аттестации (тестирование, экзамен) • Написание рефератов, кратких эссе • Подготовка докладов по современным эволюционным статьям

	<p>биоразнообразия.</p> <ul style="list-style-type: none"> • критически воспринимать эволюционные воззрения, в том числе и альтернативные • вести аргументированную дискуссию по эволюционной проблематике <p>Владеет навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками сбора, анализа и интерпретации данных для эволюционных исследований. 	
<p>ОПК-2. Способен планировать и проводить биологические эксперименты, наблюдение, описание, идентификацию, классификацию и культивирование биологических объектов, опираясь на знание их структурной и функциональной организации, механизмов жизнедеятельности, используя современное оборудование, информационные технологии и профессиональные базы данных, физико-химические методы и методы моделирования, соблюдая требования биоэтики, техники безопасности и информационной безопасности;</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные факторы, влияющие на эволюционные процессы на молекулярном, организменном, биоценоотическом и экосистемном уровнях <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • планировать дизайн эволюционного эксперимента • планировать сбор полевых и лабораторных данных <p>Владеет навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> • интерпретации и анализа результатов эволюционных исследований 	<ul style="list-style-type: none"> • Вопросы для текущей и промежуточной аттестации (тестирование, экзамен) • Написание рефератов, кратких эссе • Подготовка докладов по современным эволюционным статьям

7.2. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы вопросов текущего контроля успеваемости

(тестирование)

1. Кто автор первой теории эволюции?
 - А. Дарвин
 - Б. Бюффон
 - В. Кювье
 - Г. Ламарк
2. Движущие силы эволюции по Дарвину?
 - А. Изменчивость
 - Б. Мутации
 - В. Наследственность
 - Г. Случайные изменения
 - Д. Естественный отбор
 - Е. Стремление к совершенству
3. Кто ввел понятие «эпигенетический ландшафт»?
 - А. Мото Кимура
 - Б. Шмальгаузен И.И.
 - В. Дарвин Ч.
 - Г. Уодингтон К.
4. Что больше – потенциальная (фундаментальная) экологическая ниша или реализованная экологическая ниша?
 - А. Потенциальная экологическая ниша
 - Б. Реализованная экологическая ниша
 - В. Обе одинаковые
5. В чем выражается высокая приспособленность?
 - А. Выживание в узкоспециализированной нише
 - Б. Большое количество потомства
 - В. Приспособление к новым видам пищи
 - Г. Доживание до репродуктивной стадии
6. Кто ввел понятие «Дестабилизирующий отбор»
 - А. Дарвин
 - Б. Лысенко
 - В. Беляев
 - Г. Линней
7. В каких популяциях генетический дрейф может приводить к значимым изменениям за короткое время?
 - А. Малых
 - Б. Больших
 - В. Средних
 - Г. Любых
8. В какой концепции вида – главное это хиатусу по каким-либо признакам?
 - А. Номиналистическая
 - Б. Типологическая
 - В. Морфологическая
 - Г. Биологическая
9. Какой вид репродуктивной изоляции «дешевле» обходится организму?
 - А. Прекопуляционный

Б. Посткопуляционный

В. Метакопуляционный

10. Кладогенез – это ...

А. Плавное превращение, под действием меняющихся условий, одного вида в другой (филетическая эволюция, анагенез)

Б. Случайное возникновение полезных адаптаций

В. Образование нескольких видов из одного предкового

11. Что верно для аллопатрического видообразования:

А. Обязательное присутствие географического барьера, прекращающего скрещивания

Б. Появление дочернего вида внутри материнской популяции на одной территории

В. Прекращение скрещивания из-за изменения поведения группы особей внутри предковой популяции

12. К чему приводит эмбрионизация онтогенеза

А. Появление ювенильных черт на более поздних сроках онтогенеза

Б. Организм появляется на свет более развитым и устойчивым к внешним условиям

В. Исчезновение некоторых эмбриональных стадий

13. Гетерохрония – это...

А. Изменение места закладки органа в онтогенезе

Б. Изменение порядка жизненных стадий в онтогенезе

В. Изменение скорости развития признаков в онтогенезе

14. При каком виде отбора преимущество получают наиболее распространённые и средние признаки?

А. Дизруптивный

Б. Движущий

В. Стабилизирующий

15. Выберите верное утверждение, принадлежащее Дарвину (актуальное и по сей день)

А. Выживает сильнейший

Б. Выживает наиболее приспособленный

В. Выживет наиболее дерзкий

Образцы вопросов промежуточной аттестации

1. Какова роль книги Дарвина «Происхождение видов» в развитии науки?

2. Дайте определение генетической ассимиляции, объясните механизм этого явления. С помощью каких экспериментов было доказано существование явления генетической ассимиляции?

3. Перечислите основные принципы функциональной эволюции. В чем состоит эволюционное значение смены функций? Ответ должен сопровождаться примерами.

4. Какие популяционные характеристики влияют на скорость эволюционных преобразований? Как влияет численность популяции на эффективность отбора и соотношение вклада отбора и дрейфа в эволюцию?

5. Какие молекулярные механизмы обеспечивают изменчивость признака в пределах нормы реакции? Может ли в ходе эволюции измениться норма реакции признака? В каких условиях?

6. Чем отличается конвергенция от параллелизма? (Ответ на вопрос должен сопровождаться примерами).

7. Эволюционная роль мобильных генетических элементов: мусорная ДНК или источник полезных новшеств?
8. В чем причина существования узловых стадий развития, сходных внутри крупных филогенетических групп?
9. Охарактеризуйте половой отбор. Приведите примеры данной формы отбора. Как соотносится направленность полового отбора от «обычного» естественного отбора.

7.3. Описание критериев и шкал оценивания

Описание критериев оценивания выполнения задания

Показатель	Баллы
Студент выполняет менее 50% задания	2
Задание студент выполняет частично, есть существенные неточности, способен при разнообразных направляющих вопросах исправить допущенные ошибки	3
Задание студент выполняет все или большей частью, есть отдельные неточности, способен при направляющих вопросах исправить допущенные неточности	4
Задание выполнено студентом правильно, самостоятельно в полном объеме	5

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенции	Баллы	Оценка в 5-ти балльной шкале
Недостаточный		неудовлетворительно
Базовый		удовлетворительно
Высокий (повышенный)		хорошо
Продвинутый (повышенный)		отлично

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)

(*оценка сформированности компетенций дается в соответствии со шкалой выше)

Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
Рез-т обучения				
Знания (приведены в п.3.)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (приведены в п.3.)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение

Навыки /владения/опыт деятельности (приведены в п.3.)	Отсутствие навыков (владений, опыта деятельности)	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач
---	---	---------------------------	--	---

8. Ресурсное обеспечение:

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

Дополнительная литература:

8.2. Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Яндекс Браузер
2. Libre Office
3. Adobe Acrobat Reader

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Журналы и библиографические базы данных, доступные через Интернет
<http://www.elibrary.ru>
2. <http://mfd.cepl.rssi.ru/main.htm> - Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
3. <https://www.gbif.org/ru/> Свободный и открытый доступ к данным о биоразнообразии GBIF | Global Biodiversity Information Facility

8.4. Описание материально-технической базы

Для освоения дисциплины требуется свободный доступ к сети Интернет, а также:

- Аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
 - А. Помещения: аудитории для проведения лекционных/семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации: учебная аудитория филиала МГУ в г. Грозном;
 - Б. Оборудование: наборы ученической мебели, рабочее место преподавателя, ученическая доска, компьютер, проектор, экран, доска.

9. Язык преподавания

Русский.

10. Преподаватели

Доктор биологических наук, проф. зав. каф. биологической эволюции биологического факультета МГ Марков Александр Владимирович

Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Краус Юлия Александровна

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Гриньков Владимир Григорьевич.

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Лысенков Сергей Николаевич

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Северцова Елена Алексеевна

Кандидат биологических наук, каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Сухопутова Алена Валентиновна

Кандидат биологических наук, младший научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Шурупова Яна Александровна

Кандидат наук, ведущий инженер каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Яковлева Екатерина Юрьевна

Аспирант, ведущий инженер каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Устинова Елена Николаевна

Аспирант, инженер каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Колесников Кирилл Артурович

11. Авторы программы

Доктор биологических наук, проф. зав. каф. биологической эволюции биологического факультета МГ Марков Александр Владимирович

Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Краус Юлия Александровна

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Гриньков Владимир Григорьевич.

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Лысенков Сергей Николаевич

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Северцова Елена Алексеевна

Кандидат биологических наук, каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Сухопутова Алена Валентиновна

Кандидат биологических наук, младший научный сотрудник каф. биологической эволюции биологического факультета МГУ Шурупова Яна Александровна