

| | |
|--|--|
| Документ подписан простой электронной подписью | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Информация о владельце: ФИО: Меркулов Евгений Сергеевич Должность: и.о. декана | Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» |
| Дата подписания: 31.03.2022 14:22:43 | |
| Уникальный программный ключ: 39428e82d614a3cd984f917b018f0fd2c07182daabc77db685db2d16370f6e7c | Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» |

Рассмотрено и утверждено на заседании
кафедры биологии и химии
«10» июня 2021 г., протокол № 9
Зав. кафедрой биологии и химии

 Девятова Е.А.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем»

Направление подготовки (специальность): 06.04.01 Биология
Профиль подготовки: Экология

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очно-заочная

Курс 1 Семестр 2

Экзамен: 2 семестр

Курсовая работа: 2 семестр

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденного Приказом Минобрнауки России от 11.09.2020 №934.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. Цель и задачи освоения дисциплины | 4 |
| 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО | 4 |
| 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине | 4 |
| 4. Содержание дисциплины | 5 |
| 5. Тематическое планирование | 5 |
| 6. Самостоятельная работа | 7 |
| 7.1. Планы семинарских (практических, лабораторных) занятий | 7 |
| Экологические стратегии | 8 |
| 7.2. Внеаудиторная самостоятельная работа | 25 |
| 8. Перечень вопросов на экзамен/зачет | 26 |
| 9. Тематика курсовых работ | 27 |
| 10. Учебно-методическое и информационное обеспечение | 27 |
| 11. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента | 28 |
| 12. Материально-техническая база | 30 |

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – сформировать базовые знания теоретических основ и методологии экологии популяций, сообществ и экосистем.

Задачи дисциплины:

- Сформировать систему знаний об экологических системах надорганизменного уровня;
- Дать характеристику популяциям, сообществам и экосистемам;
- Освоить методы анализа свойств и структуры популяций, сообществ и экосистем.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Б1. Дисциплины (модули), базовая часть, обязательные дисциплины. Дисциплина изучается на 1 курсе, в 2 семестре, в блоке дисциплин «Современные концепции биологии и экологии». Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и компетенции, полученные студентами на предыдущем уровне образования. Дисциплина призвана обобщить, систематизировать и углубить имеющиеся у студентов знания об адаптациях к различным факторам среды.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 06.04.01 Биология:

| Шифр компетенции, формируемой в результате освоения дисциплины | Наименование компетенции | Результаты освоения компетенции |
|--|---|--|
| ОПК-1 | Способен использовать и применять фундаментальные биологические представления и современные методологические подходы для постановки и решения новых нестандартных задач в сфере профессиональной деятельности | ОПК-1.1. Знает современные актуальные проблемы, основные открытия и методологические разработки в области биологических и смежных наук. ОПК-1.2. Анализирует тенденции развития научных исследований и практических разработок в избранной сфере профессиональной деятельности, способен формулировать инновационные предложения для решения нестандартных задач, используя углубленную общенаучную и методическую специальную подготовку. ОПК-1.3. Владеет навыком деловых коммуникаций в междисциплинарной аудитории, представления и обсуждения предлагаемых решений. |
| ОПК-2 | Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), | ОПК-2.1. Знает теоретические основы, традиционные и современные методы исследований в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры. ОПК-2.2. Творчески использует специальные |

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

| | | |
|--|--|---|
| | определяющих направленность программы магистратуры | теоретические и практические знания для формирования новых решений путем интеграции различных методических подходов. ОПК-2.3. Владеет навыком критического анализа и широкого обсуждения предлагаемых решений. |
|--|--|---|

4. Содержание дисциплины

Системная экология. Системный подход в экологии. Прогнозирование в экологии. Уровни систем. Объекты экологии. Методология системного анализа. Моделирование и анализ экологических систем. Методы исследования популяций и экосистем. Статистические методы описания и анализа экосистем. Популяции: структура и динамика. Статические и динамические показатели популяций. Разнообразие, классификация и структура популяций. Экологические стратегии выживания. Биотические сообщества. Видовая структура биоценоза. Устойчивость и структура сообществ. Информация в сообществах растений и животных. Экологические системы. Концепция экосистемы. Биологическая продуктивность экосистемы. Гомеостаз экосистемы. Динамика экосистемы. Основные функциональные элементы экосистемы. Свойства экосистем. Потоки энергии в сообществах. Информационные процессы в экосистемах. Дублирование и восстановление в биологических и экологических структурах. Биоэнергетика экосистем.

5. Тематическое планирование

Модули дисциплины

| № | Наименование модуля | Лек. | Практ./ сем. | Сам. раб. | Контроль | Всего часов |
|--------------|----------------------------------|------|--------------|-----------|----------|-------------|
| 1 | Экология надорганизменных систем | 18 | 18 | 72 | 36 | 144 |
| Всего | | 18 | 18 | 72 | 36 | 144 |

Тематический план Модуль 1 Структурная ботаника

| № темы | Тема | Кол-во часов | Компетенции по теме |
|--------|---|--------------|---------------------|
| | Лекции | | |
| 1 | Системная экология. Методология системного анализа в экологии | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | Популяция как система. Основные концепции демэкологии. | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | Популяция во времени и пространстве | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 4 | Взаимодействие популяций | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

| | | | |
|---|--|---|--------------|
| 5 | Сообщества как элементы экосистемы. Модели организации сообществ | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 6 | Экологическая ниша. Функциональная организация сообщества | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 7 | Понятие экосистемы. Вещественные, энергетические и информационные процессы в экосистемах | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 8 | Динамика экосистем. Сукцессия, климакс, эволюция экосистем | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 9 | Классификация экосистем | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| | Практические / семинарские занятия | | |
| 1 | Характеристики популяции. Первичный анализ характеристик популяции | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | Построение модели изменения численности популяции с учетом внутривидовой конкуренции (модель Ферхюльста) | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | Демографическая структура популяции | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 4 | Оценка состояния ценопопуляции растений | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 5 | Экологические стратегии | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 6 | Моделирование экологических ниш и оценка экотопа сообщества | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 7 | Анализ продуктивности экосистемы | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 8 | Анализ видового разнообразия экосистемы | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 9 | Оценка взаимосвязи в системе. Оценка сходства экосистем | 2 | ОПК-1; ОПК-2 |
| | Самостоятельная работа | | |
| 1 | Подготовка к практической работе №1 | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 2 | Подготовка к практической работе №2 | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 3 | Подготовка к практической работе №3 | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 4 | Подготовка к практической работе №4 | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 5 | Подготовка к практической работе №5 | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 6 | Подготовка к практической работе №6 | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

| | | | |
|----|-------------------------------------|----|--------------|
| 7 | Подготовка к практической работе №7 | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 8 | Подготовка к практической работе №8 | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 9 | Подготовка к практической работе №9 | 4 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 10 | Подготовка курсовой работы | 36 | ОПК-1; ОПК-2 |
| 11 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | ОПК-1; ОПК-2 |

6. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает две составные части: аудиторная самостоятельная работа и внеаудиторная.

Самостоятельная аудиторная работа включает защиту лабораторных работ.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов заключается в следующих формах:

- изучение литературы; осмысление изучаемой литературы;
- работа в информационно-справочных системах;
- аналитическая обработка текста (конспектирование, реферирование);
- оформление отчетов о практических работах;
- составление плана и тезисов ответа в процессе подготовки к занятию.

7.1. Планы семинарских (практических, лабораторных) занятий

Практическое занятие № 1 (2 часа)

Характеристики популяции. Первичный анализ характеристик популяции

Экология популяций и сообществ: учебно-методическое пособие /Е.В. Рассадина, Ж.А. Антонова. – Ульяновск: УлГУ, 2015. – С. 213 - 223.

Выберите один из вариантов индивидуальных заданий.

Используя данные натуральных наблюдений (табл.1), опишите популяцию живых организмов по плану:

1. Определите среднюю численность популяции.
2. Выявите характер распределения популяции по основной территории
3. Установите возрастную структуру популяции; постройте диаграмму.
4. Постройте графическую модель биотического потенциала популяции.
5. Определите время $T_{0,5}$, когда численность особей изменится в два раза по сравнению с первоначальной и сравните с расчётной величиной $T_{0,5} = \ln^2 / r$
6. Сделайте вывод о степени благоприятности условий существования популяции и дайте прогноз её развития.

Практическое занятие № 2 (2 часа)

Построение модели изменения численности популяции с учетом внутривидовой конкуренции (модель Ферхюльста)

Экология популяций и сообществ: учебно-методическое пособие /Е.В. Рассадина, Ж.А. Антонова. – Ульяновск: УлГУ, 2015. – С. 223 - 228.

Выполните задания:

1. Используя данные своего варианта построить логистическую модель изменения численности популяции.
2. Интерпретировать модель, описав динамику популяции по следующим параметрам: N_{\max} - численность популяции в стационарном состоянии; $T_{0,9}$ - характеристическое время, когда численность популяции достигает 90% от $N(\max)$; $N_{\text{крит.}}$ и $T_{\text{крит.}}$ критическая численность и время, когда в популяции начинает проявляться внутривидовая конкуренция;
3. Сделать прогноз развития популяции.

Практическое занятие № 3 (2 часа)
Демографическая структура популяции

Скользнева Л.Н., Кирик А.И., Агафонов В.А. *Популяционная экология растений. Практический курс.* – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. – С. 38-44.

Выполните задания практической работы.

Практическое занятие № 4 (2 часа)
Оценка состояния ценопопуляции растений

Скользнева Л.Н., Кирик А.И., Агафонов В.А. *Популяционная экология растений. Практический курс.* – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. – С. 57-61.

Выполните задания практической работы.

Практическое занятие № 5 (2 часа)
Экологические стратегии

Популяции, дающие резкие всплески численности, называются **оппортунистическими**.

В противоположность им, популяции с относительно стабильной численностью, находящиеся в равновесии со своими ресурсами, называют **равновесными**.

Суть противопоставления этих типов популяций состоит в разном направлении действия в них естественного отбора (Пианки Э., 1981).

В популяциях, характерных для зрелых экосистем, находящихся в стабильных условиях среды, естественный отбор сохраняет особи, обладающие высокой конкурентоспособностью в условиях высокой плотности. Это достигается укрупнением размеров особей, увеличением сроков их жизни, продуцированием небольшого числа хорошо защищенных потомков, развитием внутривидовых механизмов регуляции численности.

Мак-Артур и Уилсон (1967) назвали такое направление репродуктивной стратегии **К-отбором**, подчеркивая этим названием, что данная стратегия направлена на **стабильное** существование популяций, предотвращение перенаселения и перехода их численности за пределы поддерживающей емкости среды K . Виды организмов, следующие данной стратегии, называются **К-стратегами**. К-стратегия оптимальна для обитания в зрелых экосистемах, где высок уровень внутри- и межвидовой конкуренции.

В среде с противоположными характеристиками: сильно разреженной или с нестабильными условиями, наилучшей репродуктивной стратегией является как можно более быстрое размножение для скорейшего заселения этой среды. Для этого обитающие в ней виды продуцируют огромные количества относительно мелких потомков,

энергетический вклад в каждого из которых невелик. Однако в условиях конкурентного вакуума даже такие незащищенные потомки имеют шансы выжить и размножиться, поскольку сроки жизни у особей видов, проводящих эту стратегию, невелики.

Соответственно данным условиям, отбор в таких популяциях направлен на всемерное ускорение размножения, из-за чего его называют **r-отбором**, а данную репродуктивную стратегию **r-стратегией**. Название подчеркивает, что главная цель таких популяций - достижение **наивысшей скорости роста (r)**.

Сравнительные характеристики r и K-стратегий даны в таблице ниже.

Конечно, r и K-стратегии в их чистых вариантах встречаются редко. Для большинства видов характерны их промежуточные формы, с разной степенью отклонений в ту или иную сторону.

В наибольшей мере r-стратегия характерна для видов-пионеров, первыми заселяющими свободные местообитания в начале первичной и вторичной сукцессии. Пионеры имеют мелкие размеры тела, мелкие долго сохраняющиеся семена и споры, легко разносимые ветром на большие расстояния. Попав в условия конкурентного вакуума, они в кратчайшие сроки продуцируют огромные количества потомков.

Однако в ходе развития экосистем, когда в них вселяются новые виды, обладающие конкурентным преимуществом, то они вытесняют r-стратегов, поэтому на зрелых стадиях развития в экосистемах всегда преобладают K-стратеги.

В то же время, в условиях меняющейся среды r-стратеги всегда сохраняются, даже несмотря на давление со стороны K-стратегов. Одновременное наличие в экосистемах r- и K-стратегов делает экосистемы более устойчивыми и позволяет быстро залечивать повреждения при действии неблагоприятных факторов.

Сравнительная характеристика r и K стратегий.

| Параметры | r - стратегия | K - стратегия |
|---|---|--|
| 1 Главное направление стратегии | высокая продуктивность | высокая эффективность |
| 2 Стадии сукцессии | ранние | поздние, климаксные |
| 3 Сообщества, где наблюдается данная стратегия | ненасыщенные сообщества или свободные экологические ниши | насыщенные сообщества |
| 4 Конкуренетоспособность | низкая | высокая |
| 5 Характеристики особей: а) индивидуальное развитие б) биотический потенциал в) размеры г) продолжительность жизни д) наступление сроков размножения е) число актов размножения в течение жизни ж) число потомков, их размеры, | быстрое высокий мелкие короткая, менее 1 года раннее один большое число мелких потомков | более медленное небольшой более крупные долгая, более 1 года позднее много небольшое число более крупных, хорошо |

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

| | | |
|------------------------------------|--|-------------------------|
| | | защищённых потомков |
| 6 Кривая выживаемости | обычно III-го типа | I-го или II-го типа |
| 7 Внутри и межвидовая конкуренция, | изменчивая, часто слабая | острая |
| 8 Смертность особей | обычно катастрофическая, не зависящая от плотности | зависимая от плотности. |

Определение экологической стратегии

Динамика популяций

Динамика популяции – процессы изменения ее основных характеристик во времени. Динамические показатели характеризуют процессы, протекающие в популяции за некоторый промежуток времени. Это рождаемость, смертность, скорость роста популяции.

Рождаемость – число особей ΔN_n , родившихся в популяции за некоторый промежуток времени (Δt):

$$P = \Delta N_n / \Delta t . \quad (1.5)$$

Смертность – число особей ΔN_m , погибших в популяции за некоторый промежуток времени Δt :

$$C = \Delta N_m / \Delta t . \quad (1.6)$$

Для сравнения рождаемости и смертности в разных популяциях используют удельные показатели.

Удельная рождаемость – отношение рождаемости к исходной численности популяции N :

$$b = P / N = \Delta N_n / N \Delta t . \quad (1.7)$$

Удельная смертность – отношение смертности к исходной численности популяции N :

$$d = C / N = \Delta N_m / N \Delta t . \quad (1.8)$$

Скорость изменения численности популяции:

$$v = \Delta N / \Delta t , \quad (1.9)$$

где ΔN – изменение численности популяции за время Δt .

Удельная скорость изменения численности:

$$r = b - d . \quad (1.10)$$

Если $b = d$, то $r = 0$, и популяция находится в стационарном состоянии. Если $b > d$, то $r > 0$, численность популяции растет. Если $b < d$, то $r < 0$ – численность популяции сокращается.

Таким образом, численность популяций определяется двумя противоположными процессами – рождаемостью и смертностью.

Очевидно, что в жизнеспособной популяции рождаемость должна превышать смертность. В этом случае при постоянной величине удельной скорости изменения численности рост числа организмов популяции N в зависимости от времени (количества поколений) математически будет представлять собой геометрическую прогрессию. Такой тип роста описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = (b - d)N = rN . \quad (1.11)$$

Уравнение (1.11) в интегральной форме имеет вид

$$N_t = N_0 e^{rt} , \quad (1.12)$$

где N_t – численность популяции в момент времени t ; N_0 – численность популяции в начальный момент времени t_0 ; e – основание натурального логарифма; r – показатель, характеризующий темп размножения особей в данной популяции (удельная скорость изменения численности).

Экспоненциальный рост численности популяции, называемый J-образной кривой, представлен на рис. 1.4. Он возможен лишь при отсутствии лимитирующих факторов. Такой рост в природе не происходит, либо происходит в течение очень непродолжительного времени (например, популяции одноклеточных организмов, водорослей, мелких ракообразных при благоприятных условиях размножаются по экспоненциальному закону). Это рост численности особей в неизменяющихся условиях.

Логарифмируя обе части уравнения (1.12), получим уравнение линейного вида

$$\ln N_t = \ln N_0 + rt . \quad (1.13)$$

Графический вид зависимости $\ln N$ от t представлен на рис. 1.5. Используя экспериментальную зависимость $\ln N$ от t можно определить $\ln N_0$ как отрезок, отсекаемой прямой на оси X , а r как тангенс угла наклона прямой.

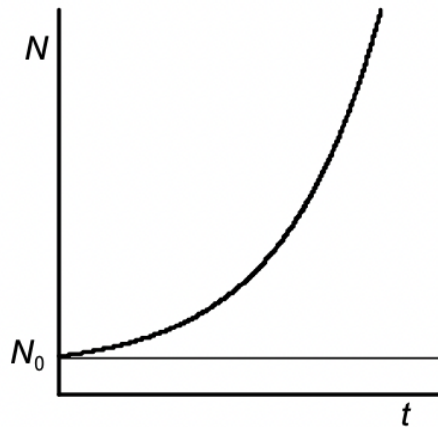


Рис. 1.4. J-образная кривая роста численности популяции

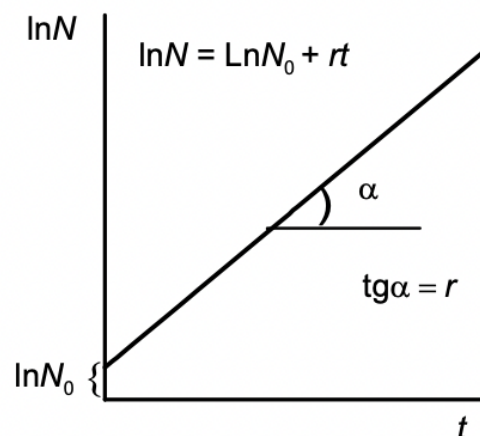


Рис.1.5. Графический вид зависимости $\ln N$ от t в случае экспоненциального роста

В реальных условиях удельная скорость роста популяции r зависит от плотности популяции. Увеличение плотности популяции снижает количество доступной организму пищи, что приводит к росту удельной смертности d и снижению удельной скорости изменения численности популяции r . Уменьшение r до нулевого значения останавливает рост численности популяции на некотором значении $N = K$, которое называют емкостью экологической ниши.

Таким образом, рост популяции не может быть бесконечным, а реальная кривая изменения численности популяции имеет вид буквы S, представленный на рис. 1.6. Такой тип роста описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = rN(K - N)/K. \quad (1.14)$$

где K – максимальное число особей, способных жить в рассматриваемой среде. В интегральной форме уравнение (1.14) имеет вид

$$N = \frac{K}{1 + e^{a-rt}}, \quad (1.15)$$

где a – константа интегрирования, определяющая положение кривой относительно начала координат, $a = \ln((K - N_0)/N_0)$ при $t = 0$.

Тогда уравнение (1.15) можно записать в виде

$$N = \frac{K}{1 + e^{\ln((K-N_0)/N_0)-rt}}. \quad (1.16)$$

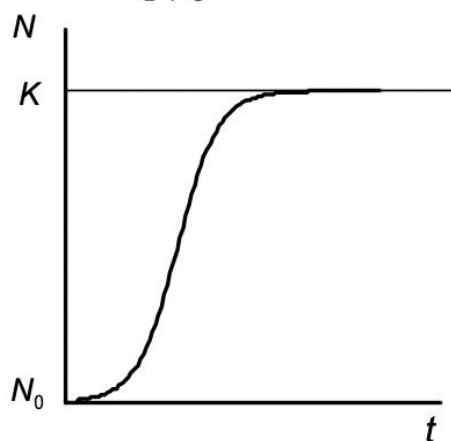


Рис.1.6. S-образная кривая роста численности популяции

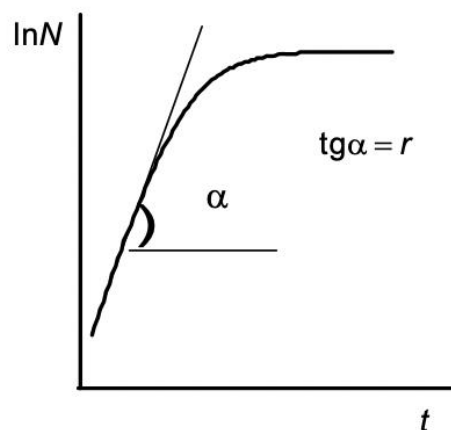


Рис. 1.7. Графический вид зависимости $\ln N$ от t в случае логистического роста

Коэффициенты уравнения (1.15) можно легко определить, используя экспериментальную зависимость N от t . Коэффициент a можно вычислить, определив N_0 и K из графика зависимости N от t . Поскольку J-образную кривую можно рассматривать как участок S-образной кривой,

то в некоторых случаях коэффициент r можно определить как тангенс угла наклона прямолинейного участка зависимости $\ln N$ от t (рис. 1.7).

Константы K и r логистического уравнения дали название двум типам естественного отбора. Каждый организм испытывает на себе комбинацию r и K -отбора, но r -отбор преобладает на ранней стадии развития популяции, а K -отбор характерен для сформировавшихся систем. r -стратегия обеспечивает выживание за счет количественного роста, характерна для организмов с коротким жизненным циклом и высокой плодовитостью: микроорганизмов, мелких насекомых, однолетних трав. K -стратегия обеспечивает выживание за счет качественного совершенствования взаимоотношений между особями и особей с абиотической средой: крупные и долгоживущие виды, деревья, звери, человек.

Колебания численности популяций

Численность популяций может изменяться в результате изменения внешних условий среды – из-за нехватки пищи, появления большого количества хищников и т. д. Периодические и непериодические колебания численности популяций под влиянием абиотических и биотических факторов среды называются популяционными волнами. Популяции обладают способностью к саморегуляции, и их плотность при более или менее значительных колебаниях остается в устойчивом состоянии между своими нижним и верхним пределами (динамическое равновесие).

В природе в основном встречаются три вида колебаний численности популяций: относительно стабильный, скачкообразный, циклический (рис. 1.8).

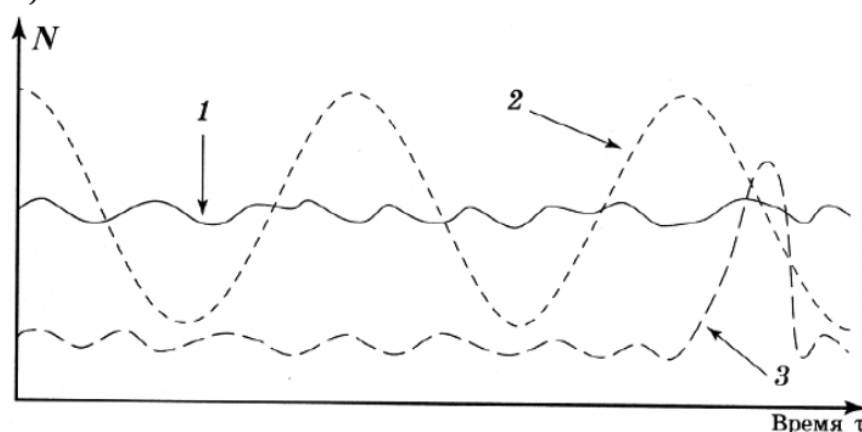


Рис. 1.8. Основные типы кривых изменения численности популяций

Кривая 1. Стабильные популяции. Такое постоянство встречается нередко в природе, например в тропических лесах, где климатические условия меняются крайне мало.

Кривая 2. Правильный циклический характер. Например, колебания связанные с сезонными изменениями климата: комары, цветы на полях; система «хищник – жертва»; циклические колебания численности леммингов (травоядный грызун в северной Америке и Скандинавии).

Кривая 3. Скачкообразный рост численности. Например, это характерно для енотов, имеющих относительно стабильную численность, но время от времени происходит всплеск численности. Такой всплеск связан с временным повышением емкости среды (улучшение климатических условий, питания, резкое уменьшение численности хищников).

Изменение численности в системе «хищник – жертва»

Межвидовые взаимоотношения играют большую роль в динамике численности организмов. Хищники, уничтожая свои жертвы, влияют на их численность. Такое же действие оказывают и паразиты.

Математики А. Лотка (1880–1949 г.г.) и В. Вольтерра (1860–1940 г.г.) независимо друг от друга разработали математические модели взаимодействия животных в системе «паразит – хозяин» (Лотка) и в системе «хищник – жертва» (Вольтерра). Различия в этих системах состоят лишь в количественном соотношении: один хищник уничтожает много жертв, а паразитов может быть много на одном хозяине.

В системе «хищник – жертва» численности хищника соответствует определенная численность жертвы и по мере возрастания плотности популяции жертвы увеличивается и плотность популяции хищника. Повышение же численности хищника приводит к снижению численности жертвы, что опять снижает количество хищников. Так происходят периодические колебания численности популяций хищника и жертвы с небольшими отклонениями от какого-то оптимального уровня (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Колебания численности в системе «хищник – жертва»

Примеры

Пример 1. В одном из степных заповедников на площади 300 га насчитывалось 410 особей сурков-байбаков, распределенных по возра-

ту следующим образом: новорожденных – 128, годовалых – 59, двухлетних – 60, трехлетних и старше – 163. Спустя два года на участке было 588 особей, среди них новорожденных – 142, годовалых – 93, двухгодовалых – 88, остальные – старше.

Начертите исходную возрастную пирамиду популяции и пирамиду спустя два года. Изменилась ли возрастная структура популяции? Какова смертность молодых особей за этот период?

Решение. При построении возрастных пирамид по вертикали откладывается возраст (например, в масштабе 1 клетка = 1 год), а по горизонтали количество особей в данной возрастной группе (например, в масштабе 1 клетка – 20 тыс. особей).

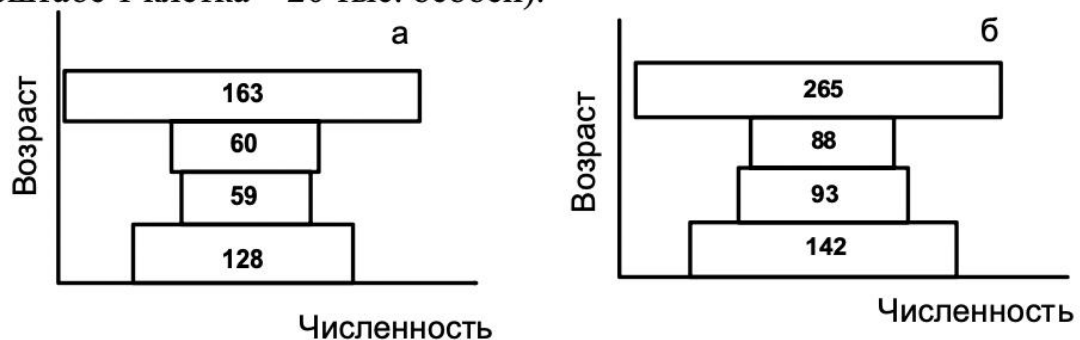


Рис. 1.10. Первоначальная возрастная пирамида (а) и возрастная пирамида спустя два года (б)

Как видно из рис.1.10, численность популяции увеличивается, причем численность растет равномерно во всех возрастных категориях.

Смертность молодых особей будет определяться из разности числа новорожденных особей в первоначальный период и двухгодовалых особей в рассматриваемый период времени: $128 - 88 = 40$ особей. Таким образом, смертность молодых особей составляет 20 особей в год.

Пример 2. Имеются данные изменения численности растения во времени:

| Годы | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Численность растения | 10 | 12 | 15 | 19 | 23 | 27 | 30 | 33 | 35 | 37 | 39 | 40 | 41 | 42 | 42 |

Построить график зависимости численности популяции от времени, определить тип кривой роста. Найти уравнение, описывающее экспериментальную зависимость.

Решение. Построим график зависимости N от t (рис. 1.11). Как видно график имеет логистический характер. Для описания данной зависимости воспользуемся уравнением (1.16). Коэффициент K найдем из графика. $K = 42$. Коэффициент a найдем из выражения $a = \ln((K - N_0)/N_0)$. $N_0 = 10$. $a = 1,2$.

Далее, выбираем $t_1 = 5$. Ему соответствует $N_1 = 27$. Подставив данные значения в выражение (1.16), получим:

$$27 = \frac{42}{1 + \exp(1,2 - 5r)}.$$

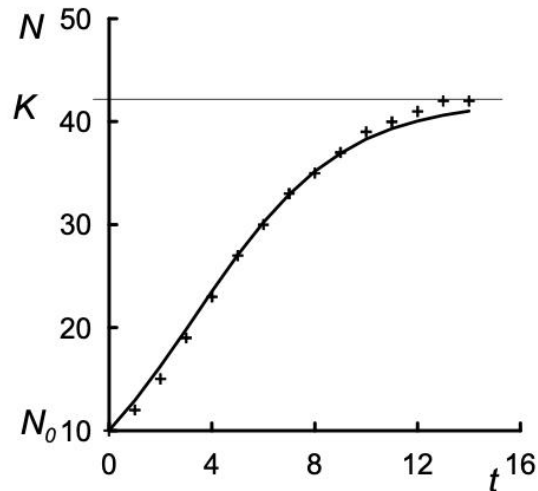


Рис. 1.11. Зависимость численности растения N от t и кривая, полученная по уравнению (1.16)

Выразим r :

$$42 = 27(1 + \exp(1,2 - 5r)), \quad \exp(1,2 - 5r) = \frac{42 - 27}{27},$$

$$r = -\frac{\ln \frac{42 - 27}{27} - 1,2}{5} = 0,36.$$

Таким образом, уравнение, описывающее экспериментальную зависимость численности растения от времени, имеет вид

$$N = \frac{42}{1 + e^{1,2 - 0,36t}}.$$

График, построенный по полученному уравнению, представлен на рис. 1.11.

Практическая работа

7. В таблице приведены данные об изменении численности дрожжей (по Ю. Одуму, 1975):

| Время, ч | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------------------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Фактическая биомасса дрожжей | 9,6 | 18,3 | 29,0 | 47,2 | 71,1 | 119,1 | 174,6 | 257,3 | 350,7 | 441,0 |

Постройте график зависимости численности популяции от времени, определить тип кривой роста. Найдите уравнение, описывающее экспериментальную зависимость.

8. В табл. 1.1 приведены данные об изменении численности популяций различных растений в течение некоторого промежутка времени.

Постройте график зависимости численности популяции от времени, определите тип кривой роста. Найдите уравнение, описывающее экспериментальную зависимость.

9. В таблице приведены данные о численности некоторых охотничьих животных на территории Белгородской области в 2002 г.:

| Вид | Численность по годам, количество особей | | | | | | | |
|------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
| Лось | 387 | 346 | 301 | 308 | 322 | 322 | 263 | 266 |
| Косуля | 4474 | 4911 | 5055 | 5193 | 5334 | 5897 | 6164 | 6085 |
| Олень | 501 | 570 | 562 | 619 | 678 | 782 | 896 | 1089 |
| Кабан | 2574 | 2436 | 2351 | 2958 | 3626 | 3896 | 4236 | 4520 |
| Заяц-русак | 18361 | 17676 | 16261 | 19792 | 22631 | 20246 | 22636 | 20418 |
| Лисица | 3856 | 4344 | 4611 | 5754 | 5167 | 5277 | 5922 | 5547 |
| Куница | 2025 | 1820 | 1628 | 1910 | 2696 | 2770 | 2308 | 2298 |
| Хорь | 1120 | 634 | 461 | 747 | 1346 | 1340 | 1157 | 1766 |
| Волк | 36 | 34 | 41 | 65 | 76 | 74 | 74 | 74 |

Постройте следующие графики колебания численности охотничьих животных по годам:

- а) для каждого вида животных;
- б) для совокупности хищников и совокупности их потенциальных жертв.

Обоснуйте выбранную группировку видов по системам «совокупность хищников – совокупность их потенциальных жертв». Проведите частный и сопоставительный анализ кривых динамики численности отдельных видов и групп видов животных. Определите долю численности каждого вида рассмотренных охотничьих животных в их общей численности. Качественно оцените долю рассмотренных видов консументов первого порядка в рационе представленных хищных видов. Обоснуйте полученные наблюдения, сделайте выводы.

Практическое занятие № 6 (2 часа) **Моделирование экологических ниш и оценка экотопа сообщества**

Часть 1. Моделирование экологической ниши

Биоиндикация – это использование хорошо заметных и доступных для наблюдения биологических объектов с целью определения компонентов менее легко наблюдаемых. Слово биоиндикация образовано от греческого *bios* – жизнь и латинского *indicare* – указывать, под биологическими объектами понимаются любые биологические системы на различных уровнях организации.

Еще в начале XX века рядом ученых были выдвинуты предположения, что абиотические факторы среды обуславливают видовую специфичность растительных сообществ. Но только работы Л. Г. Раменского впервые показали реальные возможности использования экологических свойств растений для определения степени выраженности абиотических факторов. Таблицы, которые содержали реакции отдельных видов к различным экологическим факторам, он назвал *экологическими шкалами*. Экологические шкалы – это балловые таблицы характеристик экологии видов, на основе которых производится оценка условий среды. В настоящее время известны шкалы более 20 авторов, основанные на оценках, полученных в естественных условиях. Наиболее популярны отечественные шкалы Л. Г. Раменского (Раменский и др., 1956), Д. Н. Цыганова (1983), а также европейские шкалы Г. Элленберга (Ellenberg, 1974) и Э. Ландольта (Landolt, 1977). Все экологические шкалы подразделяются на диапазонные (амплитудные) и точечные. Амплитудные шкалы (шкалы Л. Г. Раменского, Д. Н. Цыганова) содержат балловую оценку диапазона на шкале фактора, а точечные (шкалы Г. Элленберга, Э. Ландольта) – балловые оценки экологических оптимумов видов. Следует помнить, что в амплитудных шкалах среднее значение не всегда совпадает с их экологическим оптимумом, который может быть сдвинут к какому-либо из краевых значений.

Экологические шкалы — это таблицы характеристики экологии видов, на основе которых проводится оценка условий среды т.е. решается задача, называемая геоботанической индикацией). Каждой ступени экологических шкал соответствует определенный уровень напряженности экологического фактора.

Метод экологической оценки местообитаний по растительному покрову позволяет установить разногодичные изменения условий окружающей среды, применяется при проведении полевых опытов по улучшению природных сенокосов и пастбищ без их распашки, а также опытов по различному режиму использования сенокосов и пастбищ.

Экологические шкалы – это «экологические портреты» видов.

Балловые оценки рассчитываются для каждого геоботанического описания. При использовании точечных шкал итоговая балловая оценка по некоторому фактору вычисляется как среднее значение из балловых оценок всех видов по этому фактору, взвешенное на обилие видов. По диапазонным экологическим шкалам расчет может осуществляться следующими способами: 1) экстремальных границ, 2) пересечения большинства интервалов, 3) средневзвешенной середины интервала. Два первых способа используются при расчетах по шкалам Раменского, а третий - по шкалам Цыганова. Шкалы с небольшим числом градаций лучше использовать для анализа крупных и весьма неоднородных выборок. Чем больше градаций содержит шкала, тем детальнее дифференцируются местообитания.

Л. Г. Раменский разрабатывал экологические шкалы для южных областей Европейской части России. В шкалах Д.Н. Цыганова преобладают виды, распространенные в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Э. Ландольт и Г. Элленберг разрабатывали шкалы в первую очередь для Центральной и Западной Европы.

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

По мере накопления новых данных стали создаваться региональные шкалы. Для Дальнего Востока были адаптированы экологические шкалы Раменского (Селедец В.П. «Экологическая оценка территории Дальнего Востока России по растительному покрову»):

Таблица – Экологические шкалы

| Шкала | Ступени шкалы | Экологическая группа |
|---|---------------|---|
| Увлажнение | 1-7 | Пустынные, гиперксерофиты |
| | 18-30 | Полупустынные, ортоксерофиты |
| | 31-39 | Сухостепные, ксерофиты |
| | 40-46 | Среднестепные, мезоксерофиты |
| | 47-52 | Лугово-степные, мезоксерофиты |
| | 53-63 | Сухолугово-лесные, ксеромезофиты |
| | 64-76 | Влажнолугово-лесные, ортомезофиты |
| | 77-88 | Сыролугово-лесные, гигромезофиты |
| | 89-93 | Болотисто-лугово-лестные, ортогигрофиты |
| | 94-103 | Болотные, гемигигрофиты |
| | 104-109 | Прибрежноводные, ортогигрофиты |
| | 110-120 | Открытоводные, гидатофиты |
| Богатство и засоленность почвы | 1-3 | Особо бедные, олиготрофные почвы, олиготрофофиты |
| | 4-6 | Бедные почвы, олигомезотрофофиты |
| | 7-9 | Небогатые, мезотрофные почвы, ортомезотрофофиты |
| | 10-13 | Довольно богатые почвы, мезоэутрофофиты |
| | 14-16 | Богатые почвы, ортоэутрофофиты |
| | 17-19 | Слабосолончаковатые почвы, гипогалофиты |
| | 20-21 | Среднесолончаковые почвы, гемигалофиты |
| | 22-23 | Сильносолонцеватые почвы, ортогалофиты |
| | 24-28 | Резко солончаковатые почвы, гипергалофиты |
| | 29-30 | Злостносолончаковатые, шоровые почвы, экстремогалофиты |
| Рекреационная и /или пастбищная депрессия | 1-2 | Антропогенное воздействие очень слабое, сенокосная стадия дигрессии кормовых угодий, рекреационный сбой не выражен, слабо заметные признаки регрессии |
| | 3-4 | Антропогенное воздействие слабое, сенокосная стадия, заметные признаки рекреационного использования территории |
| | 5-6 | Умеренные антропогенные воздействия, сенокосно-пастбищная стадия, явные признаки рекреационного использования территории |
| | 7-8 | Значительная антропогенная нагрузка, пастбищная стадия, сильный рекреационный сбой, почва оголена до 50% поверхности |
| | 9-10 | Экстремальное антропогенное воздействие, почва оголена более чем на 50% поверхности. |

В основе разделения видов по фракциям экологической валентности лежит экспертная оценка экологических шкал для конкретного вида, согласно которой *стеновалентными* считаются виды, занимающие менее 1/3 шкалы, *эвривалентными* – более 2/3 шкалы, остальные виды – *мезовалентными*. Популяции стеновалентных видов характеризуются низкой потенциальной экологической валентностью (PEV) и могут выдержать лишь ограниченные изменения экологического фактора, а популяции эвривалентных видов (с высокой потенциальной экологической валентностью) способны занимать различные местообитания с чрезвычайно изменчивыми условиями по данному фактору.

Если величина PEV меньше 33%, то вид стенобионтен по данному фактору, а значит является хорошим индикатором условий среды. Если больше 66%, то вид эврибионтен, и, следовательно, использовать его в качестве индикатора нельзя.

Предполагается, что для характеристики отношения конкретного вида к совокупному воздействию нескольких факторов целесообразно использовать понятие стено-мезо-эврибионтность. Каждый вид обладает набором величин потенциальных экологических валентностей, число которых соответствует числу рассматриваемых факторов. Соотношение суммы потенциальных экологических валентностей конкретного вида с числом шкал и с учетом того, что вклад каждой шкалы равен единице, дает меру стено-эврибионтности или индекс толерантности (**It**) конкретного вида:

$$It = \Sigma PEV / \Sigma \text{ шкал рассматриваемых факторов}$$

Виды по группам толерантности и по фракциям экологической валентности распределяются по единому принципу:

- стеновалентная и стенобионтная – показатель валентности или индекс толерантности не превышает 0,33;
- гемистеновалентная и гемистенобионтная – от 0,34 до 0,45;
- мезовалентная и мезобионтная – от 0,46 до 0,56;
- гемизэвривалентная и немиэврибионтная – от 0,57 до 0,66;
- эвривалентная и эврибионтная – от 0,67 и выше

Практическая часть

Задание 1.

Для предложенных видов растений вычислить показатель потенциальной экологической валентности (PEV) и индекс толерантности (It) и построить гистограммы процентного соотношения видов растений по стено-эврибионтности для каждого конкретного описания. Для этого найдите для каждого проверяемого вида соответствующую экологическую шкалу и подсчитайте, сколько % от ступеней всей шкалы он занимает. Это рассчитывается как отношение числа ступеней конкретной шкалы, занятой данным видом, к общей протяженности шкалы в ступенях.

$$PEV = \frac{(A_{max} - A_{min} + 1)}{n} * 100\%,$$

где A_{max} и A_{min} - максимальные и минимальные значения ступеней шкалы, занятых отдельным видом; n - общее число ступеней в шкале; 1 - добавляется как 1-е деление шкалы, с которого по данному фактору начинается диапазон вида.

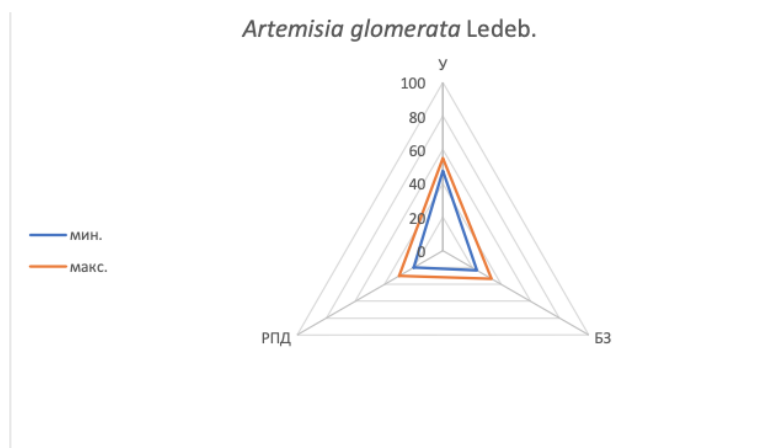
$$It = \Sigma PEV / \Sigma \text{ шкал рассматриваемых факторов}$$

Исследовали влияние трех факторов, следовательно:

$$It = \frac{83,3 + 40 + 40}{3} = 54,4\%$$

Вывод: вид *Artemisia glomerata* является мезобионтом.

Задание 2. Используя лепестковые диаграммы Excel, постройте экологические ниши предложенных видов. **Пример:**



Задание 3. Изучите характеристики экологии предложенных видов, пользуясь литературой. Используя результаты выполнения предыдущих заданий, заполните таблицу:

| № п/п | Вид | Увлажнение | Богатство-засоление почвы | Рекреационная нагрузка и пастбищная дигрессия | Особенности местообитания | Экологическая группа |
|-------|--|------------|---------------------------|---|---------------------------|----------------------|
| 1 | <i>Anaphalis margaritacea</i> (L.) A. Gray | У | БЗ | РПД | | |
| | мин. | 63 | 9 | 2 | | |
| | макс. | 72 | 11 | 3 | | |

Часть 2. Оценка экотопа сообщества

Метод экологической оценки местообитаний по растительному покрову позволяет установить разногодичные изменения условий окружающей среды, применяется при проведении полевых опытов по улучшению природных сенокосов и пастбищ без их распашки, а также опытов по различному режиму использования сенокосов и пастбищ. Экологические шкалы – это «экологические портреты» видов.

Практическая часть

На основе геоботанических описаний с помощью шкалы Раменского, разработанных для разных видов растений, определить экологические условия местообитания. Для анализа использовать геоботанические описания, предложенные в приложениях (варианты 1-5). Необходимо проанализировать 3 любых описания из каждой таблицы.

- Используйте геоботаническое описание выбранной площадки, которое содержит список видов и их обилие. Составьте таблицы (удобнее в Excel), которые бы содержали список видов, их обилие и экологические шкалы.
- Для обработки геоботанических описаний по амплитудным шкалам Раменского используйте *метод средневзвешенной середины интервала*. Для каждого вида находится значение середины его экологического интервала, оно умножается на числовое значение участия вида (например, обилие, выраженное в % проективного покрытия), затем сумма полученных произведений делится на сумму числовых значений участия. При этом оценка экотопа смещается от середины интервала

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

максимального перекрытия в сторону амплитуд видов с большим участием. Виды с большим участием вносят большой вклад в итоговое значение.

Для перевода проективного покрытия (%) в баллы используйте шкалу Ж. Браун-Бланке:

1 балл — до 5%, 2 — 5-25%, 3 — 25-50%, 4 — 50-75% и 5 — 75-100%

Таблица - Пример обработки геоботанических описаний по амплитудным шкалам

| Название вида | Обилие вида | Баллы по экологической шкале | | | |
|----------------|-------------|------------------------------|----|-----------|------------------|
| | | У1 | У2 | У среднее | У среднее*обилие |
| Вид 1 | 5 | 1 | 9 | 5 | 25 |
| Вид 2 | 2 | 5 | 11 | 8 | 16 |
| Вид 3 | 1 | - | - | - | - |
| Вид 4 | 0 | 3 | 10 | - | - |
| Сумма | 5+2=7 | | | | 25+16=41 |
| Оценка экотопа | | | | | 41/7=6 |

Оценка экотопа 6 баллов получается путем деления суммы произведений середин диапазонов на числовые значения участия на сумму цифровых значений участия. Виды 3 и 4 не используются, так как вида 4 нет на нашей площадке – его обилие равно нулю, а для вида 3 нет данных в шкале.

3. Определите экологические условия и тип растительности по предложенным геоботаническим описаниям. Для справки используйте работу «Растительность полуострова Камчатка» В.Ю. Нешатаевой.

Практическое занятие № 7 (2 часа)

Анализ продуктивности экосистемы

Практикум по экологии: учебное пособие / Е.В. Ларионова, А.Н. Вторушина, М.Э. Гусельников, О.Б. Назаренко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - С. 45-52.

Выполните задания практической работы.

Практическое занятие № 8 (2 часа)

Анализ видового разнообразия экосистемы

Системная экология : учеб. пособие / Л. Б. Попок [и др.]; под общ. ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 67- 74.

Выполните задания практической работы.

Практическое занятие № 9 (2 часа)

Оценка взаимосвязи в системе. Оценка сходства экосистем

Контроль над биологическим разнообразием требует его измерения, а измерение только тогда становится возможным, когда качественные признаки могут быть описаны количественно, в величинах, которые можно сравнивать.

На уровне интуиции кажется, что разнообразие сообщества тропического леса больше разнообразия сообщества тайги. Видимая простота оценки разнообразия, однако, не позволяет удовлетвориться качественными сравнениями: более разнообразное и менее

разнообразное сообщество. В экологии и математике разработано множество моделей и индексов для измерения разнообразия, которые требуют различной интерпретации.

Оценивание биологического разнообразия имеет важное прикладное значение, так как:

- 1) позволяет контролировать сохранение генетического потенциала;
- 2) дает представление о состоянии экосистем на определенной территории;
- 3) служит основой для разработки системы менеджмента отдельных видов.

Анализ бета-разнообразия: сравнение, сходство, соответствие сообществ

Бета-разнообразие характеризует степень различий или сходства ряда местообитаний или выборок с точки зрения их видового состава, а иногда и обилия видов. Этот термин был введен Уиттекером в 1960 году. Один из общих подходов к установлению бета-разнообразия – оценка изменений видового разнообразия вдоль среднего градиента. Другой путь его определения – сравнение видового состава различных сообществ. Чем меньше общих видов в сообществах или в разных точках градиента, тем выше бета-разнообразие. Этот путь используется в любых исследованиях, рассматривающих степень различий видового состава выборок, местообитаний или сообществ. Вместе с мерами оценки внутреннего разнообразия местообитаний бета-разнообразие можно использовать, чтобы получить представление об общем разнообразии условий данной территории.

Самый простой способ измерения бета-разнообразия двух участков – расчет коэффициентов сходства или индексов общности. Списки видов могут быть представлены как конечные множества (или поля), элементами которых будут составляющие их виды.

Основным приемом упорядочивания данных для определения индексов общности по качественным признакам служит таблица, включающая четыре поля.

Определение индексов общности

| | | |
|--|--|---|
| a (число общих видов для двух списков) | b (число видов, имеющих только во втором списке) | $a + b$ (общее число видов во втором списке) |
| c (число видов, имеющих только в первом списке) | d (число видов, отсутствующих в обоих списках, но имеющих в других, в которые входит всего S видов) | $c + d$ (число отсутствующих видов во втором списке) |
| $a + c$ (общее число видов в первом списке) | $b + d$ (число отсутствующих видов в первом списке) | $a + b + c + d = S$ (всего видов) |

Сумма $(a + d)$ называется числом совпадений качественных признаков; сумму $(b + c)$ называют числом несовпадений; a – число положительных и d – число отрицательных совпадений.

Все известные индексы общности распадаются на две группы в зависимости от того, учитывают они или игнорируют число отрицательных совпадений (d). Наибольшее

значение в экологических работах имеют индексы, в формулы которых входит только число положительных совпадений. В табл. 5.7.2 приведены основные индексы общности.

Предложено огромное число индексов общности, но чаще в биоценологических, фаунистических и биогеографических работах используются индексы Жаккара и Серенсена – Чекановского. Эти коэффициенты равны 1 в случае полного совпадения видов сообществ и равны 0, если выборки совершенно различны и не включают общих видов.

Индексы общности, учитывающие негативные совпадения, используются обычно при сравнении коллекций, когда известны полные видовые списки. Применение этой группы индексов в экологических и биогеографических исследованиях подвергалось серьезной критике. Ограниченное использование индексов, учитывающих отрицательные совпадения, связано с их большой зависимостью от редких видов, которые могут не попадать в выборки.

Основные индексы общности, учитывающие положительные совпадения [Песенко, 1982]

| Формула | Автор | Отношение |
|---|--------------------------------------|--|
| $I_B = \frac{a}{a+b}, b \geq c$ | Браун –Бланке, 1932 | <i>a</i> к числу видов в большем списке |
| $I_{SS} = \frac{a}{a+c}, b \geq c$ | Шимкевич, 1926; Симпсон, 1943 | <i>a</i> к числу видов в меньшем списке |
| $I_{CS} = \frac{2a}{(a+b) + (a+c)}$ | Чекановский, 1900; Серенсен, 1948 | <i>a</i> к среднему арифметическому числу видов в двух списках |
| $I_{X1} = \frac{a}{2} \left(\frac{1}{a+b} + \frac{1}{a+c} \right)$ | Кульчинский, 1927 | <i>a</i> к среднему гармоническому числу видов в двух списках |
| $I_{OB} = \frac{a}{\sqrt{(a+b)(a+c)}}$ | Охайя, 1957; Баркман, 1958 | <i>a</i> к среднему геометрическому числу видов в двух списках |
| $I_J = \frac{a}{a+b+c}$ | Жаккар, 1901 | <i>a</i> к числу видов в объединенном списке |
| $I_{SS} = \frac{a}{2(a+b+c) - a}$ | Сокал, Снит, 1963 | <i>a</i> к сумме числа видов в объединенном списке и числу необщих видов |
| $I_{X2} = \frac{a}{b+c}$ | Кульчинский, 1927 | <i>a</i> к числу необщих видов |

Практическая часть

Сравните предложенные сообщества (северную и южную часть Уссурийского залива), используя разные индексы общности – индекс Шимкевича-Симпсона, индекс Серенсена-Чекановского, индекс Жаккара. Сделайте выводы. Таблицы для сравнения размещены в системе Moodle.

7.2 Внеаудиторная самостоятельная работа

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

| № п/п | Наименование раздела | Наименование темы | Вид СР | Трудоемкость (час.) |
|-------|---|-------------------------------------|--|---------------------|
| 1. | Экология надорганизменных систем | Подготовка к практической работе №1 | Работа с лит-рой, выполнение заданий | 4 |
| | | Подготовка к практической работе №2 | | 4 |
| | | Подготовка к практической работе №3 | | 4 |
| | | Подготовка к практической работе №4 | | 4 |
| | | Подготовка к практической работе №5 | | 4 |
| | | Подготовка к практической работе №6 | | 4 |
| | | Подготовка к практической работе №7 | | 4 |
| | | Подготовка к практической работе №8 | | 4 |
| | | Подготовка к практической работе №9 | | 4 |
| | | Подготовка курсовой работы | Работа с лит-рой | 36 |
| | | Подготовка и сдача экзамена | Работа с лит-рой, работа с конспектами | 36 |

8. Перечень вопросов на экзамен/зачет

1. Системная экология как наука.
2. Системный подход в экологии. Прогнозирование в экологии.
3. Уровни систем. Объекты экологии.
4. Методология системного анализа.
5. Моделирование и анализ экологических систем.
6. Методы исследования популяций и экосистем.
7. Статистические методы описания и анализа экосистем.
8. Популяции: структура и динамика.
9. Статические и динамические показатели популяций.
10. Разнообразие, классификация и структура популяций.
11. Экологические стратегии выживания.
12. Биотические сообщества.
13. Видовая структура биоценоза.
14. Устойчивость и структура сообществ.
15. Информация в сообществах растений и животных.
16. Экологические системы.
17. Концепция экосистемы.
18. Биологическая продуктивность экосистемы.
19. Гомеостаз экосистемы.
20. Динамика экосистемы.
21. Основные функциональные элементы экосистемы.
22. Свойства экосистем.
23. Потоки энергии в сообществах.
24. Информационные процессы в экосистемах.
25. Дублирование и восстановление в биологических и экологических структурах.

26. Биоэнергетика экосистем.

9. Тематика курсовых работ

1. Типы взаимодействия между популяциями разных видов.
2. Популяционные механизмы регуляции плотности населения и численности.
3. Значение поведенческих и физиологических реакций, роль структуры популяции.
4. Основные факторы динамики численности.
5. Динамика численности отдельных видов, ее типы. Кривые выживаемости у разных видов животных.
6. Плотность популяции и ее регуляция.
7. Экологическое значение и механизмы поддержания сложности общего генофонда популяции.
8. Половая структура популяций и ее динамика.
9. Возрастная структура популяций.
10. Сигнализация и общение в популяциях. Роль высшей нервной деятельности и сложных форм поведения в поддержании целостности популяции.
11. Этологическая структура популяций. Разнокачественность особей в популяциях. Биологическое значение упорядоченности взаимоотношений особей в популяциях.
12. Пространственная структура популяций и ее адаптивное значение. Адаптации к поддержанию оптимальной пространственной структуры популяции.
13. Сообщества видов (биоценозы) как формы организации живого населения биосферы.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение

10.1. Основная учебная литература:

1. Основы экологии : учеб. для биолог. и эколог. фак. ун-тов / Христофорова, Надежда Константиновна. - Владивосток : Дальнаука, 1999. - 516 с.
2. Шилов, И. А. Биоценология : учебник для вузов / И. А. Шилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 184 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13190-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489951> (дата обращения: 29.03.2022).
3. Шилов, И. А. Экология популяций и сообществ : учебник для вузов / И. А. Шилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 227 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13188-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489952> (дата обращения: 29.03.2022).

10.2. Дополнительная учебная литература:

1. Биоразнообразие и охрана природы : учебник и практикум для вузов / Е. С. Иванов, А. С. Чердакова, В. А. Марков, Е. А. Лупанов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 247 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11378-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495084> (дата обращения: 29.03.2022).
2. Блинов, Л. Н. Экология : учебное пособие для вузов / Л. Н. Блинов, В. В. Полякова, А. В. Семенча ; под общей редакцией Л. Н. Блинова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 208 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00221-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489593> (дата обращения: 29.03.2022).
3. Еськов, Е. К. Экология. Закономерности, правила, принципы, теории, термины и понятия : учебное пособие / Е. К. Еськов. — 2-е изд. — Саратов : Вузовское

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

- образование, 2019. — 584 с. — ISBN 978-5-4487-0350-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/79833.html> (дата обращения: 02.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Популярный экологический словарь / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова ; Под ред и с предисл. А. М. Гилярова. - 2-е изд., перераб. и доп. . - М : Тайдекс Ко, 2003. - 384 с.
 5. Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 1: учебник для вузов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 210 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07872-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490488> (дата обращения: 29.03.2022).
 6. Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 2: учебник для вузов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 185 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07874-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491191> (дата обращения: 29.03.2022).
 7. Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии : учебное пособие для вузов / Г. Ю. Ризниченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 181 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07037-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490489> (дата обращения: 29.03.2022).
- 10.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:
1. <http://molbiol.ru/> - Классическая и молекулярная биология
 2. <http://elementy.ru/> - Новости науки
 3. <http://bibl.kamgru.ru> - Сайт библиотеки КамГУ.
 4. www.elibrary.ru - eLibrary – Научная электронная библиотека.
 5. <https://urait.ru/> - Образовательная платформа Юрайт.
 6. https://www.impb.ru/eco/show_info.php?id=1077 – база данных «Флора сосудистых растений Центральной России» ИМПБ РАН
 7. <http://iavs.org> - The International Association for Vegetation Science (IAVS)
 8. <http://www.theplantlist.org/> - A working list of all plant species
 9. <http://www.algaebase.org> - AlgaeBase is a global algal database of taxonomic, nomenclatural and distributional information.
 10. <https://www.gbif.org/ru/> - глобальная база данных о биоразнообразии.

10.4. Информационные технологии: участие в административном тестировании, работа в системе Moodle.

11. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента

Форма промежуточной аттестации– экзамен (2 семестр), курсовая работа (2 семестр).

Критерии оценивания устных ответов и письменных работ

| Форма работы | Критерии оценивания |
|---|---|
| 1. Систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной литературы. | качество уровня освоения учебного материала; умение использовать теоретические знания при |

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

| | |
|---|--|
| | выполнении практических задач или ответе на практико-ориентированные вопросы; обоснованность и четкость изложения ответа. |
| 2. Подготовка к контрольным работам, экзамену (и другим формам контроля). | качество уровня освоения учебного материала; умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач или ответе на практико-ориентированные вопросы; обоснованность и четкость изложения ответа. |
| 3 Самостоятельное изучение материала и конспектирование учебной и специальной литературы. | краткое изложение (при конспектировании) основных теоретических положений темы; логичность изложения ответа; уровень понимания изученного материала. |
| 4 Написание и защита доклада (реферата), подготовка к сообщению или семинару по заданной преподавателем теме. | полнота и качественность информации по заданной теме; свободное владение материалом сообщения/доклада/реферата; логичность и четкость изложения материала; наличие и качество презентационного материала. |
| 5. Выполнение практических расчетных заданий. | грамотная запись условия задачи и ее решения; грамотное использование формул; грамотное использование справочной литературы; точность и правильность расчетов; обоснование решения задачи. |
| 6. Оформление отчетов по лабораторным работам и подготовка к их защите. | оформление лабораторных и практических работ в соответствии с требованиями, описанными в методических указаниях; качественное выполнение всех этапов работы; необходимый и достаточный уровень понимания цели и порядка выполнения работы; правильное оформление выводов работы; обоснованность и четкость изложения ответа на контрольные вопросы к работе. |

Критерии оценивания различных форм промежуточной аттестации

| Уровень сформированности компетенции | Уровень освоения дисциплины (оценка) | Форма промежуточной аттестации | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|---|------------------------|
| | | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен | Защита курсовой работы |
| | | Универсальные критерии оценивания | | | |
| Высокий | зачтено // отлично | Продемонстрированы глубокие знания программного материала, а также сформированность всех дескрипторов компетенции: знаний, умений, навыков. Ответы логически последовательны, содержательны. Стиль изложения научный. Применение умений и навыков уверенное. | | Продемонстрировано всестороннее и глубокое освещение избранной темы (проблематики), а также умение работать с источниками, делать теоретические и практические выводы. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения научный с использованием терминологии. | |
| Базовый | зачтено // хорошо | Продемонстрированы глубокие знания программного материала, а также успешная сформированность дескрипторов компетенции: знаний, умений, навыков. Ответы логически | | Продемонстрировано глубокое освещение избранной темы (проблематики), а также умение работать с источниками, делать теоретические и практические выводы. | |

| | |
|--|--------------------|
| ОПОП | СМК-РПД-В1.П2-2021 |
| Рабочая программа дисциплины Б1.О.02.03 «Экология надорганизменных систем» для направления подготовки 06.04.01 «Биология», профиль подготовки «Экология» | |

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|--|
| | | последовательны, содержательны. Стиль изложения научный. Вместе с тем, студентом допущены ошибки, имеет место пробелы в умениях и навыках. | Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения научный с использованием терминологии. Вместе с тем, студентом допущены ошибки. |
| Пороговый | зачтено // удовлетворительно | Продемонстрированы не достаточные знания программного материала, имеются затруднения в понимании сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений. Сформированы дескрипторы компетенции: знания, умения, навыки порогового уровня. | Продемонстрировано в основном владение материалом, а также умение работать с источниками, делать выводы. Вместе с тем, недостаточно четко отражены результаты исследования, студентом допущены ошибки. |
| Компетенции не сформированы | не зачтено // неудовлетворительно | Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами дисциплины. Терминология не используется. Дескрипторы компетенции: знания, умения, навыки не сформированы (теоретические знания разрознены, умения и навыки отсутствуют) // Либо ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа. | Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса (проблематики исследования) с другими вопросами дисциплины. Терминология не используется. Теоретические знания разрознены, умения и навыки отсутствуют // Либо ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа. |

12. Материально-техническая база

Для реализации дисциплины оборудована учебная аудитория, укомплектованная учебной мебелью, мультимедийной техникой (проектор и ноутбук), экраном. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации ОП ВО по направлению подготовки 06.04.01 «Биология», включает в себя специализированные помещения, оснащенные лабораторным оборудованием, в зависимости от степени сложности. Для лабораторных занятий имеются наборы микропрепаратов, реактивы, лабораторная посуда, специализированная литература.

Оснащение кабинета биологии (ауд. 512) и лаборантской (ауд. 512а)

1. Микроскопы «Микмед-5»
2. Микроскопы стерео МС-1 вар. 1В
3. Термостат LOIP LT
4. Люминоскоп «Филин»
5. Шкаф вытяжной ЛАБ 1200ШВ
6. Дистиллятор АЭ 5
7. Рефрактометр ИРФ
8. Шкаф сушильный СШ-80-01
9. Центрифуга мед. СМ-50

Оснащение гербария (ауд. 511а):

1. Микроскопы стерео МС-1 вар.1В
2. Видеоокуляр с программным обеспечением
3. Сетки гербарные

Для самостоятельной подготовки студентов оборудовано помещение с учебной мебелью, компьютерами и подключением к сети Интернет.