

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан биологического факультета,
академик РАН



М.Г. Кирпичников/

_____ 2022 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

(для осуществления приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре)

1.5.15. Экология

кафедра общей экологии и гидробиологии биологического факультета МГУ

Программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом факультета
(протокол № 6 от 26 мая 2022 г.)

I. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Настоящая программа предназначена для организации приема вступительного экзамена в аспирантуру по экологии и содержит основные темы и вопросы к экзамену, список основной и дополнительной литературы и критерии оценивания. (все темы и вопросы должны быть не выше ФГОС ВО магистратуры и специалитета).

II. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. История, предмет, основные понятия и методы современной экологии.

Введение термина «экология» Э. Геккелем в 1866 г. История изучения экологии. Выдающиеся ученые-экологи. Развитие экологии в России. Основные институты, биологические станции, экспедиции и другие структуры РФ, проводящие исследования в области экологии.

Фундаментальные свойства живых систем. Уровни биологической организации, изучаемые экологией: организмы, популяции, сообщества, экосистемы, ландшафты и водные бассейны биомы, биосфера. Аутэкология, демэкология и синэкология. Пространственно-временные масштабы изучения популяций и экосистем. Основные методы экологических исследований.

Современные проблемы экологии, связанные с глобальными экологическими вызовами.

2. Экология особи (Аутэкология).

Организм как дискретная самовоспроизводящаяся открытая система, связанная со средой обменом веществ, энергии и информации. Приспособленность, ее происхождение в результате естественного отбора. Исторические причины современного распределения организмов: дрейф континентов, изменения климата, острова.

Жизненная форма организмов как комплекс морфофизиологических признаков, отражающих приспособленность вида к условиям среды. Классификации жизненных форм растений, животных и микроорганизмов. Унитарные и модулярные организмы – различные пути приспособления к среде. Типы изменчивости среды (циклические, направленные, хаотические) и способы реагирования организмов (физиологические реакции, фотопериодизм, анабиоз, поддержание постоянства состава).

Экологические факторы и закономерности их действия на организмы. Классификация экологических факторов. Условия и ресурсы. Правило оптимума, кривая толерантности, экологическая валентность, экологический спектр вида. Неоднозначность действия фактора на разные функции организма и на разные особи вида. Взаимодействия факторов. Лимитирующие факторы, правило Ю. Либиха. Правило двух уровней адаптации (И.А. Шилов). Экотипы.

Распределение отдельных видов по градиенту условий. Комплексные градиенты, ведущие градиенты. Ординация видов как основной метод изучения экологии видов и выделения экологических групп видов.

Температура и ее влияние на организмы. Температурный коэффициент, верхний и нижний температурный пороги жизни. Эндотермные и эктотермные организмы. Концепция «градусо-дней». Температурные адаптации. Правила Бергмана и Аллена.

Влажность и ее влияние на организмы. Пойкилогидрические и гомойогидрические организмы. Экологические группы растений по отношению к увлажненности.

Соленость как фактор распределения водных организмов. Концепция критической солености биологических процессов (В.В. Хлебович).

Кислотность среды (рН): прямое и не прямое воздействие на обменные процессы организмов.

Ресурсы как факторы распределения организмов. Классификация ресурсов: незаменимые, ингибирующие в больших количествах, полностью взаимозаменяемые, взаимодополняющие, антагонистические (Tilman, 1982). Пищевые ресурсы. Классификации организмов по типу и способу питания. Автотрофы. Фотосинтез и хемосинтез. Фотосинтез по типу C_3 , C_4 , и САМ – экологические следствия физиологических различий. Гетеротрофы. Поступление энергии с пищей и ее дальнейшая трансформация. Рацион, ассимиляция, траты на обмен, рост и размножение. Потребление кислорода как показатель скорости обмена. Зависимость общего обмена и его интенсивности от массы тела. Миксотрофия. Пространство как ресурс.

3. Экология популяций (Демэкология).

Определение популяции в экологии и генетике. Популяция как элемент вида и экосистемы. Генетическая неоднородность популяции. Границы популяции.

Характеристики популяции: численность, плотность, возрастная, половая, размерная структура. Связь между размерами организмов и плотностью популяции. Методы оценки численности и плотности популяции. Выборочное исследование. Популяция в пространстве: случайное, агрегированное (пятнистое), регулярное, градиентное и фрактальное размещение особей. Выявление характера распределения с помощью статистических методов. Причины, приводящие к определенному типу пространственного распределения.

Динамические характеристики популяции: скорость роста численности, рождаемость, смертность, интенсивность миграций. Динамика популяции как баланс протекающих в ней процессов. Распределение смертности по возрастам. Когортные и статические таблицы выживания: способы их построения. Основной коэффициент воспроизводства R_0 . Основные типы кривых выживания и их распространенность среди различных групп организмов.

Экспоненциальная модель роста численности популяции. Эффект Олли. Постоянство удельной скорости роста численности, как и достаточное условие экспоненциального роста. Скорость экспоненциального роста: ее зависимость от характеристик организма, обеспеченности ресурсами, условий среды.

Логистическая модель роста численности популяции: предпосылки и следствия. Уравнение Ферхюльста. Эффект запаздывания и автоколебания

численности. Проблема регуляция численности популяции. Концепция регуляционизма (А.Никольсон). Гипотеза «распределения риска» (концепция стохастизма). Концепция саморегуляции численности. Множественность механизмов регуляции численности организмов (Викторов, 1965; Никольский, 1974). Смена механизмов регуляции численности в зависимости от достигнутого уровня численности.

Стратегии жизненных циклов: классификация. Представление о r- и K- отборе. r- и K- стратегии организмов. «Трейдоф». «Цена» размножения.

Основные типы эколого-ценотических стратегий по Раменскому и Грайму: виоленты (компетиторы), пациенты (стресс-толеранты) и эсплеренты (рудералы).

4. Взаимодействия популяций.

Классификация типов взаимодействий: конкуренция, хищничество, симбиоз. Непрямые взаимодействия.

Конкуренция. Эксплуатация и интерференция. Соотношение внутривидовой и межвидовой конкуренции. Черты внутривидовой конкуренции. Влияние плотности популяции на гибель, рождение, рост и физиологическое состояние отдельных особей популяции.

Межвидовая конкуренция: общие черты. Лабораторные опыты по конкуренции. Принцип конкурентного исключения Гаузе. Динамика популяций конкурирующих видов. Варианты исхода взаимодействия между конкурирующими видами. Исключение. Сосуществование. Степень допустимого перекрывания кривых использования ресурсов.

Отношения «хищник-жертва». Классификация хищников. Динамика популяций хищника и жертвы.

Редуценты и детритофаги, их взаимоотношения с пищевыми ресурсами. Отсутствие контроля над ресурсами со стороны потребителей. Специализация редуцентов и их смена в процессе разложения органического вещества.

Симбиотические отношения.

Паразитизм. Микропаразиты и макропаразиты. Разные способы передачи микропаразитов. Критическая плотность популяции хозяина, обеспечивающая распространение микропаразитов. Организм хозяина как местообитание паразитов. Конкуренция среди паразитов. Популяционная динамика паразитизма.

Мутуализм. Примеры мутуализма среди животных, а также животных с растениями. Опылители. Микориза. Лишайники. Мутуализм с участием организмов, населяющих пищеварительный тракт. Мутуалистическая фиксация азота.

5. Экология сообществ.

Определение сообщества. Границы сообществ. Кривая «число видов-площадь» как метод установления границ сообщества. Различные подходы к выделению сообществ, описанию их структуры и функционирования.

Сообщество, трактуемое как целостная, высокоинтегрированная система («квазиорганизм»), и сообщество как простая совокупность совместно обитающих популяций. Концепции дискретности и континуальности. Сообщества как открытые системы, непрерывно переходящие одно в другое вдоль градиентов среды. Абсолютный континуум – экоклина; относительный континуум (экоTONY). Сообщество как уровень организации живого. Ординация и классификация сообществ.

Структура сообществ. Видовая структура сообществ. Видовое разнообразие как интегральная характеристика сообщества. Индексы видового разнообразия, их зависимость от числа видов и соотношения их численностей. Различные типы распределения обилия видов, входящих в сообщество. Логарифмические ряды (модель Фишера-Корбета-Уильямса). Логнормальное распределение численностей (Престон) и модель разломанного стержня (МакАртур).

Теория экологической ниши. Развитие концепции ниши. Многомерный подход к определению ниши (Хатчинсон). Фундаментальная и реализованная ниша. Ширина ниши. Перекрытие ниш. Перекрытие ниш и конкуренция. Диффузная конкуренция. Лимитирующее сходство. Степень лимитирующего сходства: правило Хатчинсона и закон Дайара. Размерность ниши и дифференциальное перекрытие. Хищничество и видовое разнообразие. Современные представления об экологической нише (П. Чиссон).

Теория островной биогеографии. Зависимость между числом видов и площадью острова. Типы островов. Экологические теории, касающиеся островных сообществ: разнообразие местообитаний, «теория равновесия» МакАртура и Уилсона. Эксперименты по колонизации незаселенных субстратов (Cairns).

Теория нейтральности (Хаббел). Принципы теории, отличия от теории экологической ниши.

Видовое разнообразие. Связь видового богатства с различными факторами. Время: эволюционное и экологическое время. Условия окружающей среды: благоприятность, стабильность, изменчивость, предсказуемость во времени, пространственная неоднородность, площадь. Биотические факторы: гипотезы продуктивности, конкуренции, компенсаторной смертности, кольцевой сети. Градиенты видового разнообразия: широта, высота, глубина, сукцессия, палеоэкология. Относительное обилие мелких и крупных форм. Инвазии чужеродных видов.

Динамика сообществ во времени. Первичные и вторичные сукцессии. Деградационная, аллогенная и автогенная сукцессия. Механизмы автогенных сукцессий. Концепция климакса. Изменение видового разнообразия в ходе сукцессии. Эволюция сообществ – филогенез (В.В. Жерихин).

Устойчивость сообщества. Эластичная и упругая устойчивость. Связь между сложностью сообщества и его устойчивостью. Число трофических уровней и устойчивость модельных сообществ.

6. Экология экосистем.

Биогеоценология.

Горизонтальная структура. Мозаичность, пестротность, комплексность. Варианты мозаичности фитоценозов: регенерационные, клоновые, фитоэнvironmentальные, аллелопатические, зоогенные мозаики.

Вертикальная структура. Ярусность фитоценозов. Вертикальные структуры почвенных и водных (планктонных, бентосных и нектонных) сообществ. Синузии, парцеллы, ценоэлементы.

Круговорот вещества и поток энергии. Основные закономерности трансформации энергии в биосфере. Функциональные группы организмов в экосистеме. Продуценты, консументы и редуценты. Условность границы между консументами и редуцентами. Концепция продуктивности. Трансформация энергии на трофическом уровне. Биомасса и продукция. Первичная продуктивность. Валовая и чистая продуктивность. Чистая продуктивность сообщества. Вторичная продуктивность. Концепция энергетической субсидии.

Каскадный эффект (биоманипуляция). Регуляция отдельных уровней «сверху» и «снизу». Факторы, демпфирующие каскадный эффект.

Концепция видов-эдификаторов (ключевых видов).

Первичная продукция. Лимитирование первичной продукции различными факторами (освещенностью, температурой, влажностью, концентрацией биогенных элементов). Хемосинтез. Автохтонное и аллохтонное органическое вещество в экосистемах.

Поток энергии в экосистеме через трофические уровни. Утилизация первичной продукции в трофических цепях. Рацион, ассимиляция, вторичная продукция. Коэффициент использования потребленной пищи на рост Ивлева (K_2). Пастбищная и детритная пищевые цепи. Трофическая сеть и трофические уровни. Экологическая эффективность, правило 10%. Роль консументов в пищевой цепи. Пирамиды численностей, биомасс и продукции. Универсальная модель потока энергии в экосистеме. Энергетическая классификация экосистем.

Основные типы наземных экосистем. Особенности наземной среды, отличия от водных экосистем. Наземная биота и биогеографические области. Особенности наземных экосистем: определяющая роль высших растений, важность детритных пищевых цепей, почва как специфическое биокосное наземное тело. Ограниченное число трофических уровней.

Распространенность главных наземных экосистем: биомы. Основные наземные биомы, классификация, особенности структуры, главные лимитирующие факторы. Тундра. Биом северных хвойных лесов (тайга). Биом влажных (мезотермальных) хвойных лесов умеренной зоны. Биом листопадных лесов умеренной зоны. Биом степей умеренной зоны. Биом тропической саванны. Биом пустынь. Биом чаппаралья. Биом тропического дождевого леса. Тропические биомы кустарника (скрэб) и листопадного леса. Границы между биомами, переходные биомы. Вертикальная зональность.

Основные типы водных экосистем. Морские экосистемы. Биологическая структура Мирового океана. Неритические и пелагические области. Пелагиаль (эпипелагиаль, мезопелагиаль, абиссопелагиаль) и бенталь (супралитораль, литораль, сублитораль, батияль, абиссаль, ультраабиссаль). Морфо-экологические группы водных экосистем: планктон, нектон, бентос, нейстон. Круговорот Жизни

в Мировом океане. Основные группы продуцентов, консументов и редуцентов в водной среде. Зоопланктон и его роль в минерализации органического вещества. Инвертированная пирамида биомасс. Гетеротрофные бактерии. Взвешенное и растворенное органическое вещество. Детрит. «Морской снег». Схема потоков вещества и энергии в пелагической экосистеме. «Микробная петля». Размерные группы планктона. Экосистемы апвеллингов: механизмы формирования, характерные черты. Основные апвеллинги. Экосистемы даунвеллингов, паковых льдов. Распределение продукции в Мировом океане. Прибрежные экосистемы. Экосистемы приливно-отливных зон, эстуариев, коралловых рифов и мангров. Гидротермальные экосистемы.

Экосистемы континентальных водоемов: типы и лимитирующие факторы. Лентические экосистемы. Термический и кислородный режим озера. Стратификация водной толщи. Трофическая классификация озер. Экологическая зональность озер. Природа сообществ литоральной зоны. Первичная продукция: зона надводной вегетации, зона укорененных в дне растений с плавающими на поверхности листьями, зона подводной вегетации. Вторичная продукция. Природа сообществ лимнической зоны. Ключевая роль фосфора в лимитировании первичной продукции. Сезонная сукцессия в планктонном сообществе. Каскадный эффект в водоемах. Контроль за развитием сообщества «снизу» (недостатком биогенов) и «сверху» (за счет пресса фитофагов). Природа сообществ профундальной зоны.

Водохранилища: особенности и классификация. Малые водоемы и их классификация. Болота: определение, классификация, организация сообществ.

Лотические экосистемы: реки, ручьи, родники. Общее сравнение лотических и лентических экосистем. Типичные местообитания в реках и их биота. Соотношение автохтонного и аллохтонного органического вещества. Организация лотических сообществ.

7. Биосфера.

Границы биосферы. Неравномерность распределения живого вещества в биосфере. Вертикальная и горизонтальная структура биосферы. Структура биосферы по Вассоевичу: апобиосфера, парабиосфера, зубиосфера, метабиосфера. «Пленки жизни» – геохоры. Структурно-функциональные единицы биосферы: фитогеосфера (Лавренко, 1949), биогеосфера (Ефремов, 1959), геомерида (Беклемишев, 1964), биогеоценоотический покров (Сукачев, 1964).

Вещество биосферы. Семь типов веществ. Биокосное вещество и биокосные системы планеты: почвы, природные воды, атмосфера. Биогенное вещество и ископаемые продукты жизнедеятельности организмов. Косное вещество и горные породы. Рассеянное вещество и компоненты радиоактивного распада. Вещество космического происхождения. Живое и неживое – два полюса космической материи. Биосфера как гигантская биокосная система (Перельман, 1977).

Биогеохимические функции живого вещества и деятельность живых организмов. Концентрационная функция первого и второго рода. Энергетическая, деструктивная, средообразующая, транспортная функции. Биогеохимические принципы В.И. Вернадского, описывающие функционирование биосферы и ее развитие.

Концепция Геи Дж. Лавлока: биологическая регуляция геохимической среды.

Круговорот вещества в биосфере. Структура и основные типы биогеохимических циклов в биосфере. Структура биогеохимических циклов: резервный и подвижный (обменный) фонды вещества. Количественное изучение биогеохимических циклов: скорость оборота и время оборота вещества.

Круговорот азота. Фиксация азота и вовлечение его в биогеохимический круговорот. Симбиотические и свободноживущие организмы – фиксаторы азота. Процессы аммонификации, нитрификации, денитрификации. Проблемы загрязнения окружающей среды соединениями азота.

Круговорот углерода. Биологическое значение углерода. Особенность круговорота в водных и наземных экосистемах. Карбонат-гидрокарбонатная система природных вод. Запасы органического и неорганического углерода. Не замкнутость цикла углерода. Хозяйственная деятельность человека и трансформация круговорота углерода.

Круговорот кислорода. Биологическое значение кислорода. Биохимические, анатомические и физиологические механизмы использования кислорода организмами. Резервный фонд круговорота кислорода. Источники поступления кислорода в атмосферу. Кислород и эволюция биосферы.

Круговорот серы. Биологическое значение серы. Резервный фонд серы. Микробиологические процессы в круговороте серы. Антропогенная трансформация круговорота серы. Поступление серы в атмосферу. Локальные, региональные и глобальные проблемы загрязнения атмосферы соединениями серы.

III. РЕФЕРАТ ПО ИЗБРАННОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ПОДГОТОВКИ

Реферат по избранной специальности подготовки представляет собой обзор литературы по теме будущего научного исследования и позволяет понять основные задачи и перспективы развития темы будущей диссертационной работы. Реферат включает титульный лист, содержательную часть, выводы и список литературных источников. Объем реферата 10-15 страниц машинописного текста. В отзыве к реферату предполагаемый научный руководитель дает характеристику работы и рекомендуемую оценку, входящую в общий экзаменационный балл.

IV. ПРИМЕРЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ

Билет №1

Вопрос 1. Определение популяции в экологии и генетике. Популяция как элемент вида и экосистемы. Генетическая неоднородность популяции. Границы популяции и её характеристики.

Вопрос 2. Редуценты и детритофаги, их взаимоотношения с пищевыми ресурсами. Отсутствие контроля над ресурсами со стороны потребителей. Специализация редуцентов и их смена в процессе разложения органического

вещества.

Вопрос 3. Содержание реферата по теме диссертационного исследования (с приложением реферата и отзыва на реферат с отметкой предполагаемого научного руководителя).

Билет №2

Вопрос 1. Экологические факторы и закономерности их действия на организмы. Классификация экологических факторов. Условия и ресурсы. Правило оптимума, кривая толерантности, экологическая валентность, экологический спектр вида. Взаимодействия факторов.

Вопрос 2. Круговорот кислорода. Биологическое значение кислорода. Биохимические, анатомические и физиологические механизмы использования кислорода организмами. Резервный фонд круговорота кислорода. Источники поступления кислорода в атмосферу. Кислород и эволюция биосферы.

Вопрос 3. Содержание реферата по теме диссертационного исследования (с приложением реферата и отзыва на реферат с отметкой предполагаемого научного руководителя).

V. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ОСНОВНАЯ

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989. Т.1. 667 с. Т.2. 477 с.
2. Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: Изд-во МГУ, 1990. 191 с.
3. Джиллер П. Структура сообщества и экологическая ниша. М.: Мир, 1988. 184 с.
4. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Краткий курс общей экологии. Уфа: БГПУ, 2011. Ч.1. 206 с. Ч.2. 180 с.
5. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 742 с.
6. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т.1. 328 с. Т.2. 376 с.
7. Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981. 400 с.
8. Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 424 с.
9. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 328 с.
10. Шилов И.А. Экология. М.: Высшая школа, 1998. 512 с.
11. Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1988. 272 с.

2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Begon M., Townsend C.R., Harper J.L. Ecology: From Individuals to Ecosystems. 4th edition. Oxford: Blackwell Publ., 2006. 759 pp.
2. Bowman W.D., Hacker S.D., Cain M.L. Ecology. 4th edition. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2017. 746 pp.
3. Krebs C. Ecology: The experimental analysis of distribution and

- abundance. 6th edition. Essex: Pearson Education Ltd, 2014. 653 pp.
4. Levin S.A. (ed.) The Princeton guide to ecology. Princeton: Princeton Univ. Press, 2009. 842 p.
 5. Molles M.C. Jr. Ecology: concepts and applications. 7th edition. NY: McGraw-Hill Education. 2016. 593 pp.

V. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Уровень знаний поступающих в аспирантуру МГУ оценивается по десятибалльной шкале. При отсутствии поступающего на вступительном экзамене в качестве оценки проставляется неявка. Результаты сдачи вступительных экзаменов сообщаются поступающим в течение трех дней со дня экзамена путем их размещения на сайте и информационном стенде структурного подразделения. Вступительное испытание считается пройденным, если абитуриент получил семь баллов и выше.

VI. АВТОРЫ

1. Дгебуадзе Юрий Юлианович, академик РАН, заведующий кафедрой общей экологии и гидробиологии;
2. Ильинский Владимир Викторович, д.б.н., профессор кафедры общей экологии и гидробиологии;
3. Мазей Юрий Александрович, д.б.н., профессор кафедры общей экологии и гидробиологии.