

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
биологический факультет

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан биологического факультета,  
академик



/М.П. Куртичников/  
» \_\_\_\_\_ 2022 г.

## **ВРЕМЕННАЯ ПРОГРАММА-МИНИМУМ**

кандидатского экзамена по специальности

### ***1.5.15. Экология***

кафедра общей экологии и гидробиологии биологического факультета МГУ

Шифр и наименование области науки 1.5. Биологические науки

Наименование отраслей науки,

по которым присуждаются ученые степени: Биологические науки

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Ученым советом факультета  
(протокол № 4 от 31 марта 2022 г.)

## I. Описание программы:

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы и области знания, в основе данной программы лежат следующие дисциплины:

Современные проблемы биологии по специальности (Экология).

## II. Основные разделы и вопросы к экзамену:

### I. Предмет экологии

1. Системный подход в изучении живого. Уровни организации живой материи. Надорганизменные системы: популяции, сообщества, экосистемы (биогеоценозы), биосфера. Экология как наука о надорганизменных биосистемах, их структуре и функционировании. Две группы задач и соответствующие им подходы: (1) изучение механизмов, определяющих распространение и обилие организмов (популяционный подход); (2) изучение протекающих с участием организмов процессов трансформации вещества и энергии в экосистемах и биосфере (экосистемный подход).
2. Краткая история экологии и основные этапы ее развития. Элементы экологии с древнейших времен до конца 18 века. Работы А. Гумбольта, К.Ф. Рулье, Н.А. Северцова. Роль Ч. Дарвина в становлении экологии; решение проблемы видообразования на надорганизменном (популяционном) уровне. Введение термина "экология" Эрнстом Геккелем (1866 г.) для обозначения науки о взаимодействиях организма и среды. Аутэкология, демэкология и синэкология. Экология микроорганизмов, растений и животных. Формирование общей экологии. Соотношение частной и общей экологии.
3. Математический аппарат экологии – статистические методы и моделирование. Место экологии в системе биологических наук. Экология, как теоретическая база для разработки мер по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов.

### 2. Факториальная экология. Среда и факторы существования организмов.

1. Представление о физико-химической среде обитания организмов; особенности почвенной, водной и воздушной сред. Абиотические и биотические факторы. Условия и ресурсы. Лимитирующие факторы. Правило Либиха. Кривая толерантности. Границы толерантности, зоны оптимума и пессимума. Взаимодействие экологических факторов, изменение отношения организмов к экологическим факторам в зависимости от уровня других факторов. Изменения отношения к экологическим факторам в

зависимости от возраста особей. Границы толерантности у разных видов и у разных популяций одного вида. Эврибионтные и стенобионтные виды.

2. Экологическое значение основных абиотических факторов: температуры, освещенности, влажности, солености, концентрации биогенных элементов и др. Экологическая индивидуальность видов. Распределение отдельных видов по градиенту факторов. Представление об экологической нише, многомерная ниша Дж. Э. Хатчинсона, фундаментальная и реализованная ниши. Современные трактовки экологической ниши (П. Чиссон). Факторы распределения особей.
  3. Ритмы экологических процессов. Суточные, сезонные, годовые ритмы, их адаптивный характер. Эндогенные и экзогенные ритмы. Фотопериодизм.
  4. Общие закономерности приспособления организмов к условиям жизни. Общие адаптивные особенности организмов, обитающих в разных средах, на разных субстратах, во влажном, сухом, жарком и др. климате. Особенности адаптации к экстремальным условиям.
  5. Принципы экологической классификации организмов. Экологическая классификация и систематика. Классификация жизненных форм и других приспособительных типов. Трофические группы организмов, как функциональные элементы, определяющие основные типы отношений в природе между ними.
- 3. Основные типы биотических отношений между организмами.**
1. Типы взаимоотношений между организмами: симбиоз (паразитизм, комменсализм, нейтрализм, аменсализм), конкуренция, хищничество, симбиоз, антибиоз, форезия, зоохория и т.д.
  2. Распространение и значение разных форм биотических отношений в природе, различных типах сред и в разных зонально-климатических условиях.
  3. Принцип конкурентного исключения: математическая формулировка Лотки-Вольтерра и эксперименты Г.Ф. Гаузе. Современные трактовки принципа конкурентного исключения. Модель ресурсной конкуренции Д. Тильмана. Концепция лимитирующего сходства. Условия сосуществования конкурирующих видов. Регуляция исхода конкуренции в экспериментальных условиях. Конкуренция и распространение видов в природе.
  4. Система хищник-жертва. Уравнения Лотки-Вольтерры. Сосуществование хищника и жертвы в лабораторных и природных условиях.
- 4. Популяционная экология.**
5. Определение понятия «популяция» в экологии, систематике и генетике. Разные подходы и разные принципы выделения популяционных категорий. Популяции разных

масштабов. Проблема элементарной популяционной единицы. Локальные популяции и их совокупности – метапопуляции. Особенности популяционных категорий в разных группах организмов, разных средах и климатических условиях.

6. Статические характеристики популяций: общая численность, плотность популяций, возрастной, половой и размерный состав. Генетическая и пространственная структура: особенности у животных, растений, микроорганизмов. Биомасса и способы её выражения: сырая и сухая масса; энергетическая ценность. Методы оценки численности и плотности популяций: прямой подсчет, выборочные пробы (площадки, трансекты, объемы), мечение особей. Характер пространственного размещения особей: случайное (пуассоновское), равномерное (регулярное) или агрегированное (пятнистое) размещение. Выявление типа пространственного размещения. Отношение дисперсии плотности к средней плотности как показатель агрегированности. Зависимость его от размера используемой учётной площадки. Территориальное поведение животных. Скопления животных и растений, причины их возникновения. Групповой эффект. Стада, стаи, колонии, семьи. Зависимость популяционной структуры от биологии вида, биотического и абиотического окружения.
7. Динамические характеристики популяций: рождаемость, смертность, скорость и удельная скорость роста, численности популяции. Удобство использования удельных (в расчёте на особь) величин. Модели роста численности без учета возрастной структуры. Экспоненциальная модель роста численности популяции. Логистическая модель роста численности популяции. Основные параметры логистической модели: репродуктивный (биотический) потенциал  $m$  и емкость среды  $K$ . Описание популяций с возрастной структурой. Таблицы и кривые выживания. Три типа кривых выживания. Смертность, зависящая и независящая от возраста. Демографические (жизненные) таблицы (life tables). Чистая скорость размножения  $R_0$  и среднее время генерации  $G$ . Оценка удельной скорости роста численности популяции на базе  $R_0$  и  $G$ .
8. Продукция популяции. Первичная и вторичная продукция. Способы выражения продукции: сырой и сухой вес (масса), энергетические единицы. Способы оценки первичной и вторичной продукции.
9. Регуляция численности популяций, стохастизм и регуляционизм, факторы, зависимые и независимые от плотности. Роль климатических факторов. Внутривидовая регуляция численности: конкуренция, каннибализм, поведенческие и физиологические механизмы. Концепция саморегуляции. Циклические колебания численности животных и растений.

10. Внутрипопуляционная регуляция численности. Механизмы, предотвращающие внутривидовую конкуренцию. Плотность популяции и миграции. Расселение потомства. Территориальные отношения. Механизм изменения плодовитости.
11. Типы популяционной динамики: от хаотического до строго периодического. Популяционные циклы.
12. Альтернативные способы достижения организмами жизненного успеха. Представление о трейдоффе – компромиссе между жизненно важными функциями, имеющими общее энергетическое обеспечение. Трейдофф между числом и размером потомков (много мелких потомков или мало крупных). Идея r- и K-отбора, r- и K-жизненные стратегии. Основные типы жизненных стратегий организмов. Система Л.Г. Раменского: виоленты, пациенты, эксплеренты. Система Ф. Грайма (С – конкуриторы, S – стресс-толеранты, R – рудералы). «Стресс» (нехватка ресурсов) и нарушения (например, поедание фитофагами) как факторы, комбинация которых формирует в ходе эволюции организмов разные типы стратегий.
13. Расселение организмов и межпопуляционные связи. Выявление разных типов межвидовых взаимодействий и их классификация. Экологические механизмы поддержания генетической разнородности популяций. Генетический полиморфизм популяций и его адаптивное значение. Эволюционное значение взаимодействия популяций. Микроэволюционные процессы.

#### 5. Экология сообществ (биоценозов)

1. Структурный, функциональный, морфологический и динамический аспекты экологии сообществ.
2. Видовая структура сообщества. Доминанты и эдификаторы. Руководящие формы и индикаторные организмы. Ключевые виды (виды-эдификаторы). Межвидовая конкуренция, как один из основных механизмов поддержания видовой структуры сообществ. Соотношение численности разных видов в сообществе. Логарифмическое и логнормальное распределение численностей. Видовое разнообразие, как характеристика сообщества. Связь видового разнообразия с трофической и пространственной структурой сообщества. Изменение видового разнообразия в процессе природной сукцессии и при антропогенных воздействиях. Структура сообществ в оптимальных и пессимальных условиях.
3. Концептуальные модели организации сообществ и основных структурирующих факторов. Конкуренция как структурирующий фактор, принцип "плотной упаковки" Р. Мак Артура. Гипотезы «контроля сверху» и роль хищников как структурирующего фактора. Роль пространственно-временной неоднородности. Концепция

метасообщества. Гипотезы "неравновесного хаоса" Вайнса-Ротенберри, "трех сфер" Шенера и "эволюционной зрелости" Коди. Гипотеза нейтральности Халберта. Сообщества (биоценозы) – живой компонент биогеоценозов; таксономический и функциональный состав сообществ; автотрофы (фототрофы, хемотрофы) и гетеротрофы (биотрофы и сапротрофы); фототрофы – основные продуценты органического вещества; сапротрофы и минерализация отмерших автотрофов и гетеротрофов; существование гетеротрофных биоценозов при поступлении органического вещества извне. Пищевые цепи и трофические уровни. Понятия трофической цепи и трофической сети. Типы пищевых цепей (пастбищный и детритный), их особенности в разных типах экосистем. Поток энергии через систему по цепи хищник — жертва и по детритной цепи. Понятие «микробной петли» и вирусный шунт.

4. Продуктивность биоценозов. Принципы количественного анализа трофодинамических процессов.
5. Функциональная организация сообществ. Стабильность и устойчивость, их количественные оценки. Связь стабильности и устойчивости с видовой и трофической структурой.
6. Морфология сообществ. Категории морфологии сообществ - ярусы, горизонты, синузии, парцеллы и пр. Типы пространственной структуры. Мозаичность, комплексность, узловые сгущения и т.д. Ярусность и мозаичность наземных сообществ.
7. Трофические связи. Консорции. Детерминанты консорций и консорты. Консорции наземных и водных биоценозов. Сопряженная эволюция организмов и видовой состав биоценозов.
8. Наземные биоценозы. Особенности взаимоотношений между растениями и животными. Состав фитоценозов: ярусность, «расчленение» на синузии, горизонтальная неоднородность структуры (мозаичность).
9. Водные биоценозы: особенности трофических взаимоотношений между гидробионтами. Вертикальная гетерогенность водных сообществ. Стратификация.
10. Динамика сообществ. Смена биоценозов во времени (сукцессии). Первичные и вторичные сукцессии, их основные этапы. Структурные особенности сообществ на разных этапах сукцессии, соотношение разнообразия, биомассы, продукции. Экологический и ценобиотический отбор. Пожары как экологический фактор. Серийные и климаксовые сообщества. Концепция климакса. Её критика. Климакс, как состояние динамического равновесия между количеством фиксируемой энергии и

её расходом компонентами биоценозов.

11. Неполночленность биоценозов, видов и неполночленные биоценозы.
12. Макроэкология как направление экологии, изучающее общие (глобальные) закономерности экологических явлений и процессов, которые выявляются только в больших масштабах пространства и времени. Методологические аспекты. Основные макроэкологические закономерности. Зависимость «виды-площадь» (species-area relationship, SAR). Широтные градиенты разнообразия. Связь между разнообразием и продуктивностью. Градиенты обилия и разнообразия организмов. Закономерности в положении и размерах ареалов, правило Рапопорта. Закономерности, связанные с размерами тела. Аллометрические зависимости. Уровень эндемизма/космополитизма как функция размера организмов.

#### **6. Биогеоценология.**

1. Биогеоценология – учение об экосистемах, живой частью которых является биоценоз. Соотношение понятий: биоценоз (В.Н. Сукачев), экосистема (А. Тенсли, Ф.К. Эванс). Экотон и биотоп, зоо- и фитоценоз, ландшафт; биоценозы – хронологические единицы биосферы. Организация и структура биоценоза, составляющие его компоненты. Факторы, воздействующие на биогеоценозы: космические, атмосферные, гидрологические, биологические, антропогенные.
2. Биотический круговорот, как важнейшая функциональная характеристика экосистем. Энергетический подход в исследовании экосистем. Поток энергии через экосистемы. Основные систематические и экологические группы продуцентов наземных и водных экосистем. Чистая и валовая продукция. Траты на дыхание у разных групп продуцентов. Отношение продукции к биомассе (П/Б – коэффициент) у продуцентов водных и наземных экосистем.
3. Этапы использования энергии и вещества в экосистемах. Потери энергии при переходе с одного трофического уровня на другой. «Пирамида продукции» и «пирамида биомасс». Поток энергии и круговорот веществ. Деструкция органического вещества в экосистемах. Соотношение потоков энергии в наземных и водных экосистемах. Животные, как ускорители биотического круговорота. Группы микроорганизмов, осуществляющих основные этапы разложения органического вещества.
4. Фиксация солнечной энергии и распределение её по основным типам экосистем. Первичная продукция суши и океана.
5. Наземные экосистемы, их особенности и различия: тундра, болота, леса умеренной зоны, степи, тропические влажные леса, саванны, пустыни. Значение почвы как особого биокосного тела. Обитающие в почвах группы организмов и их роль в

биотическом круговороте. Подстилка, как отдельный почвенный горизонт. Накопление энергии и вещества в болотах. Полнота круговорота вещества во влажных тропических лесах. Особенности сукцессии в наземных экосистемах.

6. Водные экосистемы и их отличие от наземных. Особенности круговорота в водных экосистемах веществ и энергии. Основные группы продуцентов, редуцентов и консументов. Экологический метаболизм.

#### **7. Учение о биосфере.**

1. Определение понятия биосферы. Роль В.И. Вернадского в формировании современного научного представления о биосфере. Структура биосферы. Живое и биокосное вещество. Энергетический баланс биосферы. Автотрофы и гетеротрофы, фиксирование солнечной энергии и основные этапы ее использования. Первое и второе начала термодинамики. Круговорот химических веществ в биосфере. Биогеохимические функции разных групп организмов и разных экосистем. Биосферный цикл углерода, азота, кислорода, фосфора, кремния и серы; гидрологические циклы. Основные биогеохимические законы, сформулированные В.И. Вернадским. Эволюция биосферы.
2. Антропогенное воздействие на природные циклы углерода, азота и фосфора. Изменения энергетического баланса, связанные с деятельностью человека. Ноосфера.

#### **8. Практическое значение экологии. Охрана природы.**

1. Охрана биосферы как одна из важнейших задач человечества. Рост народонаселения. Потенциальная биологическая продуктивности Земли. Различный характер эксплуатации природных экосистем суши. Проблема управления продукционными процессами. Экономическая эффективность использования продукции различных трофических уровней. Увеличение выхода используемой человеком продукции. Переход от промысла к организованному ведению хозяйства. Производство человеком пищи как биосферный процесс. Главные черты сельскохозяйственных экосистем; необходимые условия для их существования. Соотношение роста урожая и затрат удобрений, ядохимикатов и энергии. Экологические последствия применения азотных и фосфорных удобрений. Эвтрофирование континентальных и прибрежных вод. Истощение природных запасов минерального фосфора. Производство человеком отходов как биосферный процесс. Его основные особенности, формы и масштабы. Экологические последствия применения ядохимикатов. Образование форм вредителей сельского хозяйства, резистентных к ним. Накопление ядохимикатов в высших звеньях пищевой цепи. Требования, предъявляемые в настоящее время к ним. Применение нехимических методов борьбы с видами вредителей, распространение которых нежелательно для человека. Интегрированная борьба с вредными видами.

2. Радиоактивное загрязнение биосферы. Главные пути миграции в биосфере радиоактивных изотопов, опасных для человека и животных.
3. Антропогенные изменения видового состава флоры и фауны под влиянием человека. Красная книга Международного союза охраны природы (IUCN Red List). Красная книга России. Истребленные виды растений и животных. Нарушение биогеографических границ. Биологические инвазии чужеродных видов. Факторы, определяющие возможность вселения чужеродных видов в биоценозы. Интродукции - преднамеренные и случайные, их экологические последствия. Охрана биогеографических и биогеоценологических границ. Карантинная служба защиты растений. Значение невозделываемых территорий для поддержания экологического равновесия биосферы. Особо охраняемые природные территории, основные принципы выделения, организации и эксплуатации. Охрана генетического разнообразия (генофонда) диких растений и животных. Охрана и рациональное использование ландшафта. Охрана водных экосистем. Проблема чистой воды. Основные принципы биологической очистки сточных вод. Индикация загрязнения воды биологическими методами.
4. Энергетические ресурсы человечества. Изменение теплового баланса Земли под влиянием антропогенных воздействий. Основные виды загрязнения окружающей среды. Необходимость охраны климата.
5. Нарушение человеком естественного химического равновесия. Перераспределение элементов на земной поверхности. Распространение элементов на земной поверхности. Медицинские аспекты глобальных последствий антропогенной деятельности (геогиена).
6. Прогнозирование влияния хозяйственной деятельности человека на биосферу. Методы контроля за качеством окружающей среды. Мониторинг окружающей среды, принципы его организации. Химический, физический и биологический мониторинги. Рациональное природопользование и охрана окружающей среды как основа для преобразования биосферы в ноосферу.

### III. Критерии оценивания

Критерии и показатели оценивания ответа на экзамене			
1	2	3	4
Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Фрагментарные знания актуальных проблем и тенденций в развитии политических наук и регионоведения	Неполные знания актуальных проблем и тенденций в развитии политических наук и регионоведения	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания актуальных проблем и тенденций в развитии политических наук и регионоведения	Сформированные и систематические знания актуальных проблем и тенденций в развитии политических наук и регионоведения

### IV. Рекомендуемая основная литература:

1. Башкин В.Н. Биогеохимия. Учебное пособие. М.: Высшая школа. 2008. 423 с.
2. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции, сообщества; Т.1. Пер. с англ. – М.: Мир. 1989. 667 с.
3. Бурковский И.В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. 285 с.
4. Гиляров А.М. Популяционная экология. Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ. 1990. 191 с.
5. Гиляров А.М. Экология биосферы. М.: Изд-во МГУ. 2016. 160 с.
6. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. Москва: "Мир". 1988.
7. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология. М.: Дрофа. 2004. 624 с.
8. Одум Ю. Экология. Т.1. Пер. с англ. – М.: Мир. 1986. 328 с.
9. Озернок Н. Д. Механизмы адаптаций. М.: Наука. 1992.
10. Проссер Л. Сравнительная физиология животных. М.: Мир. 1977.
11. Скадовский С. Н. Экологическая физиология водных организмов. М. Советская наука. 1955.
12. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология. М.: Дрофа. 2007. 411 с.
13. Шлегель Г. Общая микробиология. Пер. с нем. М.: Мир. 1987. 567 с.
14. Шмидт–Нильсен К. Физиология животных. Приспособление и среда. М. Мир. 1982.

## V. Дополнительная литература:

1. Blackburn T.M., Gaston K.J. Macroecology: Concepts and Consequences. Oxford: Blackwell. 2003.
2. Gaston K.J., Blackburn T.M. Pattern and Process in Macroecology. Oxford: Blackwell, 2000.
3. Parsons T., Takahashi M., Hargrave B. Biological Oceanographic Processes. 3rd Edition. Elsevier. 2016.
4. Агаджанян Н.А., Жученко А.А. мл., Черкасов А.В. Экология человека в современном мире. М. 2014. 244 с.
5. Баренгейм Г.М., Чиганова М.А. Загрязнение природных вод лекарствами. М.: Наука. 2015. 283 с.
6. В.Д. Федоров, С.А. Остроумов Введение в экологию. 2-издание. / Серия: Наука. Образование. Инновации. Вып. 6. М.: МАКС. Пресс. 2007. 64 с.
7. Егоренков Л.И. Учение о биосфере. М. ИИУ МГОУ. 2015. 68 с.
8. Жирков И.А. Био-география общая и частная: суши, моря и континентальных водоёмов. М.: Т-во научных изданий КМК. 2017. 568 с.
9. Жирков И.А. Жизнь на дне. Био-экология и био-география бентоса. М.: КМК. 2010.
10. Красная книга Международного союза охраны природы (IUCN Red List). <https://www.iucnredlist.org/>
11. Красная книга Российской Федерации. М.: АСТ/Астрель, 2001. 863 с.
12. Кревер В.Г., Стишов М.С., Онуфреня И.А. Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и перспективы развития. М.: 2009.
13. Пианка Э. Эволюционная экология. Москва. "Мир". 1981.
14. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. Изд. "Мысль". 1978. 296 с.
15. Сафонова Л.Б. Общая экология. Учение о биосфере: курс лекций: учебное пособие. Л.Б. Сафонова И.Е.Рохас Риоха, В.Ю. Лозовая – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет. 2015. 97 с.
16. Соболев Н.А. Успех «безнадёжного дела»: положительный опыт общественной природоохранной работы. Сер. «Охрана живой природы». Вып. 15. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2006. 232 с.
17. Учебно-методические материалы по курсу: Экономика народонаселения и демография. Под редакцией В.А. Ионцева. М.: Экономический факультет МГУ. 1999. 119 с.
18. Фоменко Н.Е. Коханистая Н.В. Экология человека: учебное пособие. Южный

федеральный университет. Ростов-на-Дону.: Из-во Южного федерального университета. 2015. 130 с.

19. Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели. Тольятти. Изд. «Кассандра». 2011.
20. Яшин И.М., Гареева И.Е., Атенбеков Р.А., Васенев И.И. Экологический мониторинг воздействия антропогенеза на поверхностные воды. Учебное пособие. М.:2015. 167 с.

#### **VI. Авторы временной программы:**

1. Дгебуадзе Юрий Юлианович, академик РАН 
2. Ильинский Владимир Викторович, д.б.н., профессор
3. Полищук Леонард Владимирович, д.б.н., профессор 
4. Азовский Андрей Игоревич, д.б.н., профессор