

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ЦЕНТР ПО ПРОБЛЕМАМ ЭКОЛОГИИ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**УТВЕРЖДЕНО**

Ученым советом ЦЭПЛ РАН  
Протокол № \_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 г.  
Председатель Ученого совета  
д.б.н., проф. Лукина Н.В.

---

**ПРОГРАММА  
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
по специальности  
03.02.08 – Экология (биологические науки)**

**Москва 2013**

Программа составлена в соответствии с утвержденными ФГТ и рекомендациями по формированию основных профессиональных образовательных программ послевузовского профессионального образования.

Автор: Смирнова О.В. д.б.н., профессор \_\_\_\_\_

## **Введение**

В основу настоящей программы для аспирантов и соискателей положены основные научные знания и методы исследований в области экологии, в том числе и при изучении наземных экосистем, к которым относятся леса.

### **Раздел 1. История формирования и развития экологии**

1. Использование термина «экология» в современном обществе: экология как синоним состояния окружающей природной среды, как система общественных отношений в сфере природопользования и как научная дисциплина.
2. Представление об уровнях организации живой материи (клетка, ткань, орган, организм, популяция, сообщество, экосистема, ландшафт, биом, биосфера). Понятия "экосистема" и "биогеоценоз". Системный подход в экологии, основные положения общей теории систем.
3. История развития экологии. Содержание, предмет, структура и задачи экологии. Отношения экологии к другим наукам. Методы экологических исследований. Экологические законы и их следствия.

### **Раздел 2. Основы системного анализа**

1. Понятие «система» в биологии. Принцип эмерджентности. Уровни организации живого. В.Н.Вернадский об уровнях организации в момент возникновения жизни на Земле. Представления о потенциях и позициях систем. Смена парадигм в биологии и ее роль в развитии основных теоретических концепций экологии.

### **Раздел 3. Факториальная экология**

1. Факторы среды и общие закономерности их действия на организмы. Понятие о лимитирующих факторах. Правило «минимума» Ю. Либиха. Закон толерантности Шелфорда.
2. Экологическая валентность. Эври- и стенобионты. Важнейшие абиотические факторы и адаптации к ним организмов. Принципы экологической классификации организмов.
3. Жизненные формы организмов: понятие «жизненная форма» организма; жизненные формы растений; жизненные формы животных. Отношение живых организмов к условиям освещенности. Биологические ритмы и фотопериодизм.
4. Классификация живых организмов по отношению к температурным условиям. Пойкилотермные и гомойотермные организмы. Правила Аллена, Бергмана.
5. Классификация организмов по отношению к условиям увлажнения. Понятия о средах жизни, их краткая характеристика. Водная среда жизни, ее основные свойства. Живые организмы как среда жизни.
6. Почва как среда обитания, ее свойства. Наземно-воздушная среда жизни, ее специфические законы.

### **Раздел 4. Индивидуальное развитие организмов (онтогенез)**

1. Организм как дискретная самовоспроизводящаяся структура, связанная обменом веществ, энергии и информации с окружающей средой. Способность к росту и размножению. Основные этапы индивидуального развития. Абсолютный возраст, онтогенетическое состояние, виталитетное состояние.
2. Особенности структурной организации особей: представление об унитарных и модульных организмах. Иерархические системы модулей у растений и животных. Связь пространственной структуры и длительности жизни у растений и животных с типом модульной организации.
3. Диапазоны значений основных физических и химических показателей (температуры, влажности, рН, солевого состава и др.), в пределах которого возможно существование и размножение организмов. Изменение диапазонов в ходе онтогенеза. Кривые толерантности, зоны оптимума и пессимума. Стенобионтные и эврибионтные виды.
4. Многомерная модель экологической ниши. Взаимодействие факторов. Переживание неблагоприятных условий в покоящемся состоянии.
5. Обменные процессы, связывающие организмы со средой. Биогенные элементы. Заменяемые и незаменимые ресурсы. Лимитирующая концентрация необходимого ресурса. "Закон Ю.Либиха".
6. Влияние температуры на организмы. Экотермы и эндотермы. Зависимость интенсивности обмена и скорости развития от температуры.

### **Раздел 5. Популяционная экология (демография)**

1. Определение популяции в экологии и генетике. Генетическая неоднородность популяции. Представления об элементарной демографической единицы и минимальной жизнеспособной популяции.
2. Общие черты элементарных популяций разных видов: специфичный размер пространства, необходимого для осуществления потока поколений;
3. Общие черты элементарных популяций разных видов: специфическая длительность оборота поколений;
4. Общие черты элементарных популяций разных видов: специфическая плотность (экологическая по Ю. Одуму, 1986) : число или масса особей на единицу площади или объема;
5. Общие черты элементарных популяций разных видов: специфическое размещение в пространстве - «популяционная мозаика» (Whittaker, Lewin, 1977);
6. Общие черты элементарных популяций разных видов: специфический способ преобразования среды (Смирнова, 1998; Большов, 2007).
7. Статические характеристики популяции: общая численность, плотность, структура (размерная, возрастная, половая). Связь между размерами организмов и плотностью популяции.
8. Популяция в пространстве: случайное, агрегированное (пятнистое) и регулярное размещение особей. Причины, приводящие к определенному

- типу пространственного размещения. Расселение и снижение локальной плотности популяций. Территориальное поведение.
9. Динамические характеристики популяции: скорость роста численности, рождаемость, смертность, интенсивность иммиграции и эмиграции. Динамика популяции как баланс протекающих в ней процессов. Распределение смертности по возрастам. Основные типы кривых выживания и их распространенность среди различных групп организмов.
  10. Экспоненциальная модель популяционного роста. Постоянство удельной скорости роста численности, как необходимое и достаточное условие экспоненциального роста.
  11. Скорость экспоненциального роста: её зависимость от характеристик организма (размера и др.), обеспеченности ресурсами и условий среды. Стабильное возрастное распределение, достигаемое при экспоненциальном увеличении численности.
  12. Репродуктивная структура популяции. Разные типы возрастной структуры популяций и их связь с динамикой численности.
  13. Логистическая модель регуляции роста численности: предпосылки и следствия. Лимитирующая роль климатических условий. Ограничение популяций ресурсами, прессом хищников и паразитов.
  14. Факторы зависимые и независимые от плотности. Представление о r- и K-отборе. Основные типы эколого-ценотических стратегий по Л.Г.Раменскому и Грайму: виоленты (компетиторы), пациенты (стресс-толеранты) и эксплеренты (рудералы).
  15. Основные типы эколого-ценотических стратегий по Л.Г.Раменскому и Грайму: виоленты (компетиторы), пациенты (стресс-толеранты) и эксплеренты (рудералы). Представление о ключевых видах, экосистемных инженерах и эдификаторах; их роль в структурно-функциональной организации экосистем.

## **Раздел 6. Взаимодействия особей и популяций**

1. Разные типы взаимодействий (нейтрализм, конкуренция, аменсализм, паразитизм, хищничество, комменсализм, протокооперация, мутуализм, комплементарность) и способы их выявления.
2. Конкуренция. Эксплуатация и интерференция. Соотношение внутривидовой и межвидовой конкуренции. Теоретический подход к изучению конкуренции: система уравнений Вольтерры - Лотки - Гаузе и их графическая интерпретация. Лабораторные опыты по конкуренции с простейшими, микроорганизмами и насекомыми. Зависимость исхода конкуренции от внешних условий.
3. Сосуществование конкурирующих видов. Степень допустимого перекрытия экологических ниш. Эволюция конкурентов. Явление "смещения признаков". Роль хищников. "Планктонный парадокс" и сосуществование многих конкурирующих видов растений в наземных биотопах: возможные объяснения.

4. Симбиоз. Примеры симбиоза среди животных, а также животных с растениями. Опылители. Микориза - симбиоз высших растений и грибов. Лишайники.
5. Колебания "хищник - жертва". Математические модели А.Лотки: их графическое выражение и интерпретация. Попытки создания экспериментальных моделей системы "хищник - жертва". Опыты Г.Ф.Гаузе и Хаффейкера. Взаимоотношения "хищник - жертва" в природе. Коэволюция хищника и жертвы. Морфологические и поведенческие способы защиты от хищника. "Цена" защиты от хищников. Пищедобывательное поведение хищников (потребителей).
6. Паразитизм. Микропаразиты и макропаразиты. Разные способы передачи микропаразитов. Организм хозяина как местообитание паразитов.

### **Раздел 7. Экология экосистем**

1. Определение сообщества. Различные подходы к выделению сообществ, описанию их структуры и функционирования. Сообщество, трактуемое как целостная, высокоинтегрированная система ("квази-организм"), и сообщество как простая совокупность совместно обитающих популяций. Сообщество как система, организованная популяционной жизнью ключевых видов (экосистемных инженеров)
2. Динамика сообществ во времени. Первичные и вторичные сукцессии. Климаксные сообщества. Изменения видового разнообразия в ходе сукцессии. Связь между продуктивностью и разнообразием.
3. Нарушение структуры сообществ под влиянием антропогенных воздействий. Катастрофическое снижение видового разнообразия тропических сообществ в результате хозяйственной деятельности человека. Разработка мер по охране биоразнообразия.
4. Экосистема как функциональная и структурная единица биосферы. Отличия экосистемного подхода от популяционного. Экосистемы и сообщества. Биогеоценоз. Биом.
5. Основные функциональные группы организмов в экосистеме. Продуценты, консументы и редуценты. Условность границы между консументами и редуцентами. Биотрофы и сапротрофы. Биомасса и продукция.
6. Первичная продукция: чистая, валовая. Лимитирование первичной продукции различными факторами (освещенностью, температурой, влажностью, концентрацией биогенных элементов). Соотношение эндогенной (непосредственно фиксированной в процессе фотосинтеза) и экзогенной (например, потраченной на транспорт) энергии в экосистеме.
7. Утилизация первичной продукции в трофических цепях. Рацион, ассимиляция, продукция. Пастбищная и детритная пищевые цепи. Трофическая сеть и трофические уровни. Пирамида продукций.
8. Концепция популяционной организации экосистем и определяющая роль ключевых видов и экосистемных инженеров. История развития представлений о динамике фитоценозов, биогеоценозов и экосистем.

9. Теоретические представления современной биогеоценологии о природных механизмах динамических процессов в биогеоценозах и их территориальных комплексах и о возможностях прогнозирования их развития, как при отсутствии нарушений, так и при разных внешних воздействиях. Разработка систем природопользования, основанных на знании природных закономерностей структуры и динамики лесного биогеоценологического покрова.
10. Наземные экосистемы. Особенности их организации, отличия от экосистем водных. Определяющая роль высших растений. Деревья и травы. Резкое преобладание биомассы растений над биомассой всех остальных групп организмов. Важность детритных пищевых цепей.
11. Почва и происходящие в ней процессы трансформации вещества. Роль животных, бактерий и грибов. Принципиальные отличия трофической организации наземных экосистем от пелагических. Ограниченное число трофических уровней.
12. Основные типы растительных формаций Земного шара. Их распределение в зависимости от климатических условий. Первичная продукция в наземных экосистемах разного типа.
13. Тундра. Низкие температуры и короткий вегетационный сезон. Вечные мерзлота. Приспособления организмов к длительному промерзанию. Уязвимость тундровых экосистем для антропогенных воздействий.
14. Хвойные бореальные леса (тайга). Короткий период вегетации и долгая снежная зима. Болота. Их роль в регуляции речного стока. Охрана таежных экосистем.
15. Листопадные и хвойные леса умеренной зоны. Ярко выраженная сезонность. Сведение лесов исходного типа и замена их искусственными насаждениями.
16. Бореальные степи. Количество осадков и неравномерность их распределения во времени как факторы, препятствующие развитию лесов. Превращение степей в пастбища и поля. Роль злаковых культур.
17. Пустыни (жаркие и "холодные"). Вода – основной лимитирующий фактор. Приспособления растений и животных к жизни в пустыне. Искусственное орошение пустынь и его последствия. Засоление почв. Расширение области, занятой пустынями, в результате деятельности человека.
18. Влажные тропические леса. Малое количество биогенов и высокая скорость их циркуляции. Сложная ярусная структура. Жизнь в кронах. Чрезвычайно высокое видовое разнообразие и его возможное объяснение. Катастрофические последствия сведения тропических лесов. Противоречия между необходимостью природоохранных мер и необходимостью развития сельского хозяйства в тропических районах с быстро растущим населением.
19. Водные экосистемы. Вода как среда жизни. Жизнь в толще воды и на дне. Планктон, нектон, бентос. Пелагиаль и литораль. Основные группы продуцентов: фитопланктон и макрофиты. Основные группы 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. Более высокое (чем на суше) число трофических уровней.

20. Океанические экосистемы. Неравномерность распределения первичной продукции по акватории океана. Высокая продуктивность прибрежных зон и районов подъема глубинных вод (апвеллингов). Низкая продуктивность большей части мирового океана и её возможные причины. Коралловые рифы - уникальные экосистемы высокой продуктивности и высокого разнообразия. Разрушение коралловых рифов в результате деятельности человека. Специфические экосистемы, развивающиеся на глубине в местах выхода богатых сульфидами термальных вод. Определяющая роль хемосинтеза.
21. Континентальные водоемы. Озеро как экосистема. Разные типы озер (олиготрофное, мезотрофное, евтрофное). Ключевая роль фосфора в лимитировании первичной продукции. Фиксация атмосферного азота. Сезонная сукцессия в планктонном сообществе. Биогенная "нагрузка" и евтрофирование. Особенности речных экосистем. Загрязнение рек и меры его предотвращения. Искусственное зарегулирование стока рек и его экологические последствия.

#### **Раздел 8. Биосфера как экосистема высшего иерархического уровня**

1. Биосфера как охваченная жизнью область планеты Земля. Распределение солнечной радиации по поверхности Земли. Наличие воды и атмосферы. Их роль в поддержании определенного температурного режима. Биосфера как гигантская система жизнеобеспечения. Концепция биосферы В.И.Вернадского.
2. Биосферный цикл углерода. Содержание углерода в разных формах в литосфере, атмосфере, гидросфере и биоте. Соотношение углерода растворенного органического вещества, взвешенного органического вещества и живых организмов.
3. Содержание диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в атмосфере: многолетние колебания и их связь с глобальными изменениями климата. Роль микроорганизмов и высшей растительности в регуляции содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере в течение последнего столетия.
4. Парниковый эффект: механизм возникновения и возможные последствия. Другие газы, способствующие развитию парникового эффекта. Процессы противостоящие накоплению  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Роль экосистем океана и суши. Рост растений в условиях повышенного содержания  $\text{CO}_2$ . Опасность глобального потепления.
5. Международные соглашения (Рамочная конвенция ООН по изменению климата, Киотский протокол). Национальные меры.
6. Круговорот воды. Глобальная система гидрологического цикла. Осадки, испарение и влагоперенос. Соотношение запасов воды в океане и на континентах. Крайняя неравномерность распределения воды на суше. Различия между отдельными зонами по количеству осадков и регулярности их выпадения. Рост потребления воды на душу населения.



- Проблема нехватки воды для сельского хозяйства. Ирригация. Критическая ситуация в Приаралье. Проблема загрязнения водоемов.
7. Биосферный цикл кислорода. Свободный кислород атмосферы и его происхождение. Озоновый слой и опасность его разрушения. Кислород в гидросфере. Роль кислорода в циклах других биогенных элементов.
  8. Биосферный цикл азота. Азотфиксация в океане и на суше. Роль различных групп микроорганизмов. Роль микроорганизмов в трансформации соединений азота. Значение азота как ресурса, лимитирующего первичную продукцию в океане. Нитрификация и денитрификация. Замыкание цикла азота. Азотфиксация на суше. Особая роль азотфиксирующих симбионтов высших растений. Производство и применение азотных удобрений: масштабы этого процесса в сравнении с естественной азотфиксацией.
  9. Биосферный цикл фосфора. Ведущая роль геохимических процессов. Отсутствие в атмосфере газообразных соединений фосфора. Сток фосфора с суши в море. Потребление фосфора организмами в сравнении с азотом и углеродом. Лимитирование фосфором первичной продукции в континентальных водоемах. Роль зоопланктона в минерализации органических фосфоросодержащих соединений. Евтрофирование водоемов. Фосфорные удобрения. Запасы фосфоросодержащих минералов.
  10. Эволюция биосферы. Связь биологической эволюции и изменений абиогенных компонентов биосферы. Роль изменений газового состава атмосферы в эволюции биосферы.

## **Раздел 9. Человек и биосфера**

1. Экологический кризис и экологическая катастрофа. Локальные, региональные и глобальные кризисы и катастрофы. Антропогенные кризисы и катастрофы. История антропогенных экологических кризисов.
2. Основные типы антропогенного воздействия на природные экосистемы. Преобразование, загрязнение и эксплуатация природных систем. Загрязнение окружающей среды как форма антропогенного воздействия. Классификация типов загрязнений. Химические, физические, биологические загрязнения. Антропогенное воздействие на атмосферу.
3. Проблема «озоновых дыр». Антропогенное воздействие на гидросферу. Антропогенное воздействие на литосферу.
4. Основные методы сохранения окружающей природной среды. Статус особо охраняемых природных объектов. Экологическое нормирование, использование нормативов. Экологический мониторинг, типы мониторинга. Экологический контроль, аудит, экспертиза. Экологическое воспитание и образование.
5. Осознание человеком своей ответственности перед остальной биосферой. Причины, побуждающие охранять природу. Переход от антропоцентризма к биоцентризму.

## Рекомендуемая литература

### Основная литература

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи популяции и сообщества. В 2-х томах. М.: Мир, 1989. Т.1- 667с.; Т.2 - 477с.
2. Битюков Н.А. Основы экологии: Курс лекций по экологии. – Сочи: Изд-во «Стерх», 2005. – 361 с.
3. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. – 240 с.
4. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. – 488 с.
5. Одум Ю. Экология. Том 1. М: Мир, 1986. 328 с.
6. Одум Ю. Экология. Том 2. М: Мир, 1986. 376 с.
7. Пианка Э. Эволюционная экология. М., 1981
8. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. – М.: Высш. Шк., 1998. – 512 с.

### Дополнительная литература

1. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах / Отв. ред. А.А. Тишков. – Новосибирск: Наука. СО РАН, 2008.
2. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 383 с.
3. Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. – М.: Наука, 2008. – 453 с.
4. Разнообразие и динамика лесных экосистем России. В 2-х кн. Кн. 1. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 461 с.
5. Хански И. Ускользающий мир: Экологические последствия утраты местообитаний. Пер. с англ. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 340 с.
6. Чернов Ю.И. Экология и биогеография. Избранные работы. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2008.