

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

КАФЕДРА БОТАНИКИ

**Л.Н. Ковригина, Н.Г. Романова,
Т.А. Терехина, Н.В. Овчарова**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
«МОНИТОРИНГ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ
РАСТЕНИЙ»**

Учебное пособие



Барнаул

Издательство
Алтайского государственного
университета
2022

УДК 575.17(076.5)

ББК 28.546я73-5

К 568

Рецензент:

доктор биологических наук, профессор *М.М. Силантьева*

К 568 Ковригина, Любовь Никифоровна.

Лабораторный практикум по курсу «Мониторинг ценопопуляций растений»: учебное пособие / Л.Н. Ковригина, Н.Г. Романова, Т.А. Терёхина, Н.В. Овчарова ; Министерство науки и высшего образования РФ, Алтайский государственный университет. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2022. – 156 с.

ISBN 978-5-7904-2626-1.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 06.03.01 Биология (уровень бакалавриат), 06.04.01 Биология (уровень магистратуры).

Рекомендовано к изданию методической комиссией
Института биологии и биотехнологии
Алтайского государственного университета
(протокол № 2 от «7» февраля 2022 г.).

УДК 575.17(076.5)

ББК 28.546я73-5

ISBN 978-5-7904-2626-1

© Ковригина Л.Н., Романова Н.Г.,
Терёхина Т.А., Овчарова Н.В., 2022

© Оформление. Издательство
Алтайского государственного университета, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
-----------------------	----------

РАЗДЕЛ 1. ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ	10
--	-----------

1.1. Ценопопуляции растений и их характеристики	10
1.2. Разработка программы исследования ценопопуляций растений	13
1.3. Характеристика района исследований	14
1.4. Характеристика и онтогенез растений	15
1.5. Счетные единицы ценопопуляции.....	25
1.6. Местонахождения ценопопуляций	30
1.7. Местообитания ценопопуляций.....	32
1.8. Фитоценотическая активность и приуроченность вида	37

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДЫ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ	40
---	-----------

2.1. Оценка нарушенности фитоценозов.....	40
2.2. Способы изучения ценопопуляций.....	45
2.3. Определение числа, размеров и способов заложения учетных площадок.....	48
2.4. Сроки обследования популяций	53
2.5. Периодичность обследования популяций.....	56
2.6. Подготовка материалов и оборудования для полевых исследований	57
2.7. Определение численности и плотности ценопопуляции	58
2.8. Возрастная структура ценопопуляций	67

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПО ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ	75
3.1. Классификация ценопопуляций по возрастной структуре	75
3.2. Классификация ценопопуляций дельта-омега.....	79
3.3. Возрастные спектры.....	81
3.4. Классификация ценопопуляций по перспективности развития.....	85
3.5. Сравнение онтогенетических спектров.....	87
3.6. Индексы возрастной структуры популяции	88
РАЗДЕЛ 4. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ	92
4.1. Пространственная структура ценопопуляций	92
4.2. Изучение характера пространственного распределения на учетных площадках	95
4.3. Метод картирования особей на трансектах	100
4.4. Геометрический подход к изучению пространственной структуры ценопопуляций.....	103
4.5. Функциональный подход к изучению пространственной структуры ценопопуляций	108
РАЗДЕЛ 5. ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСОБЕЙ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ РАЗНЫХ ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ.....	111
5.1. Виталитетная структура ценопопуляции	111
5.2. Оценка жизненного состояния деревьев и древостоев по Алексееву В. А. (1989).....	112
5.3. Оценка жизненного состояния популяций травянистых растений	116

5.4. Определение виталитета популяции по состоянию модельных растений	117
5.5. Составление виталитетного спектра ценопопуляций по комплексу признаков	122

РАЗДЕЛ 6. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ РАСТЕНИЙ 130

6.1. Определение объема выборки.....	130
6.2. Семенная продуктивность	133
6.3. Динамика популяций	137
6.4. Представление результатов изучения ценопопуляций	148

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 151

ВВЕДЕНИЕ

Проблема сохранения биоразнообразия стала наиболее актуальной в последнее время в связи с усиливающимся воздействием человека на природу. К настоящему времени различают несколько уровней организации живого, каждый из которых характеризуется специфическим биоразнообразием. Особое внимание уделяется сохранению биоразнообразия растений. В деле охраны редких и исчезающих видов растений особое место занимают исследования, проводимые на популяционном уровне. Ценопопуляции являются реальной формой существования видов растений, они имеют сложный состав и специфическую функциональную структуру. Ученые отмечают, что угроза генофонду редких эндемичных и исчезающих видов на современном этапе заключается, в первую очередь, в антропогенной трансформации окружающей среды и фрагментации местообитаний, приводящих к уменьшению объема и численности популяции, их изоляции.

Сохранение биологического разнообразия растений невозможно без исследования их ценоотических популяций. Изучение организации популяций позволяет оценить их состояние в разных сообществах, определить способы самоподдержания и устойчивого существования вида. Знание биологии вида и структуры его популяций – та основа, на которой можно прогнозировать как дальнейшее развитие популяций, так и реакцию растений на неблагоприятные воздействия среды обитания. Особый интерес в этом отношении представляют травянистые виды растений. Они обладают рядом существенных биологических, экологических и фитоценоотических преимуществ: хорошо выраженная способность к вегетативному возобновлению и размножению, способность "перемещаться" в пространстве

в более благоприятные экологические условия, способность осваивать территорию с помощью физиологически более сильных, чем семена, зачатков.

Исчезновение определенного биологического вида на земле нарушает устойчивость экосистем и целостность биосферы. На сегодняшний день, это одно из самых опасных и быстро происходящих изменений в природе. Сокращение и исчезновение популяций растений в экосистеме во многом обусловлено антропогенными факторами. Для сохранения популяции исчезающих видов растений проводится мониторинг, защитные и восстановительные работы. Тем не менее, список редких видов растений постоянно обновляется, так как в настоящее время методы точного определения численности и ареала определенных видов все еще требуют углубленного изучения. В связи с этим, совершенствование различных методов оценки и сохранение редких видов на уровне популяции в разных регионах страны является актуальным.

Выполнение работ по изучению ценопопуляций растений прежде всего связано со сбором материалов в полевых и обработки их в лабораторных условиях. В связи с этим необходимо знать факторы, представляющие угрозу здоровью и жизни исследователя, уметь принимать меры по предотвращению несчастных случаев, правильно действовать в экстремальных ситуациях.

Техника безопасности при работе в лабораторных и в полевых условиях

Задание 1. Инструктаж по технике безопасности

Материалы и оборудование: инструкции по технике безопасности в лабораторных и полевых условиях, журнал инструктажа.

1. Изучите инструкции по технике безопасности при работе в лабораторных и в полевых условиях.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы могут представлять угрозу здоровью и жизни исследователя при работе в лаборатории?

2. Какие правила нужно соблюдать при работе в лаборатории?

3. Какие существуют пути эвакуации из лаборатории в случае пожара?

4. Какие факторы представляют угрозу здоровью и жизни исследователя при работе в полевых условиях?

5. Какие правила техники безопасности нужно соблюдать при работе в полевых условиях?

6. Какие действия необходимо совершить при несчастных случаях в полевых условиях?

Составление глоссария

Ключевые слова: понятие (родовое и соподчиненное), объем и содержание понятия, сборник понятий; термин, терминология.

Владение понятийным аппаратом, наряду с практическими навыками работы, определяет успешность решения научной задачи. **Понятие** - это обобщенное представление о группе предметов, обозначаемых тем или иным термином. **Термин** – слово или словосочетание, являющееся названием определенного понятия. Совокупность терминов составляет **терминологию** науки. Между понятиями существуют определенные отношения, выявлению которых способствует составление сборника понятий. **Глоссарий (сборник понятий)** - структурированный словарь, в котором все понятия темы расположены в иерархическом порядке (табл.1). Первым называется **родовое** (более крупное понятие) и раскрывается его **содержание** (суть), затем пе-

речисляются **соподчиненные понятия**, образующие его **объем**. Обязательным является определение принципов выделения соподчиненных понятии (Поляруш, 2002).

Таблица 1
Глоссарий по теме «Семенная продуктивность» (пример)

Наименование	Содержание	Объем
Семенная продуктивность	Число семян, образующихся на одном растении за единицу времени (вегетационный период).	По реализации в онтогенезе: потенциальная; условно-реальная; реальная.
Потенциальная семенная продуктивность	Число семян, образующихся на одном растении.	

Задание 2. Составление глоссария

Материалы и оборудование: точки выхода в Интернет.

1. Найдите определения терминов по теме «Ценопопуляции растений и их характеристики».
2. Выделите родовые и соподчиненные понятия.
3. Определите принципы выделения соподчиненных понятий.
4. Занесите понятия в таблицу.
5. Дополняйте сборник по мере появления новых понятий и терминов.

Контрольные вопросы

1. В чем различие термина и понятия?
2. Что понимается под содержанием и объемом понятия?
3. Что такое родовое и соподчиненные понятия?
4. В чем состоит особенность сборника понятий?
5. Для чего составляются сборники понятий?

РАЗДЕЛ 1. ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ

1.1. Ценопопуляции растений и их характеристики

Ключевые слова: популяция (фитоценотическая, ценопопуляция). Характеристики ценопопуляции: ареал (популяционное поле), динамика, местонахождение, местообитание, плотность, размер, состав, структура (пространственная, онтогенетическая, виталитетная), спектр, способ самоподдержания, численность, элементы .

Виды в пределах ареала представлены системой в разной степени изолированных популяций. **Популяция** - совокупность особей одного вида, длительное время существующих на определенной территории, связанных между собой отношениями родства, системой внутренних взаимоотношений и более или менее отграниченных от других подобных совокупностей (Сохранение и восстановление...., 2002). Обязательный признак популяции – способность к самостоятельному существованию на данной территории в течение неопределенно долгого времени за счет размножения. В противном случае группировки особей относят к **временным поселениям** и считают внутрипопуляционными подразделениями. Сложная популяционная структура вида обеспечивает его приспособление к варьированию условий среды в пределах ареала, способность поддерживать на определенном уровне свою численность и существовать на протяжении длительного времени.

Изучение популяционной структуры вида и состояния отдельных популяций позволяет определить характер и степень стрессового воздействия, особенности реакции вида на разные факторы среды. На основе популяционного анализа разрабатывают режимы заготовки растительного

сырья в зарослях ресурсных растений и меры по восстановлению их запасов. Изучение популяций проводят для выявления причин, приводящие к исчезновению видов, сокращению их численности и фрагментации ареала. По результатам такого анализа предлагают меры по восстановлению растительных сообществ и популяций: от защиты местообитаний (например, заповедование территорий) до повышения жизнеспособности популяций путем вырубki, ручного опыления и др. без нарушения естественных процессов. Популяционные исследования лежат в основе работ по созданию искусственных популяций охраняемых растений на территории ООПТ и в природных биотопах (Методические рекомендации по ..., 2008).

Популяционные исследования предполагают выявление территориального распределения (**местонахождений**), составление характеристики экотопических и фитоценологических условий (**условий местообитаний**), определение параметров, позволяющих оценить **текущее состояние** и прогнозировать изменения (**динамику**) ценопопуляций.

Для характеристики ценопопуляции определяют размер занятой ею территории (**ареала, популяционного поля**), **численность, плотность, состав и структуру**, способность к **самоподдержанию**. Под **составом** популяции подразумевается совокупность ее **элементов**, отличающихся возрастом, размерами, генотипом и т.д. При проведении **структурного** анализа выявляют соотношение, разморазмещение и связи между разными элементами популяции. **Пространственная структура** характеризует особенности размещения элементов популяции в пределах ее ареала, **онтогенетическая (возрастная)** – соотношение элементов разного биологического возраста, **виталитетная** – соотношение особей разного уровня жизнеспособности. После того, как будет определено соотношение (в %% или долях единицы) выделенных групп, составляют **спектр**

популяции (гендерный, возрастной, виталитетный и др.). Спектры обычно представляют в виде графиков. Изучение особенностей размножения позволяет оценить способность ценопопуляции к **самоподдержанию**.

Необходимо отметить, что реальные границы популяций в природе можно выделить только в том случае, если исследователь имеет дело с совокупностью особей в рамках ясно ограниченного природного объекта. Ботаники чаще всего имеют дело с **ценопопуляцией** - совокупностью особей одного вида в пределах растительного сообщества (фитоценоза) (Методические указания к ..., 1994).

Задание 1. Анализ литературы, посвященной изучению ценопопуляций

Материалы и оборудование: статьи, посвященные изучению популяций.

1. Проанализируйте статью, посвященную изучению ценопопуляций.
2. Определите характеристики, использованные автором для оценки состояния ценопопуляций.
3. Охарактеризуйте практическую значимость исследований, проведенных авторами.

Контрольные вопросы

1. Почему при изучении популяций растений используют понятие «ценопопуляция»?
2. Что входит в понятие «состав ценопопуляции»?
3. Что такое «структура ценопопуляции»?
4. Что понимается под динамикой ценопопуляции?
5. Какие существуют способы самоподдержания ценопопуляции?
6. Зачем проводится оценка условий местообитаний ценопопуляций?
7. Как составляются спектры ценопопуляций?

1.2. Разработка программы исследования ценопопуляций растений

Ключевые слова: этапы и программа (введение, характеристика района, характеристика объекта, методики проведения, заключение, литература) исследований.

Изучение ценопопуляций осуществляется в несколько этапов.

Подготовительный этап посвящается разработке программы исследований, составлению маршрутов экспедиционных работ, подготовке оборудования и материалов, необходимых для проведения исследования.

Полевой (экспедиционный) этап – период сбора сведений о состоянии ценопопуляций в полевых условиях.

Камеральный этап – период обработки материалов, собранных в процессе полевых исследований, их интерпретация в соответствии с целью и задачами исследования. Составление отчета по итогам обработки результатов.

Программа исследований – это комплекс положений, определяющих цели и задачи исследования, объект и условия проведения, используемые ресурсы и методики, а также предполагаемый результат.

Структура программы

Введение (актуальность, цель и задачи исследований).

Характеристика района исследований (рельеф, гидрография, климат, почвенный и растительный покров, характеристика хозяйственной деятельности).

Характеристика объекта исследования (систематическое положение, морфология, биология, экология, распространение, значение).

Методики проведения исследований (перечень необходимых материалов и оборудования, маршруты, перио-

дичность, сроки проведения полевых исследований, размеры и способы заложения учетных площадок, счетные единицы, регистрируемые параметры и методика их определения, особенности обработки результатов).

Заключение (принципы оценки состояния популяции в соответствии с целью и задачами исследования).

Литература (включая нормативное и методическое обеспечение исследования).

Задание 1. Определение объекта, цели и задач исследования

Материалы и оборудование: перечень объектов планируемого исследования.

1. Определите объект, цель и задачи предстоящего исследования.

Контрольные вопросы

1. Что такое программа исследований?
2. Что входит в структуру программы изучения ценопопуляции?
3. На каком этапе составляется программа?
4. Какие материалы являются основой для программы исследований?

1.3. Характеристика района исследований

Ключевые слова: рельеф, гидрография, климат, почвенный и растительный покров.

Для описания района исследований используют сведения из различных источников информации (публикации в печати, сеть Интернет и т.д.), картографический материал.

Задание 1. Составление характеристики района исследований

Материалы и оборудование: карты, точки выхода в Интернет.

На основании источников литературы и картографического материала охарактеризуйте район исследований.

Контрольные вопросы

1. На каком этапе составляется характеристика района исследований?
2. Какие источники можно использовать для характеристики района исследований?
3. Какие группы растений (систематические, экологические) произрастают в районе исследований?
4. Насколько преобразована территория района хозяйственной деятельностью человека?
5. Какие виды влияния человека на растительный покров можно прогнозировать?

1.4. Характеристика и онтогенез растений

Ключевые слова: объект исследования; ареал, биология, морфология, систематическое положение, ресурсное значение, экология вида.

Характеристика объекта исследования составляется по литературным источникам, гербарным и картографическим материалам. Систематическое положение охраняемых видов сосудистых растений определяется в соответствии со сводкой Черепанова С. К. (1995), мохообразных – по спискам Игнатова, Афониной (1992), Константинова и др. (1992) (Методические рекомендации по ..., 2006). Информацию о морфологии, экологии, распространении, значении вида можно получить из региональных Определите-

лей растений, онлайн-определителя растений *plantarium* (<http://www.plantarium.ru/page/find.html>) и др.

Задание 1. Составление характеристики объекта исследования

Материалы и оборудование: региональные определители, точки выхода в Интернет, гербарные экземпляры объектов исследования, карты района.

На основании источников литературы и гербария составьте характеристику объекта исследования (систематическое положение, морфология, биология, экология, распространение, значение).

Контрольные вопросы

1. На каком этапе составляется характеристика объекта исследований?
2. Какие источники можно использовать для характеристики объекта исследований?
3. С чем связан выбор объекта исследований?
4. К каким местообитаниям приурочены популяции объекта исследований?
5. Какие местонахождения популяций в районе известны на данном этапе?

Онтогенез объекта исследования

Ключевые слова: биологический возраст; возрастные группы (когорты). Возрастные периоды (прегенеративный, генеративный, постгенеративный), возрастные (онтогенетические) состояния (семена, проростки, ювенильные, имматурные, виргинильные, генеративные, субсенильные, сенильные). Индекс возрастного состояния. Маркерный (диагностический) признак.

Одной из важнейших характеристик популяции является возрастная структура, поэтому при составлении характеристики вида особое внимание уделяется описанию онтогенеза и признакам, позволяющим отличать экземпляры различного возраста. Однако у растений определяют не **календарный**, а **биологический** возраст. В популяционных исследованиях единицей биологического возраста является возрастное состояние. **Возрастное (онтогенетическое) состояние** – это определенный этап онтогенеза растения, характеризующийся наличием ряда индикаторных морфологических и биологических признаков (табл. 2), в том числе положение в пространстве и взаимоотношения со средой (Ценопопуляции растений: Основные ..., 1976). Экземпляры одного биологического возраста объединяются в **возрастную группу – когорту**.

Онтогенетические периоды и состояния различных видов растений имеют ряд общих признаков (табл. 2).

Для конкретных видов растений выделяются специфические маркерные признаки, характеризующие онтогенетические состояния, которые описаны в Онтогенетических атласах лекарственных растений (1997-2013), статьях, Биологической флоре Московской области (1974-2003) и др. (Диагнозы и ключи ..., 1980-1997).

Если ранее вид не изучался, можно воспользоваться описанием онтогенеза близкой жизненной формы или общей характеристикой онтогенетических состояний семенных растений. При невозможности выделения онтогенетических состояний ведется учет цветущих и нецветущих счетных единиц или единиц прегенеративного, генеративного и постгенеративного периодов.

Таблица 2

Характеристика и обозначения возрастных состояний растений Уранова А.А. с дополнениями (1975 – по: Онтогенетический атлас лекарственных... , 1997)

Периоды	Возрастное состояние	Индексы	Морфологические признаки
I. Латентный	1. Семя или не раскрывшийся односемянной плод*	<i>se</i>	Жизнеспособные непроросшие семена или нераскрывшиеся плоды в почве.
II. Прегенеративный (виргинильный) – состояние от всходов до взрослых растений.	2. Проросток	<i>p</i>	Сохраняется связь с семенем, образуется первичный корень, семядоли (при подземном прорастании) или первый лист (при надземном прорастании).
	3. Ювенильное	<i>j</i>	Растения имеют упрощенные ювенильные листья, иной тип нарастания, отсутствие или иной тип ветвления, теряют связь с семенем, утрачивают семядоли.

	4. Имматурное	<i>im</i>	Сочетание ювенильных признаков со взрослыми. Листья и корневые системы – переходного типа, начинается ветвление.
	5. Виргинильное (молодое вегетативное)	<i>v</i>	Формирование типичных для вида побегов, листьев и корневых систем.
III. Генеративный **- цветущие и плодоносящие особи.	6. Скрытогенеративное	<i>g₀</i>	Вегетативные органы типичны для вида, в почках закладываются генеративные органы.
	7. Молодое (раннее генеративное)	<i>g₁</i>	Появление первых генеративных органов. Усиление процессов роста и формообразования в побеговой и корневой системах, появление первых отмерших органов.

	8. Средневозрастное (зрелое генеративное)	g_2	Максимальное развитие побеговой и корневой систем (максимальные для вида размеры, интенсивность и порядка ветвления, наибольшая семенная продуктивность и др.), окончательное становление жизненной формы.
	9. Старое (позднее генеративное)	g_3	Ослабление процессов роста и формообразования, упрощение жизненной формы (потеря способности к разрастанию, уменьшение порядков ветвления, размеров, биомассы, резкое снижение числа генеративных побегов и др.), увеличение числа отмерших органов.

IV. Постгенеративный (сенильный) – особи, утратившие способность к активному размножению и росту и постепенно отмирающие.	10. Субсенильное	<i>ss</i>	Отсутствие генеративных побегов, накопление отмерших органов, упрощение жизненной формы (смена нарастания, потеря способности к ветвлению, появление листьев ювенильного или имматурного типа).
	11. Сенильное	<i>s</i>	Предельное упрощение жизненной формы, отсутствие почек возобновления, листья и побеги ювенильного типа, преобладание отмерших частей.
	12. Отмирающее растение	<i>sc</i>	Отсутствие живых надземных побегов, сохранение немногих спящих почек, корней и надземных побегов.

Примечания:

* - семена в популяционных исследованиях выделяют редко;

**Подразделение генеративных особей на отдельные состояния имеет смысл при поликарпическом онтогенезе. У однолетних растений бутонизацию обозначают как g_1 , полное цветение - g_2 , формирование плодов – g_3 (Злобин и др., 2013).

Задание 2. Анализ литературы, посвященной изучению возрастной структуры ценопопуляций

Материалы и оборудование: статьи, посвященные изучению популяций.

Контрольные вопросы

1. Проанализируйте статью.
2. Определите, о каком возрасте растений в статье идет речь.
3. Назовите возрастные периоды и возрастные состояния, выделенные авторами.
4. Укажите цель, с которой автор изучал возрастной состав популяции.

Задание 3. Определение диагностических признаков возрастных состояний по схематическим изображениям

Материалы и оборудование: схематические изображения возрастных состояний различных жизненных форм растений, точки выхода в Интернет.

Контрольные вопросы

1. Используя схематические изображения возрастных состояний разных жизненных форм растений, определите их диагностические признаки и составьте таблицу (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика и обозначения возрастных состояний и периодов (выбранного вида растений)

Возрастной период	Возрастное состояние	Индекс	Краткая характеристика
-------------------	----------------------	--------	------------------------

2. Обоснуйте выбор диагностических признаков.

**Задание 4. Определение маркерных признаков
возрастных состояний по онтогенетическому гербарию**

Материалы и оборудование: онтогенетический гербарий, точки выхода в Интернет.

Контрольные вопросы

1. Используя онтогенетический гербарий, определите диагностические признаки возрастных состояний и занесите их в таблицу (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика и обозначения возрастных состояний и периодов (выбранного вида растений) Возрастной период.	Возрастное состояние	Индекс	Краткая характеристика
---	----------------------	--------	------------------------

2. Обоснуйте выбор диагностических признаков.

**Задание 5. Выявление диагностических признаков
возрастных состояний по описаниям онтогенеза**

Материалы и оборудование: описания онтогенеза различных жизненных форм растений, точки выхода в Интернет.

Контрольные вопросы

1. Используя описание онтогенеза, составьте таблицу (табл. 5) с краткой характеристикой возрастных состояний.

Таблица 5

Характеристика и обозначения возрастных состояний
и периодов(выбранного вида растений)

Возрастной Период	Возрастное состояние	Ин- декс	Краткая характери- стика
----------------------	-------------------------	-------------	-----------------------------

2. Нарисуйте схематические изображения возрастных состояний.

Задание 11. Распознавание возрастных состояний в полевых условиях

Материалы и оборудование: газеты, гербарные папки, копалки, схематические изображения возрастных состояний.

Используя изображения возрастных состояний, найдите в популяции экземпляры разного биологического возраста. При необходимости проведите раскопку.

1. Заложите онтогенетический гербарий.

Контрольные вопросы

1. Какие единицы биологического возраста используются у растений?

2. Что такое возрастные состояния и возрастные периоды?

3. В чем принципиальное отличие возрастных периодов?

4. Почему необходимо различать и определять возрастные состояния растений?

5. Какие маркерные признаки используются для различения возрастных состояний объекта исследования?

6. Что характерно для листьев ювенильного типа?

7. У какого возрастного состояния формируются листья переходного типа?

8. Когда начинают формироваться органы, характерные для вида?

9. В каком возрасте начинается упрощение жизненной формы?

10. Почему для определения видовой принадлежности растения берутся генеративные экземпляры?

11. Как называется явление, при котором отличаются между собой экземпляры одного биологического возраста?

12. Какие источники могут быть использованы при составлении характеристики возрастных состояний?

1.5. Счетные единицы ценопопуляции

Ключевые слова: Счетная единица: особь, генета, рамета (партикула, парциальный куст, парциальный побег, клон). Жизненная форма (биоморфа): моноцентрическая, полицентрическая, неявнополицентрическая, ацентрическая. Размножение: семенное, вегетативное, партикуляция. Вегетативная подвижность, вегетативное разрастание.

Перед проведением полевых исследований необходимо заранее определить **тип счетной единицы** (единицы наблюдения) объекта исследования, который зависит от жизненной формы, способности к вегетативному размножению и разрастанию избранного вида. Для анализа численности и пространственной структуры ценопопуляций разработана **демографическая классификация жизненных форм**, основанная на определении характера пространственного размещения структурных частей и степени их автономности (Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986; Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988; Лекарственные растения: разнообразие ..., 2015).

У стержнекорневых некоторых дерновинных, клубневых, луковичных травянистых растений, а также у большинства кустарников и деревьев образуется один центр сосредоточения корней, побегов и почек. Взрослая особь таких видов представляет собой один элементарный источник **фитогенного поля** (Уранов, 1965) – поле воздействия растения на среду. Они относятся к вегетативно неподвижным и малоподвижным, **моноцентрическим растениям**. В качестве счетной единицы при отсутствии вегетативного размножения у этих видов выступает особь семенного происхождения (**генета**). В случае вегетативного размножения за счетную единицу может приниматься компактный клон (группа тесно сближенных, но морфологически не связанных между собой особей вегетативного происхождения) или обособленные особи вегетативного происхождения (**партикулы** или **раметы**).

У короткокорневищных, кистекоорневых, луковичных травянистых растений, ряда древесных растений взрослые особи имеют несколько слабо различимых центров сосредоточения корней, побегов и почек возобновления и относятся к **неявнополицентрическим**. На ранних этапах онтогенеза у таких растений счетными единицами являются особи семенного происхождения, на поздних – вегетативного. В середине онтогенеза, вследствие значительного вегетативного разрастания, счетными единицами могут быть клоны, реже – особи вегетативного происхождения.

Для некоторых наземно-ползучих видов характерен **ацентрический тип** жизненной формы. При этом у взрослых особей корни и почки возобновления рассредоточены вдоль всей длины побегов. Таким образом, имеется множество сближенных между собой источников разрастания, но центры разрастания не выражены, фитогенное поле протяженное.

У активно разрастающихся и вегетативно размножающихся кустарничков, кустарников и деревьев, длиннокорневищных, корнеотпрысковых и наземно-и подземно-столообразующих травянистых растений взрослые особи имеют несколько четко выраженных центров сосредоточения корней, побегов и почек возобновления, соединенных между собой корневищами, столонами, усами, плетями и др. Они являются центрами разрастания особей и могут самостоятельно существовать и давать новые центры при отделении. Такие виды относятся к **полицентрическим** растениям. До вегетативного разрастания счетными единицами у них являются особи семенного происхождения. При обособлении центров разрастания счетными единицами могут быть части растений: парциальные кусты или побеги. В результате вегетативного размножения происходит дезинтеграция особи, а счетными единицами являются партикулы (раметы).

От моноцентрической биоморфы к полицентрической увеличивается степень автономности структурных элементов особей, возрастает вегетативная подвижность, усиливается роль вегетативного размножения.

Задание 1. Анализ литературы, посвященной изучению возрастной структуры ценопопуляций

Материалы и оборудование: статьи, посвященные изучению ценопопуляций.

1. Проанализируйте статью.
2. Охарактеризуйте жизненную форму растения, о котором идет речь в статье.
3. Определите, какую счетную единицу использовал автор в своих исследованиях.
4. Обоснуйте свои выводы.
5. Укажите цель, с которой автор изучал возрастной состав популяции.

Задание 2. Определение счетных единиц по гербарным экземплярам

Материалы и оборудование: гербарные экземпляры цветущих экземпляров различных жизненных форм.

1. Используя гербарные экземпляры различных видов, определите жизненную форму и тип счетной единицы у цветущих экземпляров растений.
2. Обоснуйте свои выводы.

Задание 3. Определение счетных единиц на разных этапах онтогенеза по схематическим рисункам

Материалы и оборудование: схематические рисунки возрастных состояний растений различных жизненных форм, точки выхода в Интернет.

1. Используя схематические изображения возрастных состояний разных жизненных форм, определите счетные единицы у экземпляров различного биологического возраста.
2. Обоснуйте свои выводы.

Задание 4. Определение счетных единиц возрастных состояний по описаниям онтогенеза

Материалы и оборудование: описание онтогенеза объекта исследования, точки выхода в Интернет.

1. Используя описания онтогенеза объекта исследования разных видов, определите счетные единицы у экземпляров различного биологического возраста.
2. Обоснуйте свои выводы.

Задание 5. Определение счетной единицы по образцам из онтогенетического гербария

Материалы и оборудование: онтогенетический гербарий, точки выхода в Интернет.

1. Используя онтогенетический гербарий, определите счетные единицы у экземпляров различного биологического возраста.
2. Обоснуйте свои выводы.

Задание 6. Определение счетной единицы у объекта исследования

Материалы и оборудование: онтогенетический гербарий, описания онтогенеза, схематические изображения возрастных состояний, точки выхода в Интернет.

1. Используя различные материалы, определите счетные единицы у объекта исследования с учетом возрастного состояния.
2. Обоснуйте свои выводы.

Задание 7. Определение счетных единиц в полевых условиях

Материалы и оборудование: копалки, блокноты, карандаши, гербарные папки, газеты.

1. На выбранной модельной площадке определите экземпляры различного биологического возраста у одного вида.
2. Определите тип счетной единицы у различных возрастных состояний одного вида (при необходимости проведите раскопку подземных органов).
3. Заложите онтогенетический гербарий.

Контрольные вопросы

1. Что такое клон?
2. Что называют партикулой?
3. Чем отличаются парциальные кусты и парциальные побеги?

4. В чем состоят принципиальные отличия моноцентрических и полицентрических жизненных форм?
5. Почему в онтогенезе изменяется тип счетной единицы?
6. Чем генета отличается от раметы?
7. Какие признаки использовали для определения счетной единицы?
8. Насколько возможно использовать один и тот же тип счетной единицы на разных этапах онтогенеза?
9. К какой группе растений по центру сосредоточения корней, побегов и почек относится объект исследования?
10. Какие счетные единицы будут использоваться при изучении популяций объекта исследования?
11. Какие источники могут быть использованы при определении счетной единицы у объекта исследования?

1.6. Местонахождения ценопопуляций

Ключевые слова: местонахождения (локалитеты), крупномасштабные карты, GPS-навигатор, географическое положение, координаты.

Местонахождение (локалитет) – места нахождения популяций или особей вида в географическом смысле.

Местонахождения во время подготовительного этапа исследований устанавливаются по региональным определителям, научным публикациям, Красным книгам, гербарным и картографическим материалам. На гербарной этикетке обязательно указывается место, где был собран гербарий: страна, область, район, окрестности населённого пункта N, берег озера N и т.п., а также (в последнее время) и координаты, устанавливаемые с помощью GPS – навигаторов.

Местонахождения в полевых условиях устанавливаются с помощью региональных карт и GPS – навигаторов.

Детальные сведения о местонахождениях популяций охраняемых растений не должны быть доступными для случайных лиц. Локалитеты популяций наносятся на крупномасштабные карты.

Задание 1. Определение местонахождений объекта исследования по региональным определителям

Материалы и оборудование: карты региона, региональные определители.

1. Используя региональные определители, составьте список районов, в которых отмечено произрастание объекта исследования.
2. Выясните, имеются ли сведения о произрастании вида в районе планируемых исследований.

Задание 2. Определение местонахождений объекта исследования по гербарным экземплярам

Материалы и оборудование: гербарий, крупномасштабные карты района исследований, точки выхода в Интернет.

1. На основе гербарного материала составьте список местонахождений популяций вида в районе планируемых исследований.
2. Нанесите на карту локалитеты ценопопуляций.
3. Предложите маршруты для обследования ценопопуляций.
4. Рассчитайте расход бензина, необходимого для поездки по одному из маршрутов в соответствии с актуальными ценами.

Задание 3. Определение местонахождения и границ популяции вида в полевых условиях

Материалы и оборудование: GPS-навигатор, крупномасштабные карты.

1. В полевых условиях охарактеризуйте местонахождение популяции (район, привязка к географическому пункту, координаты).
2. Нанесите локалитет на крупномасштабную карту.

Контрольные вопросы

1. Каким образом можно установить местонахождение популяций объекта исследования?
2. Какие показатели характеризуют географическое положение ценопопуляции?
3. В каких ботанико-географических и административных районах обнаружены популяции объекта исследования?
4. Каким образом в настоящее время фиксируется местонахождение популяций?
5. Какие материалы и приборы необходимы для обозначения местонахождений выявленных популяций растений?
6. Каким образом полученные данные можно использовать при составлении программы исследований и в полевых условиях?

1.7. Местообитания ценопопуляций

Ключевые слова: местообитание, коренные и производные сообщества, геоботаническое описание, ассоциация, ярусы и подъярусы сообщества, формула древостоя, степень сомкнутости крон, обилие, проективное покрытие, аспект.

Местообитание – условия, в которых произрастает вид. При описании местообитания указываются особенности рельефа, почвенные условия (тип почвы, наличие обнажений, известняка, камней, щебня, песка, глины, выраженность засоления), фитоценотические условия, характер использования данного участка человеком, степень его нарушенности и т. д.

Разнообразие местообитаний характеризует экологическую пластичность организмов: обычно виды, способные существовать в различных местообитаниях, имеют и более широкий географический ареал. Характеристика местообитаний нужна для выявления лимитирующих факторов, определения фитоценотической роли и экологических особенностей изучаемого вида, оценки степени влияния хозяйственной деятельности человека, более точной ориентации на местности при поиске ранее обнаруженных и выявления новых популяций в экологически равноценных биотопах.

К каждому типу местообитания приурочена целая группа экологически равноценных растительных группировок. Одни из растительных группировок при этом считаются **первичными, природными или коренными** (девственная степь, слабо измененный выпасом луг, еловый лес и т. п.), другие **производными** (степные залежи, сбитые пастбища, послелесные луга и пр.).

Для характеристики фитоценотических условий делаются стандартные **геоботанические описания** в выбранных участках растительности (уровня ассоциации). Геоботанические описания дают возможность провести оценку экотопа по экологическим шкалам, **фитоценотической активности видов, их потенциальной и реализованной экологической валентности и толерантности** (Жукова и др., 2010).

При геоботаническом описании характеризуется видовой состав, доминанты, средняя высота, обилие-покрытие и состояние каждого яруса (видимые заболевания, повреждения, усыхание, вредители и т.п.).

Геоботанические описания в лесных сообществах проводятся на пробных площадях 200 X 200 м, в луговых и болотных – 100 X 100 м, либо «в естественных границах», если фитоценозы имеют небольшие размеры или представлены узкими полосами. **Название ассоциации** составляется путем перечисления доминантов каждого яруса, причем на последнем месте указывается название нижнего яруса доминанта. Например, ельник кисличный, ковыльно-типчачковая степь, злаково-разнотравный луг, березовый-осиновый злаково-разнотравный лес. **Характеристика ярусов** включает перечисление всех видов, оценку их **обилия**, определение **средней высоты**. Средняя высота ярусов и подъярусов древостоя и травостоя определяется глазомерно или с помощью рулетки или мерной линейки. Для древесного яруса составляется **формула древостоя**. В лесных и кустарниковых сообществах определяется **степень сомкнутости крон**, в травянистых – **проективное покрытие** (общее или отдельно по ярусам и видам). Показатели обилия и проективного покрытия могут служить приблизительной оценкой численности вида в разных популяциях (табл. 6).

Таблица 6

Соотношение баллов обилия и проективного покрытия растений по различным шкалам

Шкала О. Друде	Шкала Й. Браун-Бланке	Шкала проективного покрытия Л. Г. Раменского, %	Шкала А. А. Уранова (среднее наименьшее расстояние между счетными единицами)
Soc – растения смыкаются надземными частями	5 – покрывает более ½ поверхности	> 75 (85)	
Sop ₃ – очень обильно	4 – покрывает от ¾ до ½ поверхности	50-75 (65)	не более 20 см;
Sop ₂ – обильно	3- покрывает от ½ до ¼ поверхности	25-50 (35)	20-40 см
Sop ₁ – довольно обильно	2 – многочисленно, но покрытие меньше 1/20 поверхности	5-25 (15)	40-100 см
Sp – рассеянно	1 – часто с небольшим покрытием или редко, с большим покрытием	2-5 (3)	100-150 см
Sol – редко, мало	г – редко с небольшим покрытием	1 (1)	Более 150 см
Un – один экземпляр на участке	гг – крайне редко с небольшим покрытием	<1 (-)	

Примечание: для шкалы Раменского в скобках указаны значения проективного покрытия, используемые при переводе из шкал Друде и Браун-Бланке (Злобин, 2013).

Обязательно указывается **аспект сообщества** и его **окружение**: типы растительности, угодья, местообитания, примыкающие к описываемому фитоценозу. Необходимым является описание антропогенного воздействия: наличие дороги или других объектов, пастбищной, сенокосной, рекреационной нагрузки, мусора, кострищ. Указывается стадия выпаса, степень стравленности и т. д.

Данная информация (иногда частично) указывается на гербарных этикетках и в определителях растений.

Задание 1. Составление характеристики местообитаний объекта исследований

Материалы и оборудование: региональные определители, гербарий.

1. На основе гербарного материала и региональных определителей составьте характеристику местообитаний вида в виде таблицы с графами: рельеф, почвы, растительность, характер и степень антропогенного воздействия.

2. Проанализируйте полученные материалы, характеристику района исследований и составленную ранее карту местонахождений объекта исследований и определите, где возможны новые местонахождения вида.

Задание 2. Характеристика условий обитания популяций вида по геоботаническим описаниям

Материалы и оборудование: геоботанические описания фитоценозов, в которых встречается вид.

1. Проанализируйте геоботаническое описание;
2. Дайте название фитоценозу;
3. Определите роль изучаемого вида в фитоценозе.

4. Подготовьте (по литературным источникам) бланки геоботанических описаний для разных типов растительности.

Задание 3. Описание местообитания ценопопуляции в полевых условиях

Материалы и оборудование: бланки геоботанических описаний.

1. В полевых условиях составьте характеристику местообитания ценопопуляции (рельеф, почвы, геоботаническое описание, использование человеком).

2. Используя полученные материалы, оцените степень соответствия данного местообитания особенностям вида.

Контрольные вопросы

1. Как правильно назвать ассоциацию?
2. Какие данные в описании позволяют определить роль вида в фитоценозе?
3. Каким образом можно установить характерные для объекта исследования местообитания?
4. Для чего необходимо установление данной характеристики вида?
5. Как можно использовать эти данные при составлении программы изучения вида и в полевых условиях

1.8. Фитоценотическая активность и приуроченность вида

Ключевые слова: фитоценотическая активность (высокая, средняя, низкая, очень низкая), фитоценотическая приуроченность.

Определение **фитоценотической активности** исследуемого вида проводится на основе анализа встречаемости его популяций в разных фитоценозах по материалам гербария и имеющимся для региона публикациям.

Категории фитоценотической активности (Я.П. Дидух, 1980 – цит. по: Злобин, 2013):

Высокая – локальные популяции имеются в составе разных типов растительности;

Средняя – локальные популяции регистрируются в разных формациях одного типа растительности;

Низкая – локальные популяции встречаются в разных ассоциациях одной формации;

Очень низкая – локальные популяции зарегистрированы только в одной ассоциации.

Для охраняемых и ресурсных растений имеет значение также и то, насколько широко распространены в регионе фитоценозы, к которым приурочены их популяции.

Варианты ценотической приуроченности редких видов (Злобин и др., 2013):

1. Широко распространенные зональные фитоценозы.
2. Редкие фитоценозы.
3. Антропогенно преобразованные или искусственные фитоценозы.

Очевидно, это имеет значение при определении лимитирующих факторов, уточнения категории вида и разработки мер его охраны.

Задание 1. Определение фитоценотической активности вида

Материалы и оборудование: таблица «Характеристика местообитаний объекта исследований».

1. На основе данных из таблицы оцените фитоценоотическую активность объекта исследований.
2. Обоснуйте свой вывод.

Задание 2. Особенности ценоотической приуроченности вида

Материалы и оборудование: таблица «Характеристика местообитаний объекта исследований», геоботаническая карта (или описание растительности) региона.

1. На основе данных из таблицы оцените ценоотическую приуроченность объекта исследований.
2. Обоснуйте свой вывод.

Контрольные вопросы

1. В каких исследованиях имеет смысл определять фитоценоотическую активность вида?
2. Каким образом можно использовать данные о фитоценоотической приуроченности ресурсных растений?

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДЫ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

2.1. Оценка нарушенности фитоценозов

Ключевые слова: степень деградации, санитарное состояние, динамика численности видов.

В качестве основных критериев экологической оценки состояния **растительного покрова** принимаются следующие (Бузмаков и др., 2011) :

- учет обилия и соотношения в сообществах аборигенных и синантропных видов, определяющих степень деградации сообществ;

- жизненное состояние (жизненность) видов в локальных популяциях;

- степень синантропизации фитоценозов;

- санитарное состояние древостоя.

В качестве дополнительных критериев экологической оценки состояния растительного покрова

принимаются следующие:

- нарушенность растительного покрова;

- повреждения древостоя;

- динамика численности редких и исчезающих видов растений.

Основные критерии определения степени деградации травяной растительности включают: учет обилия и соотношения в сообществах аборигенных и синантропных видов, определяющих степень деградации сообществ, жизненное состояние (жизненность) видов в локальных популяциях, нарушенность растительного покрова.

0 – Синантропные виды полностью отсутствуют. Жизненность растений не ниже средней. Воздействия отсутствуют; растительный покров не нарушен.

1 – Видовой состав фитоценоза содержит до 10% синантропных видов, представленных единичными особями. Жизненность отдельных аборигенных видов понижена. Растительный покров не нарушен.

2 – Суммарное проективное обилие синантропных видов до 15% от общего проективного покрытия. Жизненность синантропных видов нормальная. На отдельных участках растительный покров нарушен, суммарная площадь таких участков не более 2-3%.

3 – Суммарное проективное обилие синантропных видов составляет от 15 до 75%. Жизненность большинства аборигенных видов в большей или меньшей степени понижена. На отдельных участках растительный покров нарушен, суммарная площадь таких участков достигает 10%; на крутых и покатых склонах имеются следы водной эрозии.

4 – Суммарное проективное обилие синантропных видов составляет от 75 до 95%. Жизненность всех аборигенных видов понижена. Растительный покров нарушен на площади, составляющей 10-20% контура; на пологих и крутых склонах почва местами смыта в результате водной эрозии.

5 – Проективное обилие аборигенных видов не превышает 5% от общего покрытия; синантропные виды абсолютно доминируют; растительный покров фрагментирован. Жизненность аборигенных видов низкая, они занимают защищенные от воздействий места. Растительность нарушена на площади, превышающей 20% контура; почвенный горизонт А местами смыт в результате водной эрозии.

Основные критерии определения степени деградации лесной растительности включают следующее: степень синантропизации фитоценозов; нарушенность

древостоя; преобладающее санитарное состояние древостоя хвойных пород и лиственных пород.

Степень синантропизации лесных фитоценозов:

0 – Синантропные виды полностью отсутствуют.

1 – В травяно- кустарничковом ярусе единичные особи синантропных видов кустарников.

2 – В кустарниковом ярусе единичные особи синантропных видов кустарников.

3 – Не менее половины сомкнутости крон кустарникового яруса образуют синантропные виды.

4 – Основу кустарникового яруса составляют синантропные виды.

5 – Кустарниковый ярус отсутствует, только единичные особи синантропных видов кустарников.

Нарушенность древостоя:

0 – Воздействия отсутствуют; древесный и кустарниковый

ярусы не нарушены.

1 – Древесный и кустарниковый ярусы не нарушены.

2 – Древостой частично разрежен выборочными рубками.

3 – Древостой разрежен выборочными рубками.

4 – Древостой частично нарушен; имеются сухостой, суховершинность.

5 – Древостой нарушен на всем контуре; повсеместно суховершинные деревья.

Преобладающее санитарное состояние древостоя:

- хвойных пород

0 – Хвоя зеленая блестящая, крона густая, прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий местопроизрастания и времени года.

1 – Хвоя часто светлее обычного, крона слабо ажурная, прирост уменьшен не более чем наполовину по сравнению с нормальным.

2 – Хвоя светлозеленая или сероватая матовая, крона ажурная, прирост уменьшен более чем наполовину по сравнению с нормальным.

3 – Хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая, крона заметно изрежена, прирост текущего года еще заметен или отсутствует.

4 – Хвоя текущего года серая, желтая или бурая, крона сильно изрежена, мелкие веточки сохраняются, кора сохранилась или осыпалась лишь частично.

5 – Хвоя осыпалась или сохранилась лишь частично, мелкие веточки, как правило, обломились, кора осыпалась.

- лиственных пород

0 – Листва зеленая, блестящая, крона густая, прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий местопроизрастания и времени года.

1 – Листва зеленая; крона слабоажурная, прирост может быть ослаблен по сравнению с нормальным, усохших ветвей менее 1/4.

2 – Листва мельче или светлее обычной, преждевременно опадает, крона изрежена, усохших ветвей от 1/4 до 1/2.

3 – Листва мельче, светлее или желтее обычной, преждевременно отпадает или увядает, крона изрежена, усохших ветвей от 1/2 до 3/4.

4 – Листва усохла, увяла или преждевременно опала, усохших ветвей более 3/4, мелкие веточки и кора сохранились.

5 – Листва и часть ветвей опали, кора разрушена или опала на большей части ствола.

Дополнительные критерии определения степени деградации лесной растительности

Учет обилия и соотношения в сообществах аборигенных и синантропных видов, определяющих степень деградации травяно-кустарничкового яруса

- 0 – Синантропные виды полностью отсутствуют.
- 1 – В травяно-кустарничковом ярусе не более 10% синантропных видов.
- 2 – Доля синантропных видов 10-15%.
- 3 – В травяно-кустарничковом ярусе суммарное проективное обилие синантропных видов составляет от 15 до 75%.
- 4 – Суммарное проективное обилие синантропных видов составляет от 75 до 95%.
- 5 – Проективное обилие аборигенных видов в травяно-кустарничковом ярусе не превышает 5% от общего покрытия.

Жизненное состояние (жизненность) видов в локальных популяциях

- 0 – Жизненность растений не ниже средней.
- 1 – Синантропные виды с пониженной жизненностью.
- 2 – Часть синантропных видов имеет нормальную жизненность.
- 3 – Большинство синантропных видов имеет нормальную жизненность.
- 4 – Все синантропные виды имеют нормальную жизненность.
- 5 – Жизненность аборигенных видов низкая, они занимают защищенные от воздействий места.

Задание 1. Оценка нарушенности фитоценоза в полевых условиях

Материалы и оборудование:

1. Определите тип воздействия на фитоценоз.
2. Оцените степень воздействия.

Контрольные вопросы

1. Какие виды растений относятся к синантропным?
2. Назовите несколько синантропных травянистых растений.
3. Приведите три примера синантропных кустарников.
4. Назовите синантропные виды деревьев.

2.2. Способы изучения ценопопуляций

Ключевые слова: Способы изучения ценопопуляций: маршрутный, стационарный, полустационарный, комбинированный.

При изучении популяций растений используется три основных способа, выбор которых зависит от целей исследования и возможностей исследователя.

Маршрутный способ заключается в прохождении определенных маршрутов с последующим выделением и описанием площадок и проведением на них необходимых исследований.

Этот способ позволяет охватить большую территорию, выявить местонахождения и оценить состояние популяций в широком диапазоне условий. Состояние популяций при этом оценивается на момент проведения исследований. При повторяющихся маршрутных исследованиях можно получить представление о динамике популяции. Такие исследования обычно проводятся в отношении од-

ного или небольшой группы видов (охраняемых, ресурсных и т.п.).

На маршрутах обычно делаются геоботанические описания сообщества, в состав которых входят ценопопуляции. Анализ популяции включает определение ее размера, численности, плотности, возрастного и виталитетного спектра, мощности растений одного возрастного состояния с использованием балльной шкалы и сбор небольшого количества материала по потенциальной или реальной семенной продуктивности.

Стационарный способ заключается в закладке постоянных учетных площадок, где многократно в течение ряда лет ведутся сезонные наблюдения с картированием растений, детально изучается пространственная структура, определяется семенная продуктивность, урожай семян и их динамика, а также динамика размеров, численности, плотности, возрастного спектра и виталитета популяции.

При таких исследованиях становится возможным выявление ценотической роли исследуемого вида в сообществе, его консортивных связей и зависимости от факторов среды, на основании чего появляется возможность определения причины сокращения размеров и численности популяции.

Полустационарный способ заключается в том, что наблюдения ведутся в течение одного или нескольких месяцев. При этом возможно определение размера, численности, плотности и возрастного спектра, семенной продуктивности и урожая семян, мощности растений и всходов, может проводиться изучение сезонного развития.

Комбинированный способ заключается в том, что сеть маршрутов дополняют тщательно обследуемые участки (Борисова, Маракаев, 2015).

В случае стационарных и полустационарных исследований все учеты ведутся на постоянных площадках,

маршрутные исследования предполагают проведение наблюдений на временных учетных площадках. Постоянные площадки помечают кольшками, расположенными по ее углам или только в одном углу. Каждую площадку нумеруют, номер пишут белой краской на боковой стороне определенного кольшка.

Задание 1. Анализ литературы, посвященной изучению ценопопуляций

Материалы и оборудование: статьи, посвященные изучению ценопопуляций.

1. Проанализируйте статью.
2. Определите способ изучения ценопопуляций
3. Охарактеризуйте этот способ.
4. Укажите цель, с которой автор изучал ценопопуляции.

Задание 2. Определение способа изучения популяций объекта исследований

Материалы и оборудование: карта местонахождения популяций вида.

1. На основании цели и задач исследований, а также анализа распространения популяций вида определите способ планируемых популяционных исследований.
2. Обоснуйте свой выбор.

Контрольные вопросы

1. Какой способ изучения используется при проведении экспресс-оценки большого числа популяций?
2. Какой способ нужно выбрать при изучении сезонного развития популяции?
3. Каким способом лучше воспользоваться при изучении динамики популяций?

4. Какой способ лучше использовать при изучении семенного размножения?
5. В чем состоят преимущества и недостатки маршрутных и стационарных наблюдений?
6. Какой способ изучения популяций дает наиболее надежные сведения о причинах сокращения численности популяций?
7. Каковы возможности разных способов в плане оценки динамики состояния популяций?
8. От чего зависит выбор способа обследования популяций растений?

2.3. Определение числа, размеров и способов заложения учетных площадок

Ключевые слова: учетная (пробная) площадка. Способы заложения площадок: регулярное, случайно-регулярное, трансекта. Фитогенное поле.

После выбора способа изучения определяется размер, число и способ заложения учетных площадок, на которых проводятся все наблюдения и учеты.

Размер площадки зависит от размера фитогенного поля объекта и уровня его численности.

Площадь учетных площадок должна быть не меньше трех минимальных фитогенных полей взрослых особей.

Фитогенное поле (ФП) – часть пространства, окружающего растение, измененное его жизнедеятельностью. Под влиянием деятельности растений изменяется освещенность, увлажнение, температурный и почвенный режим (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988). Для фитогенного поля характерна поясно-радиальная структура и мозаичность. Внутренняя часть фитогенного поля (**минимальное фитогенное поле**) – часть пространства, в преде-

лах которого особь осуществляет наиболее сильное взаимодействие со средой. В вертикальном направлении оно ограничивается высотой растений и длиной его корней и разделяется на надземный, приземно-подземный и подземный слои. В горизонтальном направлении минимальное фитогенное поле ограничивается диаметром надземной или подземной сфер растения, т. е. пространством, занятым основной массой корневой системы растения или диаметром кроны дерева, кустарника, истинным покрытием дерновин (Шивцова, Жукова, 2009). У травянистых растений среднего размера его радиус составляет от 3–6 см до 10–12 (25) см, у деревьев (сосны и лиственницы) – около 6 м от ствола, у некоторых плотнoderновинных злаков (ковыль, овсяница) – 80-90 см (Заугольнова, Михайлова, 1978; Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

Внешняя часть ФП ограничена пространством, где физически присутствуют живые или отмершие части растения, и зависит от дальности проникновения горизонтальных корней и опадения листьев, от длины и дальности распространения столонов (Шивцова, Жукова, 2009).

На практике размер фитогенного поля устанавливается по наибольшей проекции надземных или подземных органов растения. Его площадь рассчитывается как площадь круга или эллипса.

Второй критерий определения размера учетной площадки – среднее число растений на площадке (плотность). Плотность растений на площадке должна быть не ниже 3-4 (для охраняемых видов), а лучше 8-10 экз.

Для травянистых растений размер площадки может варьировать от 0,1 до 4,0 м², для деревьев и кустарников – от 100 м² до 0,25 га, для подростa – от 1 м² до 25 м².

Нужно помнить, что сравнимы между собой только данные, полученные на площадках одинакового размера.

Число учетных площадок. Для изучения ценопопуляции в пределах фитоценоза закладывается от 20 до 50 учетных площадок.

Заложение учетных площадок в фитоценозе может проводиться различными способами.

Регулярное заложение площадок – способ, заключающийся в заложении трансект, состоящих из примыкающих друг к другу учетных площадок. Для определения плотности и возрастного спектра достаточно через пятна с разной плотностью заложить 2-3 трансекты (из 10 площадок каждая). Этот способ используется для видов с неравномерным размещением *растений*. При этом возможно определение пространственной структуры популяции. Для изучения ценопопуляций, расположенных на склонах, трансекты закладывают поперек его.

Случайно-регулярное заложение площадок – способ, при котором площадки закладываются по сторонам и диагоналям прямоугольника, охватывающего участок ассоциации. Расстояние между площадками определяется по таблице случайных чисел. Это способ подходит для относительно обильных видов с более или менее равномерным распределением растений. При таком способе больше охват пространства.

Если площадь ценопопуляции небольшая, то учетные площадки должны располагаться ближе к центру, периферические площадки отмечаются особо.

При этом трансекты могут примыкать друг к другу длинной стороной (Изучение структуры и..., 1986).

Задание 1. Анализ литературы, посвященной изучению ценопопуляций

Материалы и оборудование: статьи, посвященные изучению ценопопуляций.

1. Проанализируйте статью.

2. Определите способ заложения учетных площадок и их число.
3. Охарактеризуйте способ, использованный автором.

Задание 2. Оценка точности определения размера учетных площадок

Материалы и оборудование: ПК, региональные определители, точки выхода в Интернет.

1. Оцените по плотности растений на учетной площадке, насколько точно были определены размеры учетных площадок в нижеследующих примерах (пример 1-3).

2. Проанализируйте информацию о размерах и жизненных формах этих видов.

3. Какие размеры учетных площадок можно рекомендовать для перечисленных видов растений, если принять во внимание их жизненную форму и размеры?

4. Определите, насколько точно можно охарактеризовать при таком способе заложения и числе учетных площадок пространственную и возрастную структуру популяций.

Пример 1. При изучении ценопопуляции алтея лекарственного были заложены трансекты из учетных площадок площадью 1 м^2 . Подсчет числа особей на каждой площадке дал следующие результаты: 1, 1, 0, 0, 1, 1, 2, 0, 0, 1, 1, 3, 3, 2, 2, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 2, 0, 1 экз.

Пример 2. При обследовании ценопопуляции кандыка сибирского были заложены трансекты из учетных площадок размером $0,25 \text{ м}^2$.

При определении численности особей на каждой учетной площадке были получены следующие результаты: 11, 5, 25, 29, 16, 16, 3, 21, 26, 40, 11, 14, 1, 3, 0, 0, 0, 3, 58, 24, 7, 17, 27, 37, 17, 26, 4, 10, 15, 20 экз.

Пример 3. При обследовании ценопопуляции прострела Турчанинова были заложены трансекты из учетных площадок размером $1,0 \text{ м}^2$.

При определении численности особей на каждой учетной площадке в были получены следующие результаты: 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 0, 0, 1, 8, 1, 2, 2, 3, 4, 4, 0, 1, 0, 2, 0, 4, 2, 0 экз.

Задание 3. Определение размеров учетных площадок по плотности и размерам

фитогенного поля растений в полевых условиях

Материалы и оборудование: мерная лента, рулетки (10 м), колышки для разметки пробных площадок, мерные квадраты (металлические или из бечевки с закрепленными на ней колышками), блокнот, карандаш.

1. Заложите три примыкающих трансекты из учетных площадок размером 1 м^2 в пределах популяции.

2. Подсчитайте число счетных единиц всех возрастов на каждой площадке.

3. Вычислите плотность счетных единиц и оцените точность определения размеров учетной площадки.

4. Определите размер минимального фитогенного поля выбранного вида по проекции наземных частей у 25 цветущих экземпляров.

5. Рассчитайте размер учетной площадки для данного вида по размерам фитогенного поля.

Задание 4. Определение способа заложения и размера учетных площадок для изучения ценопопуляций объекта исследования

Материалы и оборудование: региональные определители, гербарные экземпляры, статьи, точки выхода в Интернет.

1. На основании материалов из региональных определителей, анализа гербарных экземпляров и статей, посвященных изучению ценопопуляций объекта исследования, определите размер учетных площадок.

2. Исходя из цели и задач исследования, рекомендуйте способ заложения и число учетных площадок.

Контрольные вопросы

1. С чем связаны различия в размерах учетных площадок при изучении ценопопуляций разных видов?

2. Какие размеры учетных площадок можно рекомендовать на подготовительном этапе мониторинга?

3. На каком основании можно предложить изменение размеров учетных площадок?

4. На чем основа методика изучения фитогенного поля?

5. От чего зависит число учетных площадок?

6. Чем определяется способ заложения учетных площадок?

2.4. Сроки обследования популяций

Ключевые слова: фенологические фазы, вегетационный период, сезонное развитие.

Определение сроков обследования популяций зависит от цели и объекта исследования. Так, например, выявление структуры ценопопуляций покрытосеменных рекомендуется проводить во время цветения, а учет семенной продуктивности – во время плодоношения растений. Для полной характеристики семенного размножения необходимо обследовать ценопопуляцию во время цветения, завязывания и созревания семян. Многолетние наблюдения в одни и те же сроки за сезонным развитием позволяют

оценить варьирование сроков прохождения фенофаз, связанное с погодными условиями, зависимость структуры популяции от условий произрастания, специфику вегетации экземпляров различного биологического возраста. Если на стационарных учетных площадках наблюдения проводятся в течение всего вегетационного периода, то при маршрутных исследованиях важно знать особенности сезонного развития растений в регионе. Такие сведения позволяют оптимизировать сроки проведения экспедиций.

Для указания фенофазы используют различные обозначения, например:

Вег. 1 – вегетация (до цветения).

Вег. 2 – вегетация после цветения и плодоношения.

Бут. – бутонизация.

Цв. 1 – цветение (начало цветения).

Цв. 2 – полное цветение.

Цв. 3 – отцветание.

Пл. 1 – плодоношение (начало).

Пл. 2 – полное плодоношение.

Пл. 3 – опадение зрелых плодов.

Задание 1. Определение варьирования сроков цветения по гербарному материалу

Материалы и оборудование: гербарные экземпляры одного вида (если возможно, то объекта исследования), собранные в разные годы.

1. Проанализируйте гербарный материал одного вида, собранный в различные годы и в разных условиях.

Составьте таблицу с графами: местонахождение, местообитание, год сбора, дата.

2. Объясните причины варьирования сроков цветения, выявленного в ходе работы.

3. Определите сроки обследования ценопопуляций данного вида.

Задание 2. Определение сроков изучения ценопопуляций объекта исследования

Материалы и оборудование: региональные определители, гербарные экземпляры.

1. Проанализируйте гербарий и региональные определители и укажите сроки цветения и плодоношения объекта исследования.
2. На основании полученных данных, цели и задач исследования установите сроки обследования популяций вида.

Задание 3. Определение сроков обследования ценопопуляций охраняемых растений

Материалы и оборудование: региональные определители, региональная Красная книга, гербарные экземпляры.

1. Используя региональные определители и Красную книгу растений, определите сроки обследования ценопопуляций охраняемых видов на территории конкретного административного района.
2. Установите очередность обследования ценопопуляций, исходя из данных по срокам цветения видов.
3. Определите период наиболее интенсивных полевых наблюдений.

Задание 4. Определение фаз сезонного развития в полевых условиях

Материалы и оборудование: таблица с условными обозначениями фенофаз, блокноты, карандаши.

1. Определите и укажите в виде условных обозначений фазы сезонного развития видов, произрастающих на участке, выбранном для изучения.
2. Объясните причины, по которым виды отличаются по фазам сезонного развития.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы нужно учитывать при определении сроков популяционных исследований?
2. Какие сроки необходимо выдерживать для обследования ценопопуляций с целью выявления ее возрастного и виталитетного состава?
3. Когда проводится изучение семенной продуктивности растений?
4. Почему изучение ценопопуляций цветковых нужно проводить во время цветения.
5. Какие исследования требуют проведения неоднократных в течение сезона наблюдений в ценопопуляции?
6. Насколько точными являются сроки обследования ценопопуляций, установленные на подготовительном этапе?
7. Какой вклад может внести в понимание структуры и динамики ценопопуляций изучение сезонного развития вида в разных местообитаниях?

2.5. Периодичность обследования популяций

Ключевые слова: Мониторинг.

Мониторинг популяций, в зависимости от цели исследований, может проводиться постоянно или периодически.

Для охраняемых растений в разных регионах предлагается различная периодичность наблюдений. Так, например, периодичность мониторинга редких растения связывают с охранным статусом вида в регионе (Баландин, 2009):

- популяции видов первой категории должны обследоваться ежегодно;

- для видов второй категории ежегодно должно обследоваться 33 % популяций с полным обследованием всех популяций один раз в 3 года;
- для видов третьей категории ежегодно должно обследоваться 10 % локальных популяций, полное обследование - один раз в 10 лет.

Задание 1. Определение периодичности мониторинга охраняемых растений

Материалы и оборудование: региональная Красная книга.

1. Используя список растений Красной книги растений, определить количество видов с различным охранным статусом в конкретном административном районе.
2. Определите периодичность и последовательность их мониторинга в течение ближайших 10 лет, принимая за основу охранный статус вида при условии, что в последний раз их ценопопуляции обследовали в прошедшем вегетационном периоде.

Контрольные вопросы

1. Какая периодичность обследования ценопопуляций охраняемых растений принята в регионе?
2. Какие предложения по периодичности мониторинга можно внести в администрацию региона?

2.6. Подготовка материалов и оборудования для полевых исследований

Ключевые слова: материалы, оборудование.

Материалы и оборудование, необходимое для проведения популяционных исследований, подбирается до проведения наблюдений в полевых условиях.

Для проведения обследования популяций растений необходимы бланки геоботанических описаний, полевые блокноты, простые карандаши, гербарные прессы, газеты для сушки гербария, копалки, мерные ленты, 2 рулетки по 10 м, веревка длиной 60 м, ножницы, миллиметровая бумага, колышки с закрепленным на них шпагатом (5 колышков на учетную площадку) или металлические квадраты площадью 0,25 и 1,0 м², сеточка Раменского, GPS-навигаторы, фотокамеры, ручные лупы, региональные определители растений, скрепки.

2.7. Определение численности и плотности ценопопуляции

Определение численности и плотности ценопопуляции

Ключевые слова: популяционное поле, численность, средняя численность, плотность, средняя плотность, популяционная плотность.

Некоторое представление о численности разных ценопопуляций дает сравнительная оценка **обилия и проективного покрытия** вида. Более точные сведения получают при сплошном пересчете или подсчете растений на учетных площадках.

Для определения уровня численности ценопопуляции и его варьирования в пространстве достаточно заложить 20–30 площадок.

Численность ценопопуляции – это общее число растений (счетных единиц) вида всех возрастных состояний в пределах территории, занятой ценопопуляцией, т. е. популяционного поля. В маленьких популяциях определение численности ведется путем сплошного пересчета счетных

единиц. В больших популяциях численность определяют методом учетных площадок. Для этого на каждой из площадок подсчитывается число счетных единиц, высчитывается среднее значение, которое умножается на площадь, занятую популяцией. В этом случае показателем называется **средняя численность**.

Для охраняемых растений рекомендована **глазомерная оценка численности** в баллах:

1 – 1–10 экз.

2 – 10–50 экз.

3 – 50–100 экз.

4 – 100–500 экз.

5 – до 1000 экз. (Программа и методика, 1986).

Плотность популяции (популяционная плотность) – число растений или счетных единиц (при интенсивном разрастании и вегетативном размножении, когда трудно определить границы особи) на единицу площади (Программа и методика ..., 1986), обычно на 1 м². Данный показатель зависит от вида растений, числа диаспор, их сохраняемости, наличия условий для прорастания, выживаемости растений, т.е. от комплекса абиотических и биотических факторов. При сплошном пересчете растений в небольших популяциях плотность вычисляется путем деления значения численности на площадь популяционного поля. В больших популяциях вычисляется **средняя популяционная плотность** путем деления числа счетных единиц на пробных площадках на их число и обозначается как средняя арифметическая величина показателя ± ошибка средней ($M \pm m$).

Напоминаем, что средняя арифметическая величина показателя вычисляется по формуле:

$$M = \sum x / N, \text{ где}$$

M – средняя арифметическая величина показателя;

$\sum x$ – сумма значений показателя;

x – значения показателя;

N – объем выборки (число случаев).

Стандартная ошибка средней арифметической (ошибка средней) при выборке меньше 30 вычисляется по формуле:

$$M_M = \sigma / \sqrt{(N-1)}, \text{ где}$$

σ – среднее квадратическое отклонение;

N – объем выборки.

Среднее квадратическое (стандартное) отклонение при выборке меньше 30 вычисляется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum (x-M)^2 / (N-1)}, \text{ где}$$

$\sum (x-M)^2$ – сумма квадратов отклонений между каждым значением показателя и его средней арифметической величиной (сумма квадратов отклонений);

N – объем выборки (Зайцев, 1984).

Задание 1. Балльная оценка численности ценопопуляций

При обследовании ценопопуляций кандыка сибирского, расположенных на пойменном лугу (ЦП1) и в березово-осиновом лесу (ЦП2) были получены следующие данные:

Численность ЦП 1 была оценена в 4 балла, а ЦП 2 – 5 баллов. Плотность ЦП 1 составила 4,0–6,0 шт. /м², а ЦП 2 – 50–60 шт. /м².

1. Объясните, что означают эти характеристики ценопопуляций.

2. Сделайте вывод о том, с чем могут быть связаны отличия в значении характеристик ценопопуляций.

Задание 2. Сопоставление численности популяций по геоботаническим описаниям

Материалы и оборудование: геоботанические описания.

1. Проанализируйте геоботанические описания и выпишите значения показателей обилия и проективного покрытия одного и того же вида.

2. Занесите данные в таблицу с графами: год, фитоценоз, обилие, проективное покрытие.

3. Сделайте вывод о том, в каких условиях численность популяции вида была выше и ниже всего.

Задание 3. Определение влияния условий местообитания на показатели ценопопуляций кандыка сибирского

Материалы и оборудование: ПК.

В табл. 7 приведены показатели, характеризующие различные ценопопуляции кандыка сибирского.

1. Проанализируйте таблицу.

Таблица 7

Показатели развития различных ценопопуляций кандыка сибирского (Куприянов А.Н., Куприянов О.А., 2012)

Номер ценопопуляции	Число особей, шт/м ² (M±m)	Число повторностей (n)
1	38,6±7,7	15
2	15,5±3,7	15
3	7,7±1,4	10
4	5,5±1,0	15
5	8,8±1,3	15

Примечание: M – среднее арифметическое; m – ошибка средней арифметической.

2. Сформулируйте ответы на вопросы:
 1. Что послужило исследователю в качестве счетной единицы и почему?
 2. Какой показатель обозначен как «Число особей, шт/м²»?
 3. Каким образом можно дополнить название таблицы?
 4. Можно ли по данным, представленным в таблице, вычислить численность ценопопуляций?
 5. Как можно охарактеризовать условия местообитаний кандыка сибирского, судя по данным табл. 7?

Задание 4. Определение влияния условий местообитания на показатели ценопопуляций (ЦП) очитка едкого
Материалы и оборудование: ПК.

В различных подзонах таежной зоны Европейского Северо-Востока России изучали ценопопуляции очитка едкого. 1. Используя данные табл. 8, определите плотность данных ценопопуляций.

Таблица 8

Характеристика ценопопуляций очитка едкого в таежной зоне Европейского Северо-Востока России (Бабак, 2010)

Показатели	Подзона южной тайги	Подзона средней тайги
Число особей, шт./ЦП	835,5 ± 26,0	278,5 ± 9,6
Площадь ЦП, м ²	10,1 ± 1,6	10,1 ± 0,07
Плотность ЦП, шт./м ²		

2. Сформулируйте ответы на вопросы:
 1. Что послужило исследователю в качестве счетной единицы и почему?
 2. Каким термином можно заменить показатель «Число особей, шт./ЦП»?

3. Почему в таблице приведены не только средние значения, но и ошибки средней для показателя «Число особей, шт./ЦП»?

4. В каких условиях ценопопуляции очитка едкого отличаются более высокими значениями плотности и численности?

**Задание 5. Определение плотности размещения
счетных единиц в ценопопуляции терескена ленского**
Материалы и оборудование: ПК.

За ценопопуляцией терескена ленского велись наблюдения в течение 2-х лет (табл.9).

1. Дополните таблицу, вычислите среднюю плотность ценопопуляции.

Таблица 9

Численность возрастных групп в ценопопуляции терескена
ленского (число особей на 10 м²)
(Иванова, Говорина, 1985)

Возрастные группы	Год	Номер пробной площадки		
		1	2	3
ювенильные	1972	0	0	0
	1973	0	0	0
имматурные	1972	0	0	0
	1973	0	0	0
виргинильные	1972	9	8	4
	1973	8	7	4
генеративные	1972	12	10	5
	1973	18	12	8
сенильные	1972	5	5	7
	1973	4	4	9
Всего	1972			
	1973			
Средняя плотность, шт./1 м ²	1972			
	1973			

2. Сформулируйте ответы на вопросы:

1. Что послужило исследователю в качестве счетной единицы?
2. Почему показатель назван «средняя плотность»?
3. Можно ли по данным, представленным в таблице, вычислить численность ценопопуляции?
4. Как влияют погодные условия на плотность ценопопуляций терескена ленского?

Задание 6. Определение показателей ценопопуляции солодки уральской

Материалы и оборудование: ПК.

В ценопопуляции солодки уральской площадью 199,3 м² было заложено 15 учетных площадок (площадью 1 м²). На них посчитали число побегов: 0, 2, 14, 4, 11, 9, 4, 10, 10, 11, 11, 7, 5, 5, 5, 6, 0, 4, 0, 2, 3, 1, 5, 9, 12, 0.

1. Определите показатели ценопопуляции солодки.
2. Сформулируйте ответы на вопросы:
 1. Что послужило исследователю в качестве счетной единицы и почему?
 2. Какие показатели можно определить для данной ценопопуляции?

Задание 7. Определение плотности различных ценопопуляций кандыка сибирского

Материалы и оборудование: ПК.

В березовом лесу и на пойменном лугу были обнаружены популяции кандыка сибирского. В каждом фитоценозе было заложено по 25 учетных площадок (площадью 1 м²) и на них подсчитаны особи всех возрастных состояний.

Число особей на учетных площадках в березовом лесу: 44, 20, 108, 116, 64, 64, 12, 84, 160, 44, 56, 4, 12, 0, 0, 0, 12, 236, 96, 28, 68, 108, 156, 68, 104.

Число особей на учетных площадках на пойменном лугу: 4, 0, 0, 0, 0, 4, 4, 4, 4, 4, 8, 4, 0, 0, 4, 32, 4, 8, 0, 8, 12, 16, 16, 8, 4.

1. Определите плотность ценопопуляций.
2. Сформулируйте ответы на вопросы:
 1. Что послужило исследователю в качестве счетной единицы и почему?
 2. Какие показатели можно определить, имея эти данные?
 3. Как влияют эколого-ценотические условия на плотность ценопопуляций кандыка сибирского?

Задание 8. Определение плотности ценопопуляций различных видов

Материалы и оборудование: ПК.

В ценопопуляциях закладывали по 25 учетных площадок площадью 1 м² (Примеры 1-3). На этих площадках учитывали все счетные единицы.

Пример 1. Ценопопуляция гнездоцветки клубочковой.

Число особей на учетных площадках: 36, 14, 10, 0, 0, 13, 10, 1, 3, 7, 6, 0, 9, 0, 5, 1, 0, 14, 2, 5, 3, 1, 10, 13, 0.

Пример 2. Ценопопуляция башмачка капельного

Число побегов на учетных площадках: 0, 9, 0, 10, 10, 2, 1, 3, 6, 9, 6, 2, 18, 7, 2, 11, 9, 21, 14, 2, 5, 9, 19, 13, 34.

Пример 3. Ценопопуляция прострела раскрытого

Число особей на учетных площадках: 1, 1, 4, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 4, 0, 2, 2, 0, 0, 0, 0, 2, 0, 2, 3, 1, 1, 2.

1. Определите плотность ценопопуляций.
2. Сформулируйте ответы на вопросы:

1. Почему исследователи использовали различные счетные единицы?

2. Какой показатель вычислен: «плотность» или «средняя плотность»?

3.

Задание 9. Определение численности и плотности ценопопуляции в полевых или моделируемых условиях

В полевых условиях (в парке, в ботаническом саду и т. д.) рекомендуется выбрать ценопопуляцию вида с моноцентрической жизненной формой и известными признаками возрастных состояний.

В лабораторных условиях на площадке размером 1,0 x 2 м размещаются разноцветные пластилиновые шарики, имитирующие особи различных возрастных состояний гипотетического вида растения. Определите масштаб модели, как 1 : 10.

1. Определите направление и число трансект.

2. Проведите разбивку трансекты на учетные площадки.

3. Подсчитайте на площадках число особей всех возрастных состояний.

4. Определите численность и плотность ценопопуляции.

Контрольные вопросы

1. В чем отличия между понятиями «численность популяции», «плотность популяции»?

2. В каких популяциях определяется средняя численность и средняя плотность?

3. Сколько учетных площадок в пределах ценопопуляции нужно заложить для определения ее численности и плотности?

4. Каким образом определяется численность популяции?
5. Как определяется плотность популяции?
6. Для каких видов невозможно, а для каких, наоборот, желательно определение фитомассы?

2.8. Возрастная структура ценопопуляций

Ключевые слова: возрастная (онтогенетическая) структура, возрастной спектр, возрастной состав. Ценопопуляции: нормальные, регрессивные, инвазионные. Индекс возрастности, коэффициент вариации возрастности; классификация дельта-омега.

Возрастная (онтогенетическая) структура популяции (возрастной спектр, онтогенетический спектр возрастных состояний) – это соотношение в ней возрастных групп в абсолютных числах или в процентах (Ценопопуляции растений: Основные..., 1976). Онтогенетические спектры отражают биологические свойства вида, динамические состояния популяции, фитоэкологическую обстановку (Заугольнова, 1994а).

У однолетних растений возрастная структура закономерно изменяется в течение вегетационного сезона: сначала в популяциях преобладают всходы, затем молодые нецветущие, позже – цветущие и плодоносящие растения. У многолетних растений изменения возрастной структуры носят более сложный характер, связанный с особенностями их возобновления, темпов и синхронности развития, сроками массового отмирания особей семенного и вегетативного размножения, наложением волн возобновления.

Для определения возрастной структуры в популяции (при сплошном пересчете) или на каждой учетной площад-

ке подсчитываются все особи (счетные единицы) разных когорт, записи ведутся с помощью общепринятых условных обозначений (табл. 10, 11).

Определение возрастных групп в полевых условиях может потребовать изучения подземной сферы, однако для охраняемых растений необходимо использовать морфологические признаки надземных органов. В исключительных случаях можно проводить мелкую раскопку на 2-3 см с последующим заравниванием поверхности (Программа и методика..., 1986).

Численность зафиксированных экземпляров (счетных единиц) при работе на пробных площадках должна быть не менее 100 штук (Борисова, Маракаев, 2015).

При обработке результатов определяется абсолютная (при сплошном пересчете) или средняя численность возрастных групп и их доля в процентах. Возрастной спектр может быть представлен в виде таблицы, гистограммы или графика.

Задание 1. Построение возрастных спектров

Материалы и оборудование: карандаши, линейки, ПК.

1. Составьте онтогенетические спектры ценопопуляций (в виде таблиц и графиков) на бумажных носителях и/или в программе Excel по данным, представленным в Примерах 1–7.
2. Сравните возрастные спектры ценопопуляций одного вида в разных условиях, выявите их сходство и различия.
3. Сравните возрастные спектры ценопопуляций разных видов, выявите их сходство и различия.
4. Попробуйте объяснить полученные результаты.

Пример 1

Таблица 10

Возрастной состав ценопопуляции кандыка сибирского
(1996-97 гг.)

Возрастное состояние	Число особей шт./м ²	
	1996	1997
p	0	0
J	0,53	1,22
im	1,06	2,71
v	0,73	0,93
g	2,73	1,60

Пример 2

Таблица 11

Возрастной состав различных ценопопуляций кандыка сибирского (Куприянов А.Н., Куприянов О.А., 2012)

Возрастное состояние	Число особей шт./м ²				
	1	2	3	4	5
P	1,2	0,4	0,0	0,4	0,0
J	2,3	0,1	0,0	0,7	0,0
im	7,2	3,8	0,2	0,3	0,8
v	8,9	2,1	0,1	0,4	0,7
g ₁	12,3	5,2	4,8	1,8	4,1
g ₂	5,7	3,9	1,9	1,9	3,1
g ₃	1,0	0,0	0,7	0,0	0,1
Всего					
Возраст-ность					

Примечание: 1–5 – номера ценопопуляций в различных местообитаниях.

Пример 3

Таблица 12

Возрастной состав различных ценопопуляций овсяницы валисской (Манджикова О. В., 2012)

Возрастное состояние	Количество особей, %/м ²		
	1	2	3
J	17,5	8,8	13,4
v	16,0	17,7	16,4
g ₁	28,2	39,1	17,9
g ₂	25,2	14,6	22,1
g ₃	13,0	6,9	18,0
s	0	2,9	12,2

Примечание: 1–3 – номера ценопопуляций в различных местообитаниях.

Пример 4

Таблица 13

Численность возрастных групп в ценопопуляции терескена ленского, число особей на 10 м²
(Иванова В.П., Говорина Т.П., 1985)

Возрастные группы	Год	Номер пробной площадки		
		1	2	3
j	1972	0	0	0
	1973	0	0	0
im	1972	0	0	0
	1973	0	0	0
v	1972	9	8	4
	1973	8	7	4
g	1972	12	10	5
	1973	18	12	8
s	1972	5	5	7
	1973	4	4	9

Пример 5

Таблица 14

Число особей (шт./м²) гнездоцветки клубучковой
на учетных площадках (сосновый лес)

Номер площад-ки	Ювениль-ные	Имматур-ные	Виргинильные	Генера-тивные
1	1	0	5	7
2	0	0	9	5
3	0	0	6	4
4	0	1	7	6
5	0	0	2	7
6	0	0	1	0
7	0	2	1	2
8	1	0	2	2
9	0	1	3	2
10	0	0	0	1
11	2	3	2	2
12	0	0	0	0
13	0	0	3	2
14	0	0	1	0
15	0	0	0	2
16	1	4	6	3
17	0	1	0	1
18	0	2	1	2
19	0	0	2	1
20	0	1	0	0
21	1	0	7	2
22	2	1	3	7
23	0	1	2	0
24	1	0	5	1
25	0	2	0	1

Пример 6

Таблица 15

Число особей кандыка сибирского на учетных площадках
(березовый лес)

Номер площадки	Ювенильные	Имматурные	Виргинильные	Генеративные
1	4	12	4	4
2	24	12	4	4
3	8	4	16	8
4	4	28	4	40
5	8	20	8	20
6	4	20	4	8
7	12	40	4	4
8	16	4	12	0
9	12	24	8	16
10	0	56	4	12
11	4	24	8	12
12	8	20	4	0
13	8	0	0	4
14	0	4	4	4
15	4	0	8	12
16	16	60	4	24
17	0	24	8	4
18	4	16	12	20
19	4	24	8	12
20	38	36	20	8
21	11	48	4	40
22	0	0	12	0
23	12	48	4	4
24	52	24	0	4
25	76	12	4	0

Пример 7

Таблица 16

Число особей кандыка сибирского на учетных площадках
(пойменный луг)

Номер площадки	Ювенильные	Имматурные	Виргинильные	Генеративные
1	0	1	1	3
2	2	0	0	0
3	0	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	0	2
6	0	0	0	1
7	0	1	0	0
8	0	0	1	0
9	0	0	1	0
10	0	1	0	0
11	0	0	1	0
12	1	0	1	1
13	1	0	4	0
14	3	3	6	0
15	2	4	1	1
16	0	3	4	5
17	3	5	6	3
18	3	2	8	5
19	6	6	8	7
20	2	2	0	4
21	0	0	2	1
22	0	0	0	0
23	3	4	11	8
24	0	12	3	0
25	0	4	0	0

Задание 2. Составление возрастного спектра по онтогенетическому гербарию

Материалы и оборудование: онтогенетический гербарий, калькулятор или ПК.

1. Используя онтогенетический гербарий, определите возрастные состояния экземпляров растения, собранного в одном местообитании.
2. Подсчитайте число особей разных возрастных состояний.
3. Составьте возрастной спектр данной ценопопуляции и представьте его в виде диаграммы.

Задание 3. Определение возрастной структуры ценопопуляции в полевых или лабораторных условиях

Материалы и оборудование: рулетки, мерные квадраты, блокноты, карандаши, калькуляторы.

В полевых условиях рекомендуется выбрать ценопопуляцию вида с моноцентрической жизненной формой и известными признаками возрастных состояний.

В лабораторных условиях на площадке размером 1,0 х 2 м (в масштабе 1:10) размещаются разноцветные пластилиновые шарики, имитирующие особи различных возрастных состояний гипотетического вида растения.

1. Определите направление и число трансект.
2. Проведите разбивку трансекты на учетные площадки.
3. Подсчитайте на площадках число особей разных возрастных состояний
4. Рассчитайте возрастной спектр ценопопуляции.

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПО ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ

3.1. Классификация ценопопуляций по возрастной структуре

Ключевые слова: ценопопуляции: нормальные, регрессивные, инвазионные, полночленные, неполночленные.

Систематизация большого количества фактического материала позволила исследователям предложить классификации популяций по возрастной структуре.

Классификация ценопопуляций по представленности в ней возрастных групп

1. Полночленная популяция включает все возрастные группы.

2. Неполночленная популяция характеризуется отсутствием особей каких-либо возрастных состояний.

Неполночленность ценопопуляции зависит от биологических особенностей вида (например, у монокарпиков отсутствуют постгенеративные состояния), может быть временной, обусловленной перерывом в плодоношении или влиянием экологических факторов (Ценопопуляции растений: Основные ..., 1976).

Классификация ценопопуляций по этапам развития

Классификация ценопопуляций Т.А. Работнова (1950) отражает крупные этапы ее развития: возникновение, полное развитие и угасание. Однонаправленное раз-

витие ценопопуляции от инвазионной до регрессивной представляет собой осуществление **большой волны развития**. **Малая волна (волна возобновления)** – развитие поколения зачатков в результате однократной инспермации, от момента их внедрения до полной гибели (Ценопопуляции растений: Основные ..., 1976; Жукова, Полянская, 2013). Наложение малых волн обеспечивает большие популяционные волны. Разные этапы развития популяций характеризуются определенным соотношением возрастных групп, способностью к самоподдержанию и устойчивостью к факторам среды. Ценопопуляции, испытывающие однонаправленные изменения, относят к **сукцессивным** (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

1. Инвазионная популяция состоит из семян и особей прегенеративного периода. Существование такой популяции возможно лишь при постоянном заносе зачатков извне, т. к. она не способна к самоподдержанию.

Инвазионные ценопопуляции, в которых присутствуют все возрастные группы прегенеративного периода, относятся к полночленным. Отсутствие плодоносящих особей в популяции может быть связано не только с небольшим периодом времени, прошедшим со времени внедрения растений в сообщество, но и с крайне неблагоприятными условиями для их развития. Инвазионные популяции характеризуются низкой устойчивостью.

2. Нормальная ценопопуляция отличается сбалансированностью долей особей различных онтогенетических состояний, в ней преобладают генеративные особи. Такая популяция способна к самоподдержанию семенным и/или вегетативным путем.

Нормальные ценопопуляции разделяются на три подтипа:

Нормальные молодые ценопопуляции характеризуются преобладанием подроста (прегенеративные возрастные состояния) над состарившейся частью популяции (особи постгенеративного периода), а среди генеративных – молодых.

Средневозрастные нормальные отличаются от молодых популяций преобладанием средневозрастных генеративных элементов.

Старые нормальные ценопопуляции – ценопопуляции, в которых доля состарившихся особей больше подроста, а среди генеративных преобладают старые.

Стареющие нормальные ценопопуляции отличаются максимумом на субсенильных растениях (Жукова, Полянская, 2013).

Нормальные популяции могут быть как полночленными, так и неполночленными. Отсутствие отдельных онтогенетических групп в спектре нормальных популяций не обязательно свидетельствует о неустойчивом положении вида в фитоценозе и может быть связано, например, с периодичностью плодоношения.

Доля генеративных особей в оптимальных условиях наиболее высокая, а в неблагоприятных – низкая. Нормальные ценопопуляции, в которых наблюдаются обратимые изменения численности и возрастного состава, относительно постоянное положение максимума, т. е. достигшие равновесного состояния, называются **дефинитивными**. Ценопопуляции разных видов могут развиваться до дефинитивного состояния при разном сочетании возрастных групп. Средние показатели участия возрастных групп в онтогенетическом спектре нормальных дефини-

тивных ценопопуляций отражают биологические свойства вида, а их изменения в пределах зоны варьирования связаны с реакцией вида на экологическую и ценотическую обстановку (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

3. Регрессивная (сокращающаяся) ценопопуляция включает особи постгенеративного периода. Если и присутствуют старовозрастные генеративные экземпляры, то они цветут, но не плодоносят, а если плодоносят, то жизнеспособные семена не формируются.

Семенное возобновление в таких популяциях практически прекращается из-за прогрессирующего старения и отмирания особей, либо из-за того, что условия в сообществе препятствуют развитию проростков. Популяции не способны к самоподдержанию также и вегетативным путем, поэтому зависимы от заноса семян или вегетативных зачатков извне, отличаются низкой устойчивостью.

Регрессивные ценопопуляции имеющие в составе ss, s, sc особи, считают полночленными (Жукова, Полянская, 2013). Для видов растений, имеющих в почве банк семян или вегетативных зачатков (корневищ, клубней, луковиц), характерно образование **ложноинвазионных** популяций. При этом растения находятся в состоянии покоя и отсутствуют в травостое, а при определенных условиях происходит массовый переход растений к наземному существованию.

Задание 1. Определение типа ценопопуляций по возрастным спектрам

Материалы и оборудование: возрастные спектры ценопопуляций.

1. Проанализируйте возрастные спектры, составленные при выполнении предыдущих заданий, и опреде-

лите тип ценопопуляций по представленности возрастных групп и этапам развития.

2. Определите, насколько влияют условия местобитания на тип ценопопуляции одного вида.

3.2. Классификация ценопопуляций дельта-омега

Ключевые слова: классификация дельта-омега, коэффициенты возрастности, индекс эффективности.

Классификация нормальных популяций «дельта-омега» Л. А. Животовского (2001) основана на совместном использовании коэффициента возрастности Δ и индекса эффективности ω .

1. молодые популяции: $\Delta < 0,35$, $\omega < 0,50$;
2. переходные популяции: $\Delta 0,35-0,54$, $\omega < 0,70$;
3. зреющие популяции: $\Delta < 0,35$, $\omega > 0,60$;
4. зрелые популяции: $\Delta 0,35-0,54$, $\omega > 0,70$;
5. стареющие популяции: $\Delta > 0,55$, $\omega > 0,60$;
6. старые популяции: $\Delta > 0,55$, $\omega < 0,60$.

Коэффициент возрастности популяции (Δ) Уранова (1975) рассчитывается по формуле:

$$\Delta = \frac{\sum k_1 \times m_1}{M}, \text{ где}$$

k_1 – коэффициент (цена) возрастности конкретной возрастной группы (табл.);

m_1 – численность (плотность) конкретной возрастной группы;

M – численность (плотность) популяции.

Таблица 17

Коэффициенты возрастности и индексы эффективности
онтогенетических состояний растений

Онтогенетическое состояние	Коэффициент возрастности А.А. Уранова	Индекс эффективности Л. А. Животовского
Семена	0,0025	0,0099
Проростки	0,0067	0,0266
Ювенильные	0,0180	0,0707
Имматурные	0,0474	0,1807
Виргинильные	0,1192	0,4200
Скрытогенеративные	0,1850	-
Молодые генеративные	0,2689	0,7864
Зрелые генеративные	0,5000	1,0000
Старые генеративные	0,7311	0,7864
Субсенильные	0,8808	0,4200
Сенильные	0,9526	0,1807
Отмирающие	0,9819	0,0266

Индекс возрастности оценивает онтогенетический уровень ЦП в каждый момент времени и дает представление о вкладе каждой онтогенетической группы в общую возрастность ЦП. Значение индекса возрастности изменяется от 0 до 1. Чем выше его значение, тем больше в ней старых растений и старше популяция (Уранов, 1975).

Индекс эффективности (ω) Л. А. Животовского (2001):

$$\omega = \sum n_i \omega_i / \sum n_i, \text{ где}$$

n_i – численность конкретной возрастной группы в популяции;

ω_i – коэффициент эффективности конкретной возрастной группы (табл. 7).

Сопоставление коэффициентов возрастности и индексов эффективности позволяет определить подтип нормальной популяции по классификации «дельта-омега».

Задание 1. Определение типа ценопопуляции по классификации дельта-омега

Материалы и оборудование: ПК.

1. Проанализируйте материалы, представленные в предыдущих заданиях, выделите нормальные ценопопуляции и определите их тип по классификации дельта-омега.
2. Определите, насколько влияют условия местообитания на тип ценопопуляции одного вида.

3.3. Возрастные спектры

Ключевые слова: возрастной спектр: характерный, базовый, левосторонний, правосторонний, центрированный, бимодальный.

Для дефинитивных нормальных ценопопуляций возможно выделение **характерного (ХОС)** и **базового (БОС)** онтогенетических спектров. Первый – теоретический, зависит от биологических свойств вида и отражает фитоценоотические потенции вида, реализуется в условиях, близких к оптимальным для популяции. Второй является эмпирическим, модальным, отражает реакцию вида на среду обитания, его фитоценоотические позиции в пределах ареала и реакцию на меняющиеся условия среды обитания (Заугольнова, 1994; Черемушкина, 2008).

ХОС устанавливается экспертным путем на основе большого числа наблюдений за биологическими свойствами вида и его онтогенезом. Его структура (положение и соотношение подъемов и спадов) определяется биологическими свойствами вида: продолжительностью онтогенеза и возрастных состояний, темпами развития, способами самоподдержания, почвенным запасом зачатков и др.

Наиболее часто встречающийся в природе, реализующийся у данного вида в широком диапазоне условий, онтогенетический спектр называется «**базовый**», «**обобщенный**» или «**модальный**» (Заугольнова, 1994; Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988; Черемушкина, 2008; Злобин, 2013).

Понятие базового спектра не применимо для видов-эксплерентов (Никулин и др., 2003), т.к. их ценопопуляции находятся в сукцессивном состоянии. Базовые спектры можно рассматривать в качестве характеристики равновесного состояния ценопопуляции, к которому она стремится после изменений, вызванных внешними воздействиями. Вариации в соотношении возрастных когорт связаны с пластичностью вида при воздействии условий среды (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988). Отклонение возрастного спектра конкретной ценопопуляции от базового может служить показателем влияния условий среды.

Классификация характерных и базовых спектров основана на определении положения абсолютного максимума Л.Б. Заугольновой (1994 а, б).

Для **левостороннего** спектра характерно преобладание прегенеративной фракции или одной из ее групп. Абсолютный максимум приходится на одну из групп молодых растений: от ювенильных до молодых генеративных. Такие спектры отличаются динамичностью соотношения возрастных групп, возможно возникновение локальных максимумов. Левосторонний спектр отмечается в популяциях

с интенсивным возобновлением и большим отпадом особей прегенеративного периода. Угрозу для их существования может представлять сокращение числа генеративных растений. Они характерны также для видов, которые начинают внедряться в фитоценоз.

Левосторонние спектры характерны для деревьев, моно-олигокарпических стержнекорневых трав, луковичных, клебнелуковичных, клубневых геофитов, размножающихся семенным путем или глубокоомоложенными вегетативными зачатками.

В правосторонних спектрах абсолютный максимум приходится на старые генеративные или сенильные особи. Судьбу популяций с правосторонним спектром определяет интенсивность возобновления. Как правило, для этих видов характерна большая продолжительность жизни старых генеративных и сенильных особей, ослабление семенного возобновления и вегетативное размножение неомоложенными партикулами. Такие спектры обнаруживаются и у популяций, выпадающих из фитоценоза.

Абсолютный максимум **одновершинно симметричного (центрированного) спектра** приходится на средневозрастные генеративные элементы популяции, отличающиеся большой продолжительностью жизни и наименьшей элиминацией. Такие спектры достаточно устойчивы по отношению взрослых особей и положению абсолютного максимума. Локальные максимум могут появляться на прегенеративных состояниях вследствие вегетативного размножения глубокоомоложенными зачатками. Центрированные спектры свойственны популяциям с устойчивым статусом в сообществе. Такие спектры характерны для видов со слабо выраженным периодом старения, семенным или смешанным размножением, вегетативным размножением без глубокого омоложения. Отмечается у длинно-

короткорневищных трав, дерновинных злаков, стержнекорневых трав и кустарников.

Бимодальный спектр характеризуется максимумами на молодой и старой части популяции. Виды с таким спектром характеризуются значительными адаптационными способностями, значительной продолжительностью жизни, хорошо выраженным периодом старения, активным семенным размножением и вегетативным размножением без омоложения. Бимодальный спектр отмечен у плотных и рыхлодерновинных злаков, стержнекорневых и короткорневищных трав и полукустарничков (Программа и методика наблюдений..., 1986; Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988; Заугольнова, 1994).

Многовершинность и неполночленность возрастных спектров могут быть связаны с различным сочетанием больших и малых волн развития популяций (Воронов, 1973). При этом спектры одного вида в разных эколого-ценотических условиях обитания могут изменяться. Кроме того, на их вариацию оказывает влияние и антропогенная нагрузка, приводящая к переходу ценопопуляций в неустойчивые сукцессивные состояния и в инвазионные и регрессивные классы (Уранов, Смирнова, 1969; Злобин, 1989; Заугольнова, 1994а,б).

Задание 1. Определение типа возрастного спектра.

Материалы и оборудование: возрастные спектры, составленные при выполнении предыдущих заданий.

Среди проанализированных ранее ценопопуляций выделите нормальные и определите тип возрастных спектров.

3.4. Классификация ценопопуляций по перспективности развития

Ключевые слова: индекс замещения.

Классификация популяций по перспективности развития разработана на основе соотношения подростка (элементов прегенеративной фракции) и взрослой части (сумма особей генеративного и постгенеративного периодов), т.е. по значению индекса замещения - J_z (Жукова, 1995; Жукова, Полянская, 2013).

1. Временно угасающие ценопопуляции. Неполночленные популяции, в составе которой нет прегенеративной фракции ($J_z = 0$).

2. Неустойчивые ценопопуляции. Популяции, в которых подростка слишком мало, чтобы заместить взрослую фракцию ($J_z < 1$).

3. Относительно перспективные ценопопуляции. Популяции, в которых фракция подростка преобладает над взрослой ($J_z > 1$).

Эта классификация предложена для прогнозирования существования ценопопуляций в условиях увеличения антропогенных нагрузок, при внедрении их в незанятые ими фитоценозы (Жукова, Полянская, 2013).

Индекс замещения (Жукова, 1995):

$$J_z = \Sigma j \rightarrow v / \Sigma g_{1 \rightarrow sc}, \text{ где}$$

J_z – индекс замещения;

$\Sigma j \rightarrow v$ – сумма особей всех возрастных состояний прегенеративного периода;

$\Sigma g_{1 \rightarrow sc}$ – сумма всех особей генеративного и постгенеративного периодов.

Индекс отражает отношение подростка к взрослой части популяции и показывает, какую ее долю подрост может заместить (Жукова, 1995).

Для видов, у которых встречается только зрелая и старческая партикуляция без омоложения, формула индекса замещения не изменяется.

Для видов, у которых от генеративных, постгенеративных и даже виргинильных растений отделяются значительно омоложенные раметы, формула приобретает другой вид:

$$I_z = \Sigma j \rightarrow v / \Sigma v \rightarrow sc, \text{ где}$$

I_z – индекс замещения;

$\Sigma j \rightarrow v$ – сумма особей всех возрастных состояний прегенеративного периода;

$\Sigma v \rightarrow sc$ – сумма всех особей генеративного и постгенеративного периодов и виргинильных.

Эта формула позволяет рассчитать, сколько жизнеспособных рамет производит одна взрослая особь данной популяции.

Высокие значения индекса замещения свидетельствуют о способности популяций к самовозобновлению.

Задание 1. Определение перспективности ценопопуляции

Материалы и оборудование: материалы предыдущих заданий, калькулятор или ПК.

1. Вычислите индексы замещения для проанализированных ранее ценопопуляций.
2. Определите перспективность этих ценопопуляций.
3. Сопоставьте перспективность разных ценопопуляций одного вида.

3.5. Сравнение онтогенетических спектров

Ключевые слова: коэффициенты сходства и идентичности.

При сравнении онтогенетических спектров ценопопуляций между собой рассчитываются **коэффициенты сходства (r) и идентичности (I)** популяций (Животовский, 1979 – цит. по: Злобин, 2009).

$$r = \sqrt{p_1q_1} + \sqrt{p_2q_2} + \dots + \sqrt{p_iq_i},$$
$$I = [(8 \times N_1 \times N_2) / (N_1 + N_2)] \times (1 - r), \text{ где}$$

N_1 и N_2 – объемы первой и второй выборок;

p_1 – частоты встречаемости возрастной группы в первой выборке;

q_1 – частоты встречаемости возрастной группы во второй выборке;

8 – число этапов, на которые подразделен онтогенез.

При $r = 1$ онтогенетические спектры совпадают, при $r = 0$ полностью различны. Достоверность промежуточных значений находят по критерию идентичности по таблицам распределения χ^2 . Если значения I превышают табличное значение, то онтогенетические спектры статистически достоверно различимы при принятом уровне значимости.

Задание 1. Сравнение онтогенетических ценопопуляций

Материалы и оборудование: материалы по возрастной структуре ценопопуляций кандыка сибирского в березовом лесу и на пойменном лугу (примеры 6 и 7 в теме Возрастная структура популяций). Рассчитайте коэффициенты сходства и идентичности ценопопуляций.

1. Определите, достоверность сходства (или различия) возрастных спектров данных ценопопуляций.

3.6. Индексы возрастной структуры популяции

Ключевые слова: показатель возрастности. Индексы: генеративности, восстановления, возобновляемости, общей возрастности, старения.

Для характеристики возрастной структуры популяций предложено использовать различные расчетные индексы. Они позволяют охарактеризовать общее состояние популяции, удобны для сравнительного анализа популяций одного и того же вида растений при произрастании в разных эколого-ценотических условиях.

Индекс генеративности (Коваленко, 2005 – по: Злобин и др., 2013):

$$I_{\text{генер}} = \frac{\sum g_{1 \rightarrow g3}}{\sum p \rightarrow s}, \text{ где}$$

$I_{\text{генер}}$ – коэффициент генеративности;
 $\sum_{g1 \rightarrow g3}$ – сумма особей генеративного периода;
 $\sum_{p \rightarrow s}$ – сумма особей всех возрастных состояний пре-генеративного, генеративного и постгенеративного периодов.

В. Кияк (2009 – цит. по: Злобин и др., 2013) обнаружил, что этот показатель является высокоинформативным при оценке устойчивости малых популяций редких видов.

Показатель возрастности популяции (Злобин, 1989):

$$S = (P - p) / (P + p), \text{ где}$$

P – совокупность особей старой части популяции (старых генеративных, субсенильных, сенильных);

p – совокупность особей молодой части популяции (прегенеративных, молодых и зрелых генеративных).

Высокие значения показателя свидетельствует о подавленности ценопопуляции и снижении ее эдификаторного влияния, а низкие – о незавершенности становления и уязвимости.

Индекс восстановления (Жукова, 1995):

$$J_v = \Sigma j \rightarrow v / \Sigma g_{1 \rightarrow g_3}, \text{ где}$$

J_v – индекс восстановления;

$\Sigma j \rightarrow v$ – сумма особей всех возрастных состояний прегенеративного периода;

$\Sigma g_{1 \rightarrow g_3}$ – сумма всех особей генеративного периода.

Индекс показывает, сколько потомков приходится на одну генеративную особь или какую часть генеративной фракции после ее отмирания способен восстановить подрост. Популяции с $J_v > 1$, способны к самовозобновлению.

Для видов, у которых встречается только зрелая и старческая партикуляция без омоложения, формула возобновления не изменяется.

Для видов, у которых от генеративных, постгенеративных и даже виргинильных растений отделяются значительно омоложенные раметы, формула приобретает другой вид:

$$J_v = \Sigma j \rightarrow v / \Sigma v \rightarrow ss, \text{ где}$$

J_v – индекс восстановления;

$\Sigma j \rightarrow v$ – сумма особей всех возрастных состояний прегенеративного периода;

$\Sigma v \rightarrow ss$ – сумма всех особей генеративного периода, виргинильных и субсенильных.

Эта формула позволяет оценить эффективность вегетативного размножения.

Индекс возобновляемости (Коваленко, 2005 – по: Злобин и др., 2013):

$$J_{\text{возоб}} = \Sigma p \rightarrow v / \Sigma p \rightarrow sc, \text{ где}$$

$J_{\text{возоб}}$ – индекс возобновляемости;

$\Sigma p \rightarrow v$ – сумма особей всех возрастных состояний пре-генеративного периода;

$\Sigma p \rightarrow sc$ – сумма особей всех возрастных состояний пре-генеративного, генеративного и постгенеративного периодов.

Индекс старения (Коваленко, 2005 – по: Злобин и др., 2013):

$$J_{\text{стар}} = \Sigma g_3 \rightarrow sc / \Sigma p \rightarrow sc, \text{ где}$$

$J_{\text{стар}}$ – индекс старения;

$\Sigma g_3 \rightarrow sc$ – сумма стареющих особей: старых генеративных и всех возрастных состояний постгенеративного периода;

$\Sigma p \rightarrow sc$ – сумма особей всех возрастных состояний пре-генеративного, генеративного и постгенеративного периодов.

Индекс общей возрастности популяции (Коваленко, 2005 – по: Злобин и др., 2013):

$$J_{\text{возр}} = J_{\text{стар}} / J_{\text{возоб}}$$

Задание 1. Определение индексов возрастной структуры ценопопуляций

Материалы и оборудование: материалы заданий

2.8. Возрастная структура ценопопуляции. Задание 1. Построение возрастных спектров.

1. Используя данные заданий № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 вычислите индексы возрастной структуры ценопопуляций.
2. Сопоставьте индексы ценопопуляций одного вида.
3. Попробуйте объяснить сходство и/или различия индексов у этих ценопопуляций.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры необходимы для построения возрастных спектров?
2. Как правильно провести наблюдения в полевых условиях для определения возрастной структуры ценопопуляций?
3. Насколько точно были проведены полевые наблюдения в приведенных примерах?
4. В чем состоят особенности определения базовых и характерных возрастных спектров?
5. От чего зависит тип возрастного спектра?
6. Какие данные необходимы для определения расчетных индексов?
7. Какие признаки лежат в основе классификации ценопопуляций?
8. Что такое коэффициент возрастности ценопопуляции? Как его рассчитать?
9. Какое биологическое значение имеют коэффициенты и индексы, учитывающие соотношение особей разных возрастных приодов?

РАЗДЕЛ 4. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ

4.1. Пространственная структура ценопопуляций

Ключевые слова: пространственная структура популяций; типы размещения особей: регулярное, случайное, групповое, клинальное; визуальный метод.

Пространственная структура популяции – характер размещения ее элементов (особей, клонов, парциальных кустов и побегов) или их группировок в пространстве популяционного поля (Ценопопуляции растений: Развитие..., 1977). **Пространственно-возрастная структура ценопопуляции** – иерархическая система распределения онтогенетических групп (Фардеева и др. 2010; Фардеева, Рогова, 2012).

Ю. А. Злобин (2009) различает **пространственное распределение** и **пространственное размещение**. В первом случае не учитывается конкретное расположение растений по популяционному полю, во втором – на специальном плане регистрируется точное их положение на территории.

Распределение элементов ценопопуляции в пространстве связано с целым рядом экзо- и эндогенных факторов. К числу первых относится неоднородность абиотической среды, воздействия зоокомпонентов и других видов растений, антропогенные влияния. В группу эндогенных входят биологические особенности вида: жизненная форма, способы размножения и распространения, вегетативная подвижность и состояние особей, составляющих популяцию (Фардеева и др., 2010; Фардеева, Рогова, 2012).

Сходство пространственной структуры популяций вида в разных местообитаниях связано с его жизненной формой (Фардеева, Рогова, 2012). Размещение элементов

популяции меняется в процессе ее развития (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988). Изменение типа горизонтального размещения особей может свидетельствовать о нарушениях состояния популяции, что наблюдается, например, у орхидей (Фардеева и др., 2010).

Пространственная структура – один из способов эффективного использования природных ресурсов местообитания, достижения оптимальной плотности в условиях ценотической конкуренции, обеспечения нормального взаимодействия особей вида. С этим показателем связана устойчивость и продуктивность популяции (Заугольнова, 1994а).

Основные типы пространственного распределения

Случайное распределение определяется случайным набором факторов и не зависит от положения других особей. Оно возникает при выраженной однородности экотопа, равномерном распределении зачатков и особей иных видов, в условиях не сложившихся или разреженных фитоценозов, встречается в природе очень редко (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988; Злобин, 2009).

Регулярное (равномерное) распределение характеризуется тем, что особи ценопопуляции расположены примерно на одинаковом расстоянии друг от друга. В природе оно встречается крайне редко и обычно нарушается вследствие отмирания менее жизнеспособных экземпляров, конкуренции растений или влияния абиотических факторов среды (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

Случайное и равномерное распределение наблюдается чаще всего у видов – доминантов и эдификаторов сообществ.

Клиновое распределение выражается в постепенном и направленном изменении плотности особей по территории, причиной которого является постепенное измене-

ние условий произрастания, например, при движении по склону (Фардеева и др., 2008).

Групповое (пятнистое, контагиозное, агрегированное, мозаичное, куртинное) распределение – наиболее часто встречающийся тип пространственной структуры, отличается распределением особей отчетливыми группами (скоплениями).

Оно формируется вследствие некоторых биологических особенностей вида, например, вследствие осыпания плодов и семян рядом с материнским растением или вегетативного размножения. Группы формируются также вследствие неравномерного распределения ресурсов среды, наличия конкурирующих видов, при различном антропогенном воздействии (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988; Злобин, 2009).

Методы определения пространственной структуры популяции. Глазомерная оценка

При характеристике распределения вида в фитоценозе учитывают ряд особенностей (Раменский, 1938 – цит. по: Воронов, 1973).

Степень неравномерности оценивается по наличию или отсутствию у вида разных способов размещения: рассеянных особей, маленьких и больших групп. Величина зарослей (диаметр) характеризуется по среднему, максимальному и минимальному значениям. Чистота зарослей определяется по степени внедрения в них других групп. Оценка густоты и сомкнутости особей вида позволяет выделять «группы» (несомкнутые) и «заросли» (более или менее сомкнутые группировки). Заросли характеризуют также по резкости отграничения, форме (округлая, вытянутая) и происхождению (семенное, вегетативное, остатки прежнего сплошного покрова данного вида).

Глазомерная оценка В.В. Алехина (Воронов, 1973), используемая при маршрутных исследованиях фитоценозов:

gr – растения произрастают густыми скоплениями (группами), в пределах которых нет или почти нет особей других видов;

sim – растения произрастают рыхлыми скоплениями, где среди особей основного вида обитает много особей других видов.

Данная шкала отражает степень чистоты скоплений вида, но не позволяет оценить их величину.

Задание 1. Глазомерная оценка пространственной структуры ценопопуляции

Материалы и оборудование: блокноты, карандаши.

В полевых условиях рекомендуется выбрать ценопопуляцию вида с моноцентрической жизненной формой и известными признаками возрастных состояний.

В лабораторных условиях на площадке размером 1,0 x 2 м (в масштабе 1:10) размещаются разноцветные пластилиновые шарики, имитирующие особи различных возрастных состояний гипотетического вида растения.

Используя шкалу В.В. Алехина, охарактеризуйте пространственную структуру ценопопуляций разных видов.

4.2. Изучение характера пространственного распределения на учетных площадках

Ключевые слова: метод учетных площадок, Индекс Одум.

Использование метода учетных площадок позволяет определить тип пространственного распределения элемен-

тов популяции (Ценопопуляции растений: Развитие ..., 1977; Изучение структуры и..., 1986; Фардеева и др., 2008).

В ценопопуляции закладывают сплошные трансекты, пересекающие участки с относительно высоким и низким обилием вида. Трансекты разделяют на учетные площадки, минимальный размер их должен быть примерно в три раза больше размера минимального фитогенного поля взрослой особи.

На учетных площадках ведется подсчет всех счетных единиц, независимо от возрастного состояния.

При обработке результатов вычисляется **Индекс Одума** (коэффициент агрегации, дисперсии) – I_{Od} , вычисляемый по формуле:

$$I_{Od} = \frac{S}{M},$$

где S – дисперсия, M – среднее число счетных единиц на 1 м^2 .

$$S = (m \times \sqrt{N})^2 \text{ или } S = \sigma^2,$$

где m – ошибка среднего арифметического), N – число учетных площадок, σ – среднее квадратическое отклонение.

При $I_{Od} = 1$, распределение счетных единиц в пределах ценопопуляции считается случайным, при $I_{Od} < 1$ – равномерным, при $I_{Od} > 1$ – групповым (контагиозным).

Уровень достоверности I_{Od} определяется путем сравнения его с табличным значением F -критерия Фишера-Снедекора (табл. 18) при $df = N - 1$, где df число степеней свободы, N – число учетных площадок.

Если значение I_{0d} больше значения критерия Фишера-Снедекора, то оно достоверно на уровне 95%.

Противоположная ситуация свидетельствует о том, что было заложено слишком мало пробных площадок (Злобин и др., 2013).

Таблица 18

Табличные значения F-критерия Фишера-Снедекора
при $p = 0,05$

<i>df</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>
1	161,4	11	2,82	21	2,08	31	1,82	41	1,64
2	19,0	12	2,69	22	2,05	32	1,80	42	1,60
3	9,28	13	2,58	23	2,01	33	1,79	43	1,56
4	6,39	14	2,48	24	1,98	34	1,77	44	1,53
5	5,05	15	2,40	25	1,96	35	1,76	45	1,51
6	4,28	16	2,33	26	1,93	36	1,74	46	1,49
7	3,79	17	2,27	27	1,90	37	1,73	47	1,47
8	3,44	18	2,22	28	1,88	38	1,72	48	1,45
9	3,18	19	2,17	29	1,86	39	1,70	49	1,42
10	2,97	20	2,12	30	1,84	40	1,69	50	1,39

Задание 1. Анализ литературы, посвященной изучению ценопопуляций

Материалы и оборудование: статьи, посвященные изучению ценопопуляций.

1. Проанализируйте статью.
2. Определите, каким методом авторы изучали пространственную структуру ценопопуляций.
3. Охарактеризуйте этот способ.

4. Назовите вид пространственной структуры, характерный для ценопопуляций, изученных авторами.
5. Дайте характеристику этой структуры.
6. Укажите цель, с которой автор изучал ценопопуляции.

Задание 2. Определение пространственной структуры ценопопуляций

Материалы и оборудование: точки выхода в Интернет.

При определении пространственной структуры ценопопуляций методом учетных площадок были вычлены следующие значения Индекса Одума, достоверные на уровне 95%: 11,6 (лук Водопьяновой); 1,06 (алтей лекарственный); 11,9 (володушка многожилчатая); 0,42 (дремлик зимовниковый).

1. Охарактеризуйте метод учетных площадок.
2. Определите вид пространственной структуры ценопопуляций по значениям индекса Одума.
3. Назовите характерные признаки данного вида пространственной структуры.
4. Объясните, с чем может быть связано подобное распределение счетных единиц в пространстве.

Задание 3. Определение пространственной структуры ценопопуляций

Материалы и оборудование: калькуляторы или ПК.

В ценопопуляциях на учетных площадках площадью 1 м^2 подсчитали число счетных единиц (примеры 1-8).

1. Вычислите Индекс Одума и определите тип пространственной структуры ценопопуляций.
2. Сравните пространственную структуру разных ценопопуляций и видов.

3. Сделайте вывод о влиянии условия местообитания на пространственную структуру ценопопуляций.

Пример 1. Число побегов на учетных площадках в ценопопуляциях ячменя короткоостого:

Ценопопуляция №1: 27, 13, 14, 2, 44, 17, 13, 28, 25, 10, 3, 4, 18, 35, 8, 12, 18, 20, 23, 9, 5, 4, 1, 2, 6;

Ценопопуляция № 2: 31, 36, 34, 30, 47, 0, 0, 3, 10, 15, 0, 2, 3, 0, 0, 12, 5, 10, 5, 4, 1, 2, 13, 15, 20.

Пример 2.

Число особей на учетных площадках в ценопопуляции прострела сон-трава:

0, 7, 3, 1, 0, 0, 1, 2, 3, 2, 0, 2, 2, 0, 2, 1, 0, 1, 2, 2, 4, 3, 6, 3, 3, 2, 14, 10, 10, 9.

Пример 3. Число побегов на учетных площадках в ценопопуляции солодки уральской:

0, 2, 14, 4, 11, 9, 4, 10, 10, 11, 11, 7, 5, 5, 6, 12, 9, 13, 5, 7, 4, 13, 10, 7, 8.

Пример 4. Число особей на учетных площадках в ценопопуляции пальцеборника Фукса:

5, 5, 1, 0, 0, 3, 9, 0,3, 1, 1, 0, 0, 0, 16, 1, 0, 0, 12, 12, 17, 18, 1, 17, 3.

Пример 5. Число особей на учетных площадках в ценопопуляции патринии скальной:

12, 0, 0, 0, 0, 0, 7, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 28, 42, 38, 55, 17, 0, 0, 30, 34, 88.

Пример 6. Число особей на учетных площадках в ценопопуляции пальцеборника мясо-красного:

2, 1, 14, 4, 5, 4, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 4, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 3.

Пример 7. Число особей на учетных площадках в ценопопуляции ятрышника шлемоносного

0, 2, 7, 1, 0, 6, 1, 2, 5, 4, 8, 0, 3, 4, 0, 2, 0, 1, 11, 1, 2, 3, 0, 0, 14.

Пример 8. Число побегов на учетных площадках в ценопопуляции лука Водопьяновой

29, 4, 2, 14, 4, 1, 0, 2, 0, 3, 6, 13, 24, 0, 3, 12, 24, 21, 19, 2, 0, 0, 8, 0, 25

4.3. Метод картирования особей на трансектах

Ключевые слова: картирование, маркирование.

Картирование позволяет определить характер размещения растений, выявить и охарактеризовать ценопопуляционные локусы, определить элементарные демографические единицы, а при заложении постоянных площадок проследить динамику ценопопуляций (Ценопопуляции растений: Развитие ..., 1977; Изучение структуры и..., 1986; Заугольнова, 1994; Жукова, 2000).

Площадь картирования зависит от жизненной формы и размеров растения: для деревьев и кустарников – 800–4000 (чаще 2500) м², кустарничков и многолетних трав – 10–250 м².

Выбранный участок обтягивают веревкой (лучше по земле), на нем закладывают примыкающие друг к другу трансекты, минимальная ширина которых (обычно от 0,5 до 2 м) определяется величиной учетных площадок.

Для этого берут две рулетки, совмещают их показания и натягивают параллельно друг другу на ширину трансекты, металлическим квадратом проверяют параллельность наложения рулеток.

Трансекту разбивают на площадки квадратной формы, их углы отмечают кольшками с номерами трансекты и площадки (на постоянных площадках) или шпильками, скрепками, гвоздями с бумажными этикетками. После этого рулетки можно снять и вместо них оставить шнуры.

Разбивка участка на трансекты и площадки ведется с одной стороны.

После этого на площадках срезают все побеги «чужих» видов.

На постоянных площадках каждое растение (побег, парциальный куст) в пределах площадки окольцовываются с помощью цветной проволоки, лежащей на поверхности почвы, кольцо фиксируется в почве металлическими шпильками или скрепками, к одной из которых крепится этикетка. Этикетка изготавливается из бумаги (из пластика, металла, фольги – на постоянных площадках), на которой в правом верхнем углу пишется порядковый номер растения, например 10, а в правом нижнем углу номер участка – 1 и номер площадки – 3, например, 1–3.

После того, как все растения (побеги, парциальные кусты) на площадке помечены, при помощи мерной ленты измеряют их координаты: абсциссу – слева направо, ординату – снизу вверх.

Координаты можно также определить с помощью съемной сетки, закрепленной по сторонам квадратного шаблона (50×50 см), накладываемого на площадку. Шаблон представляет собой алюминиевую рамку из плоских полосок шириной 1 см, скрепленных по углам шурупами. На каждой стороне рамки имеются сквозные отверстия, расположенные через 10 см. В эти отверстия вставляют съемные отрезки алюминиевой проволоки П-образной формы, которые делят шаблон на 25 квадратов площадью 1 дм².

В записной книжке запись координат ведется в строгой последовательности: номер растения (номер побега, парциального куста) – абсцисса × ордината, например 1 – 30 × 42, где 1 – номер растения, 30 – абсцисса, а 42 – ордината. Здесь же отмечается возрастное состояние особи, число побегов, их тип и высота. При функциональном подходе измеряется диаметр надземной и, при возможности, подземной сферы особи, проводятся подсчеты и измере-

ния, необходимые для установления жизненного состояния.

Если в поле определить возрастное состояние особей невозможно, то их выкапывают и проводят анализ в лаборатории.

Когда площадки с первой трансекты обработаны, рядом закладывается вторая трансекта тем же методом, что и первая. Гвозди или скрепки, которыми были отмечены углы квадратов первой трансекты, не удаляют, т. к. по ним проверяют правильность заложения площадок последующих трансект.

Если изучаются длиннокорневищные растения с целью выяснения особенностей вегетативного размножения, то после картирования их откапывают на глубину проникновения корневищ с помощью тонких орудий (скальпель, препаровальные иголки, кисточки).

Все переплетения корневищ зарисовывают в поле на миллиметровую бумагу. Для этого на площадку накладывают квадратный шаблон, а после зарисовки корневища снова закапывают.

Ведомость ведется отдельно для каждой учетной площадки.

В лаборатории составляют карту пространственного размещения популяции. Для этого листы миллиметровой бумаги расчерчивают на квадраты в масштабе, соответствующем учетным площадкам, и наносят координаты растений (побегов, парциальных кустов) из записной книжки. Побег, входящий в состав отдельных особей, очерчивают по крайним точкам координат.

Координаты особей, относящихся к разным возрастным состояниям, лучше сразу наносить в определенной цветовой гамме или с помощью условных обозначений.

Задание 1. Картирование ценопопуляции в полевых или лабораторных условиях

Материалы и оборудование: 2 рулетки длиной 10 м, мерная лента, металлический квадрат со стороной квадрата 50 см, ножницы, гвозди, шпильки, скрепки, цветная бумага, бумажные этикетки, блокнот, карандаши.

В полевых условиях рекомендуется выбрать ценопопуляцию вида с моноцентрической жизненной формой и известными признаками возрастных состояний.

В лабораторных условиях на площадке размером 1,0 х 2 м (масштаб 1:5) размещаются разноцветные пластилиновые шарики, имитирующие особи различных возрастных состояний гипотетического вида растения.

1. Определите направление и число трансект.
2. Проведите разбивку трансекты на учетные площадки.
3. Промаркируйте счетные единицы
4. Занесите в блокнот координаты «растений».
5. При работе в полевых условиях определите размеры фитогенного поля разных возрастных состояний (проведите измерения у 15-25 экземпляров каждого возрастного состояния).
6. Перенесите данные, полученные при картировании ценопопуляции на миллиметровую бумагу.
7. Оцените тип пространственного распределения ценопопуляции глазомерным способом.

4.4. Геометрический подход к изучению пространственной структуры ценопопуляций

Ключевые слова: ценопопуляционные локусы: моноцентрические, полицентрические; промежутки, элементарная демографическая единица (ЭДЕ).

Пространственную (вертикальную и горизонтальную) структуру можно рассматривать в функциональном и геометрическом аспектах.

Геометрический подход связан с анализом вертикального и горизонтального размещения в пространстве отдельных элементов популяции и их совокупностей с учетом их размеров и онтогенетического состояния (Ценопопуляции растений: Развитие..., 1977; Ценопопуляции растений: Очерки..., 1988; Заугольнова, 1994; Злобин, 2013).

Для анализа горизонтальной структуры необходимо установить характер размещения особей по занимаемой площади (Шивцова, Жукова, 2009).

Участки популяции, представляющие собой плотные скопления особей, называют **скоплениями (камерами, субпопуляциями, субпопуляционными локусами, ценопопуляционными локусами)**, а участки с низкой плотностью между ними – **промежутками** (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988; Заугольнова, 1994). У разных видов скопления отличаются формой, размерами, выраженностью, количеством и плотностью центров, плотностью скоплений разного уровня (Ценопопуляции растений: Развитие..., 1977).

Крупные скопления включают одно или несколько мелких, т.е. наблюдается несколько уровней агрегированности.

Первый уровень совпадает с размерами особи или отдельных парциальных образований, следующие уровни соответствуют их объединениям. Если скопление более высокого уровня включает одно скопление низшего уровня, его называют **моноцентрическим**. В противоположном случае – **полицентрическим**.

Субпопуляционные локусы возникают естественным путем, способны к долговременному существованию, отличаются между собой геометрическими контурами, раз-

мерами, фитомассой, плотностью, возрастной и виталитетной полночленностью, интенсивностью развития. Их взаимоотношения определяют общее состояние, а асинхронность в развитии – пространственную неоднородность структуры (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988). Субпопуляционные локусы не обладают всем разнообразием популяционных стабилизирующих организмов, поэтому более чутко реагируют на воздействия.

На начальном периоде формирования пространственной структуры популяции существуют мелкие скопления одного уровня. По мере формирования ценопопуляции увеличивается число скоплений и уровень их агрегированности, они расширяются сближаются между собой, возрастной состав становится полночленным. По мере прохождения особями онтогенеза скопление изреживается и стареет. Приживание новых зачатков приводит к усложнению структуры и развития скоплений.

В нормальных популяциях специфика пространственно-онтогенетической структуры задается генеративными особями, имеющими характерную для вида биоморфу.

Ценопопуляции вида отличаются между собой соотношением локусов разного возрастного уровня. Существование определенного набора разновозрастных локусов, содержащих в совокупности все возрастные и виталитетные группы, необходимо для непрерывного существования популяции (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

Онтогенетически полночленное, устойчиво существующее скопление, обеспечивающее на занятой им территории непрерывный круговорот поколений, соответствуют **элементарной демографической единице** (ЭДЕ) (Заугольнова, 1994б). Ее структура и размеры зависят от величины растения и радиуса разноса зачатков. У деревьев его площадь составляет от 300 до 10000 м² и более, у трав от 0,1 до 10 м². Если размер популяции меньше площади

ЭДЕ, то устойчивое состояние вида невозможно, популяция переходит в критическое состояние (Мониторинг фитопопуляций, 1993).

Для выделения скоплений разного порядка широкие трансекты на карте разбивают на все более узкие от 0,25 до 0,5 м. На каждой трансекте определяют среднюю протяженность скоплений и величину ошибки средней арифметической. К одному уровню относят скопления, у которых доверительные границы протяженности совпадают хотя бы частично ($L_i \pm 3m$, где m – ошибка). К разным уровням относятся скопления, достоверно отличающиеся по средней протяженности.

Результаты представляют графически: по оси ординат отмечают число особей на одной площадке (шт.), по оси абсцисс – последовательность площадок взятого размера (в кв. м) на трансекте.

Всплески численности (максимальные точки) представляют собой центры скоплений, а ближайšie к ним минимальные показатели плотности соответствуют границам скоплений. Участки с минимальной плотностью особей относятся к разряду «промежутков» между скоплениями.

Параметры скоплений (вычисляются для скоплений разного уровня):

- 1) средняя плотность особей в пределах скоплений (M_a);
- 2) протяженность скоплений на трансекте (L_a);
- 3) дискретность скоплений (D).

Плотность особей – среднее число особей на одну площадку в пределах выделенных скоплений.

Протяженность скоплений – средняя величина суммы протяженностей каждого из скоплений.

Дискретность скоплений оценивается двумя величинами:

а) степень отграниченности скоплений друг от друга (D_M) характеризует свойство скоплений, которое выражается в наличии между скоплениями зон с меньшей плотностью особей или с полным их отсутствием:

$$D_M = (M_a - M_i)/M_a, \text{ где}$$

M_a – средняя плотность особей в пределах скоплений;

M_i – плотность особей в промежутках между скоплениями.

Показатель меняется от 0 до 1 и достигает максимальной величины, когда плотность особей в промежутках между скоплениями равна 0. Чем больше значение показателя, тем четче выражено групповое размещение.

б) степень отдаленности скоплений (D_L) характеризует относительное расстояние между скоплениями:

$$D_L = L_i / (L_i + L_a), \text{ где}$$

L_i – протяженность промежутков между скоплениями,

L_a – протяженность скоплений по трансекте.

Коэффициент плотности – отношение средней плотности скоплений I порядка к средней плотности скоплений более высокого порядка.

Коэффициент плотности позволяет оценить степень плотности центра скопления у разных видов растений.

Выделение ЭДЕ осуществляется методом наращивания пробных площадей до такого размера, когда спектр этой выборки становится полночленным. Для растений разных размеров начальная площадь неодинакова: у деревьев и кустарников 100 м^2 , у трав, кустарничков и полукустарничков – $0,1\text{--}1 \text{ м}^2$ (Неравномерность размещения особей..., 1974; Ценопопуляции растений: Развитие ..., 1977; Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986; Заугольнова, 1994а).

Задание 1. Обработка результатов картирования ценопопуляций при геометрическом подходе

Материалы и оборудование: карта ценопопуляции, блокнот, карандаши, калькулятор или ПК.

1. Определите плотность, дискретность и степень отдаленности скоплений.
2. Попробуйте выделить ЭДЕ данного вида.
3. Если работа проводилась в полевых условиях, определите средний размер фитогенных полей у особей разных возрастных состояний и нанесите их на схему.
4. Определите параметры фитогенных полей.
5. Охарактеризуйте особенности пространственного размещения особей в изученной ценопопуляции.

4.5. Функциональный подход к изучению пространственной структуры ценопопуляций

Функциональный подход базируется на изучении воздействия элементов на среду и друг на друга путем формирования сети налегающих фитогенных полей – элементарных единиц пространственной структуры фитоценоза (Заугольнова, Михайлова, 1978; Жукова, 2000; Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986; Акшенцев, 2006).

Используя карты пространственного размещения популяции, проводят анализ фитогенных полей, их размещения и перекрытий.

Площади минимальных фитогенных полей особей рассчитывают как площади эллипса или круга по диаметру надземной сферы данного онтогенетического состояния. Границы фитогенных полей наносят на карту.

Затем определяют суммарную площадь минимальных фитогенных полей особей, площадь перекрытия и свободные от особей данного вида зоны.

Для фитогенного поля и зоны перекрытия полей подсчитывают численность рамет (особей) с указанием возрастного состояния.

Для скоплений фитогенных полей и зон перекрытия определяют демографические параметры: численность, плотность, возрастность, эффективную плотность, индексы восстановления и старения, строят возрастные и возраст-но-виталитетные спектры.

Скопления классифицируют по максимальной онтогенетической группе, уровню агрегированности, размерам и другим параметрам

Для количественной оценки воздействия фитогенного поля используются коэффициенты напряженности ($K_{\text{НФП}}$) и мощности фитогенного поля популяции ($N_{\text{ФП}}$), а также число перекрытий фитогенных полей.

Коэффициент напряженности фитогенного поля ($K_{\text{НФП}}$):

$$K_{\text{НФП}} = (\sum k_i \times s_i) / S, \text{ где}$$

k_i – количество особей в данной онтогенетической группе,

s_i – средняя площадь минимального фитогенного поля особи данного онтогенетического состояния,

S – площадь популяционного локуса.

Коэффициент напряженности фитогенного поля демонстрирует, насколько совокупность минимальных фитогенных полей элементов ценопопуляционного локуса больше его площади.

Мощность фитогенного поля ($N_{\text{ФП}}$):

$$N_{\text{ФП}} = (\sum k_i \times m_i) / (\sum k_i \times s_i), \text{ где}$$

m_i – средняя масса особи данного онтогенетического состояния.

Мощность фитогенного поля показывает, как в среднем распределена биомасса ценопопуляционного локуса по

его площади (Пространственная структура растений..., 2006).

Задание 1. Обработка результатов картирования ценопопуляций при функциональном подходе

Материалы и оборудование: карта ценопопуляции, блокнот, карандаши, калькулятор или ПК.

1. Определите средний размер фитогенных полей у особей разных возрастных состояний и нанесите их на схему.
2. Определите параметры фитогенных полей.
3. Охарактеризуйте особенности пространственного размещения особей в изученной ценопопуляции.

Контрольные вопросы

1. Почему растения в ценопопуляциях размещаются различным способом?
2. Какие методы используют для выявления пространственной структуры ценопопуляций?
3. Какие параметры используют для характеристики скоплений?
4. В чем состоит сущность методики изучения пространственной структуры ценопопуляции при функциональном подходе?
5. В чем отличия и преимущества метода учетных площадок и метода картирования при изучении пространственной структуры популяций?
6. Какие характеристики используются для типов размещения особей в пространстве?
7. Каким образом выявляются скопления в пределах ценопопуляции?
8. Как определяется плотность, протяженность, дискретность и агрегированность скоплений?

РАЗДЕЛ 5. ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСОБЕЙ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ РАЗНЫХ ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ

5.1. Виталитетная структура ценопопуляции

Ключевые слова: жизненное состояние, виталитет, виталитетная структура, виталитетный состав.

Для ценопопуляции в целом и отдельных ее локусов характерна дифференциация их элементов по **жизненному состоянию**, т.е. размерам, устойчивости к неблагоприятным воздействиям, интенсивности обмена веществ, способности проходить полный жизненный цикл, продолжительности возрастных состояний и т.д.

Причины ее могут быть связаны с разнокачественностью семян и условий их прорастания, экологически или генетически обусловленной разницей в темпах роста и развития, деятельностью фитофагов или паразитов, различиями в конкурентной способности растений разного размера (Злобин, 1989). В процессе развития популяции ее гетерогенность, в зависимости от жизненной формы и эколого-фитоценотической стратегии вида, может сохраняться, снижаться или увеличиваться (онтогенетические тактики – по Злобину, 1989).

Мощность и жизнеспособность растений варьирует у одних и тех же видов в разных эколого-географических, ценологических, погодных условиях, под влиянием антропогенного прессинга. Такая изменчивость служит показателем адаптационных возможностей вида. Снижение степени развития особей может говорить об ухудшении состояния ценопопуляции (Программа и методика ..., 1986).

Особи разных уровней жизненности различаются функционально: растения с высоким уровнем жизненности

обеспечивают самоподдержание и определяют положение вида в фитоценозе, в наибольшей мере действуя на среду обитания. Особи низкого уровня жизненности являются резервом, удерживающим территорию, поддерживают генетическое разнообразие популяции вследствие неполной элиминации (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988; Злобин, 1989). Пул особей средней жизненности может играть роль центра стабильности. Таким образом, виталитетная дифференциация способствует увеличению экологических лимитов и возможностей расширения жизненного пространства популяции (Жиляев, 2011).

Соотношение особей с различным жизненным состоянием характеризует **жизненное состояние (виталитет, виталитетную структуру, виталитетный состав) популяции**. Это одна из главнейших характеристик общего состояния популяций и их критического состояния, более чувствительная, чем возрастной состав, отражающая первичные изменения в них (Злобин, 1989; 2009).

Для оценки жизненности популяций видов в фитоценозах разработаны глазомерные балльные шкалы, которые широко используются при маршрутных исследованиях. В популяционных исследованиях используется методика оценки виталитета ценопопуляций по модельным растениям.

5.2. Оценка жизненного состояния деревьев и древостоев по Алексееву В.А. (1989)

Ключевые слова: древостой, жизненное состояние.

В середине – конце лета оценивается состояние каждого дерева. Категории жизненного состояния деревьев определяются по кроне с использованием следующей шкалы:

1. Здоровое дерево. Деревья не имеют внешних повреждений кроны и ствола. Мертвые и отмирающие ветви сосредоточены в нижней части кроны. Закончившие рост листья и хвоя зеленого цвета. Любые повреждения листьев незначительны (менее 10%).

2. Поврежденное (ослабленное) дерево. Обязателен хотя бы один из следующих признаков: снижение густоты кроны на 30% за счет преждевременного опадения или недоразвития листьев (хвои) или изреживание скелетной части кроны; наличие 30% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине кроны; повреждение (объедание, скручивание, ожог, хлорозы, некрозы и т.д.) 30 % всей площади листьев (хвои).

3. Сильно (ослабленное) поврежденное дерево. Обязательно наличие хотя бы одного признака: - снижение густоты кроны на 60%; наличие 60% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней части кроны; повреждение листьев на 60%; отмирание верхушки кроны.

4. Отмирающее дерево. Крона дерева разрушена, более 70% ветвей - сухие и усыхающие. Оставшиеся листья хлоротичны, с некрозами.

5. Сухостой. К нему относятся все погибшие деревья, которые могут иметь остатки сухой хвои и листьев.

Затем рассчитывается индекс жизненного состояния древостоя по формуле:

$$L_n = (100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4) / N, \text{ где}$$

L_n – Относительное жизненное состояние древостоя;

n_1 - число здоровых;

n_2 - число ослабленных;

n_3 - число сильно ослабленных,

n_4 – число отмирающих деревьев;

n_5 - число сухостоя на обследуемой площади;

N – общее число деревьев.

Градации состояния (качества) древостоя определяются по величине показателя L_n :

100 – 80 % – древостой здоровый,

79-50 % – древостой ослабленный (поврежденный),

49-20% – древостой сильно поврежденный,

19% и ниже – древостой полностью разрушенный.

Задание 1. Расчет индекса жизненного состояния и оценка качества городских древостоев

Материалы и оборудование: калькуляторы или ПК.

Пример 1.

1. Определите жизненное состояние и качество древостоя по данным, представленным в табл.

2. Оцените качество среды в разных микрорайонах города Кемерово.

Таблица 19

Жизненное состояние древесных насаждений различных районов города Кемерово

Район	N	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	L_n	Качество
Рудничный	1057	24	823	208	26	–		
Ленинский	6078	2159	2275	970	70	7		
Кировский	2551	667	1213	651	61	–		
Заводский	3512	1427	1161	614	80	16		
Центральный	10085	3474	4947	1216	213	13		

Пример 2.

1. Определите жизненное состояние и качество древостоя различных пород, используемых для озеленения магистралей в г. Кемерово, по данным, представленным в табл.

2. Рекомендуйте породу для озеленения городских магистралей.

Таблица 20

Жизненное состояние различных древесных пород
в аллеиных посадках (вдоль магистралей)

Древесные породы	N	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	L _n	Качество
1. Тополь бальзамический	2779	617	1389	685	74	13		
2. Клен ясенелистный	1059	194	539	281	44	3		
3. Береза бородавчатая	2212	316	1245	582	54	15		
4. Вяз перистый	1296	219	651	331	67	4		
5. Липа сибирская	1809	114	1149	457	46	13		

Задание 2. Определение жизненного состояния древостоя в полевых условиях

Материалы и оборудование: блокноты, карандаши, калькуляторы или ПК.

Используя шкалу категорий жизненного состояния деревьев, определите жизненное состояние древостоя одного или разных видов в полевых условиях (в парке, в лесу или ботаническом саду).

5.3. Оценка жизненного состояния популяций травянистых растений

Ключевые слова: шкала жизненного состояния.

Шкала состояния травянистых растений, представляющая собой модификации шкалы Браун-Бланке и Павийара, предложенные В. В. Алехиным, В. Н. Сукачевым и др. (Воронов, 1973):

3а – растения вида проходят в фитоценозе весь жизненный цикл и нормально развиваются, в том числе плодоносят;

3б – растения вида с полным жизненным циклом, но не достигают нормальных размеров;

2 – растения вида вегетативно развиты неплохо, но не плодоносят;

1 – вид не плодоносит, сильно угнетен, вегетирует слабо.

Шкала состояния травянистых растений Прозоровского Н.А. (1947):

Пл. – плохое состояние. Экземпляры маленькие, слабые, не цветут.

Пос. – посредственное состояние. Растения испытывают некоторую угнетенность, которая выражается в недостаточном росте.

Хор. – хорошее состояние. Растения имеют нормальный для данного вида рост, проходят полный жизненный цикл.

Отл. – отличное состояние. Отмечается у растений, обитающих в благоприятных условиях; растения характеризуются большой высотой и размерами всех частей.

Задание 1. Определение жизненного состояния травянистого растения в полевых условиях

Материалы и оборудование: блокноты, карандаши, калькуляторы или ПК.

1. Используя различные шкалы, определите жизненное состояние популяции одного вида в полевых условиях (в парке, в лесу или ботаническом саду).
2. Сравните полученные результаты.

5.4. Определение виталитета популяции по состоянию модельных растений

Ключевые слова: модельные растения, информативные признаки, классы виталитета; индексы: I_Q , Q (качества популяции); популяции: процветающие, равновесные, депрессивные.

Этот метод основан на оценке в выборке жизненного состояния каждой особи, а по их соотношению – виталитетного спектра популяции.

Оценка виталитетной структуры ценопопуляции ведется с использованием разных признаков: число, биомасса, высота побегов, число, биомасса и соотношение вегетативных и генеративных побегов, число и размер листьев, число партикул в клоне, число и размеры парциальных образований, семенная продуктивность особи и др. Их набор зависит от целей исследования и возможностей исследователя. Обычно используют три признака: фитомасса (или тесно связанный с ней признак), размер листовой поверхности и один из показателей репродукции (Злобин, 2009).

При маршрутных исследованиях, при оценке популяций охраняемых растений обычно выбираются наиболее информативные признаки. К числу таковых относятся, например, высота и размер листовой поверхности расте-

ния. Для древесных растений часто используется такой параметр, как диаметр ствола (Злобин, 2013).

Если исследования проводятся специально для выявления ключевых размерных признаков, то у 35-50 особей определяется максимальное число (20-30) параметров, а затем при статистической обработке отбираются наиболее информативные из них.

Отбор информативных признаков проводится в несколько этапов:

1. Вычисляются средние значения признаков и определяется уровень их варьирования.
2. Проводится корреляционный анализ.
3. Проводится факторный анализ корреляционной матрицы.

Предпочтение отдается высокоизменчивым признакам, входящим в разные корреляционные плеяды и вносящим максимальный вклад в первый и второй факторы (Злобин, 2009, 2013).

Для определения виталитета популяции обычно используют генеративные растения. Если в популяциях генеративные особи отсутствуют, то в этом случае используют вегетативные особи, но только одного возрастного состояния. При детальном исследовании жизненность определяется для каждого онтогенетического состояния отдельно.

Выборка должна составлять 20-30 элементов популяции (особей или счетных единиц) одного возрастного состояния. В небольших популяциях можно измерить все экземпляры. При изучении охраняемых растений морфометрия должна проводиться таким образом, чтобы не нанести вреда растениям

Разделение особей по классам виталитета проводится следующим образом: высчитывается среднее значение признака (M) и стандартная ошибка (m_M), определяется табличное значение критерия Стьюдента ($t_{0,05}$) при чис-

ле степеней свободы $df = n - 1$, где df - число степеней свободы, n – число измеренных элементов.

Особь, виталитет которых ограничен диапазоном $M \pm m_M \times t_{0,05}$, составляют второй класс (b). Экземпляры с меньшими значениями – третий (с), с большими – первый (a) классы.

После этого вычисляются индексы виталитета популяции.

Индекс качества (виталитета) популяции (Q):

$$Q = \frac{a+b}{2}, \text{ где}$$

a – доля особей первого класса;

b – доля особей второго класса.

Значение Q изменяется от 0 до 0,5. Значения Q от 0 до 0,167 характеризуют популяцию как депрессивную, от 0,168 до 0,334 – равновесную, от 0,335 до 0,500 – процветающую (Жиляев, 2011).

Индекс I_Q:

$$I_Q = Q / c, \text{ где}$$

Q – индекс качества;

c – доля особей класса с.

Доля особей в классах может выражаться как в долях единицы, так и в процентах от общей численности.

Процветающие ценопопуляции характеризуются преобладанием особей первого и второго классов. Критическое условие выделения: $Q > c$ или $I_Q > 1$.

Для равновесных популяций характерно равенство встречаемости особей разных классов, при этом $Q=c$ или $I_Q=1$

Депрессивные ценопопуляции отличаются преобладанием особей третьего класса виталитета, при котором $Q<c$ или $I_Q<1$ (Злобин, 2009; Злобин и др., 2013).

Степень отклонения I_Q от 1 отражает степень процветания или депрессии.

Задание 1. Анализ литературы, посвященной изучению ценопопуляций

Материалы и оборудование: статьи, посвященные изучению ценопопуляций.

1. Проанализируйте статью.
2. Определите, каким методом авторы оценивали виталитет ценопопуляций.
3. Охарактеризуйте этот метод.
4. Укажите цель, с которой автор изучал ценопопуляции.

Задание 2. Оценка виталитета ценопопуляций

Материалы и оборудование: точки выхода в Интернет.

При оценке виталитета ценопопуляций охраняемых растений были получены следующие значения *Индекса I_Q* : 1,2; 0,95; 0,76; 0,35; 1,1.

1. Объясните, каким образом вычислялся данный индекс.
2. Охарактеризуйте данные ценопопуляции по виталитету.

Задание 3. Составление виталитетного спектра ценопопуляции башмачка настоящего

Материалы и оборудование: калькуляторы или ПК.

При обследовании трех ценопопуляций башмачка настоящего измеряли высоту генеративных экземпляров и получили следующее распределение их по классам жизненности (табл. 21):

Таблица 21

Распределение особей по классам виталитета в популяциях башмачка настоящего

Номер популяции	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>Q</i>
1	30	26	28	
2	18	19	25	
3	37	30	33	

1. Определите значения индекса Q и охарактеризуйте популяции по виталитетному спектру.
2. Постройте виталитетный спектр в виде диаграммы.

Задание 4. Определение виталитетного типа ценопопуляции

Материалы и оборудование: калькулятор или ПК.

1. Определите виталитетный тип ценопопуляций по данным, представленным в примерах.
2. Постройте виталитетные спектры.

Пример 1.

Высота генеративных побегов гнездоцветки клубучковой: 16, 14, 14, 13, 16, 10, 13, 15, 10, 15, 14, 9, 8, 14, 7, 7, 8, 6, 7, 6, 17, 6, 15, 9, 16, 13, 17, 12, 13, 15 см.

Пример 2.

Высота генеративных побегов солодки уральской: 93, 63, 90, 92, 95, 89, 73, 100, 92, 95, 95, 95, 90, 109, 100, 90, 91, 83, 66, 65, 65, 56, 58, 56, 52, 51, 50, 50, 49, 48 см.

Пример 3.

Высота генеративных побегов ячменя гривастого: 15,3; 15,0; 12,2; 19,5; 11,0; 16,0; 13,0; 12,5; 17,0; 17,0; 8,0; 15,54 16,84 17,6; 14,4; 14,0; 15,0; 14,7; 14,9; 17,5; 7,8; 15,5; 15,0; 20,0; 12,2; 12,0; 12,6; 15,0; 16,5 см.

5.5. Составление виталитетного спектра ценопопуляций по комплексу признаков

Ключевые слова: IVC индекс.

Индекс IVC (Ишбирдин, 2004; Ишбирдин и др., 2005) позволяет дать оценку состояния нескольких популяций (или одной в течение нескольких лет) по комплексу признаков.

$$IVC = \frac{1}{N} \times \sum \frac{x_i}{X_i}, \text{ где}$$

IVC – коэффициент виталитета, x_i – среднее значение i -го признака в ценопопуляции, X_i – среднее значение i -го признака для всех ценопопуляций (или лет наблюдений для одной ценопопуляции), N – число признаков.

В случае увеличения значений признаков в неблагоприятных условиях рекомендуют использовать обратное соотношение: X_i / x_i .

Наибольшее значение индекса IVC соответствует более высокому уровню виталитета (условиям реализации ростовых потенциалов).

По убыванию значений IVC выстраивается градиент ухудшения условий роста (усиления стресса).

Определение типа ценопопуляции проводится по той же формуле, где:

x_i – значение i -го признака конкретной счетной единицы;

X_i – среднее значение i -го признака для всех счетных единиц в объединенной выборке (во всех популяциях или за все годы наблюдений);

N – число признаков.

Затем счетные единицы разделяют по классам виталитета (a, b, c) и устанавливается тип популяции при помощи индекса I_Q . (Ишбирдин и др., 2005).

Размерная пластичность вида (ISP) в пределах исследованных популяций (или лет) может быть оценена отношением (Ишбирдин и др., 2005; Злобин, 2009):

$$ISP = IVC_{\max} / IVC_{\min}, \text{ где}$$

IVC_{\max} – максимальное значение индекса.

IVC_{\min} – минимальное значение индекса.

Задание 1. Определение виталитетного типа ценопопуляции

Материалы и оборудование: калькуляторы или ПК.

1. Определите тип ценопопуляций по данным, представленным в табл. 22.

2. Оцените влияние высоты на состояние ценопопуляций.

Таблица 22

Распределение особей в трёх ценопопуляциях малины обыкновенной по классам виталитета и виталитетный тип ценопопуляций на высотном экологическом профиле (Быструшкин, 2007)

Ценопопуляция*	Класс виталитета особей	Признаки				Среднее по четырём признакам	Виталитетный тип ценопопуляции
		Длина побега	Максимальная длина междоузлия	Количество узлов	Количество узлов с латералами		
5	a	2	1	0	0	0,8	
	b	11	14	5	7	9,3	
	c	7	5	15	13	10,0	
6	a	0	4	1	1	1,5	
	b	6	7	5	14	8,0	
	c	14	9	14	5	10,5	
7	a	4	1	7	9	5,3	
	b	16	9	10	10	11,3	
	c	0	10	3	1	3,5	

Примечание: * – высота убывает от 5 к 7.

**Задание 2. Оценка влияния условий среды
на состояние ценопопуляций**

Материалы и оборудование: калькуляторы или ПК.

1. Оцените влияние высоты на состояние ценопопуляций (табл. 23).

Таблица 23

Средние значения морфологических признаков и индекс виталитета (IVC) в семи ценопопуляциях малины обыкновенной на высотном экологическом профиле (Быструшкин, 2007)

Ценопопуляция	Признаки				IVC
	Длина побега	Максимальная длина междоузлия	Количество узлов	Количество узлов с латералами	
1	376,6	69,3	11,9	3,1	0,6
2	474,1	77,2	11,4	4,1	0,7
3	655,5	97,9	13,6	5,2	0,9
4	752,6	84,6	14,6	4,6	0,9
5	1141,0	126,3	16,1	5,9	1,2
6	1001,9	122,0	16,5	7,7	1,2
7	1322,5	119,7	22,2	11,0	1,5
Среднее	817,7	99,6	15,2	5,9	

Примечание: * – высота убывает от 1 к 7.

Задание 3. Вычисление IVC-индекса

Материалы и оборудование: калькуляторы или ПК.

1. Определите IVC 2-х ценопопуляций пустырника пятилопастного (табл. 24) по комплексу признаков.
2. Сделайте вывод об условиях роста обследованных ценопопуляций.

Таблица 24

Морфологические признаки растений пустырника пятилопастного, произрастающих на площадке № 1

Номер растения	Главный побег				Число боковых побегов, шт.
	высота, см	число листьев, шт.	длина листа, см	ширина листа, см	
1	90,0	12	8,2	6,7	7
2	87,5	20	9,0	6,5	8
3	100,5	14	10,2	9,0	14
4	84,0	22	7,5	6,5	13
5	93,5	12	9,0	7,5	14
6	93,5	10	11,0	9,0	14
7	97,0	14	8,0	6,5	12
8	90,0	20	8,0	6,4	14
9	96,0	10	9,4	6,0	14
10	100,3	10	11,0	6,5	10
11	86,5	14	7,5	6,0	11
12	85,0	16	7,0	5,0	12
13	102,0	18	5,3	3,5	5

14	111,0	14	10,0	11,0	7
15	77,0	24	5,5	7,6	3
16	86,0	14	8,3	6,3	8
17	102,0	18	7,7	6,8	10
18	88,0	20	6,6	7,5	9
19	97,4	18	5,8	4,6	11
20	83,0	20	5,6	4,2	10
21	97,0	22	7,2	6,2	13
22	74,9	22	6,0	7,0	14
23	115,2	24	6,5	4,0	16
24	116,0	20	8,5	7,9	11
25	114,0	22	8,0	10,0	12

Таблица 25

Морфологические признаки растений пустырника
 пятилопастного, произрастающих на площадке № 2

Номер растения	Главный побег				Число боковых побегов, шт.
	высо- та, см	число ли- стьев, шт.	длина листа, см	ширина листа, см	
1	62,0	12,0	7,5	4,0	5,0
2	68,0	16,0	6,5	5,5	6,0
3	76,0	16,0	9,5	8,0	8,0
4	59,0	16,0	4,5	2,0	14,0
5	73,0	14,0	8,0	5,5	9,0
6	58,0	14,0	6,0	4,0	8,0

7	61,0	14,0	6,5	6,0	12,0
8	57,0	14,0	5,0	2,5	18,0
9	71,0	14,0	8,0	5,5	12,0
10	71,0	12,0	6,0	4,0	10,0
11	59,5	12,0	6,9	4,0	7,0
12	52,5	14,0	3,6	2,0	9,0
13	62,5	16,0	5,6	6,2	9,0
14	103,5	16,0	8,0	8,5	9,0
15	52,3	18,0	5,0	4,6	6,0
16	71,5	18,0	3,8	2,2	7,0
17	103,5	14,0	6,7	5,5	8,0
18	62,3	14,0	3,2	2,0	9,0
19	55,2	22,0	4,8	2,4	0
20	61,5	14,0	3,6	5,0	7,0
21	56,0	14,0	3,2	3,0	3,0
22	55,2	20,00	4,0	3,5	7,0
23		20,0	4,6	5,0	8,0
24	65,8	18,0	4,5	6,5	15,0
25	48,0	18,0	5,0	4,8	9,0

**Задание 4. Составление виталитетного спектра
ценопопуляции в лабораторных условиях**

Материалы и оборудование: гербарий, мерная лента, блокнот, карандаш, кулькуляторы или ПК.

Для оценки жизненного состояния ценопопуляций были отобраны и заложены в гербарий генеративные экземпляры растений.

1. Проведите измерения растений по нескольким параметрам и составьте исходную таблицу.
2. Определите коэффициенты вариации признаков и достаточный объем выборки для данного вида.
3. Оцените жизненность ценопопуляции по комплексу признаков.

Задание 5. Изучение виталитета ценопопуляции в полевых условиях

Материалы и оборудование: гербарий, мерная лента, блокнот, карандаш, калькуляторы или ПК.

1. На выбранной модельной площадке измерьте высоту по 30 генеративным экземплярам растений нескольких видов.
2. Составьте исходную таблицу.
3. Определите коэффициент вариации признака и достаточный объем выборки для данных видов.
4. Оцените жизненность ценопопуляций выбранных видов по данному признаку.

РАЗДЕЛ 6. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ РАСТЕНИЙ

6.1. Определение объема выборки

Ключевые слова: генеральная совокупность, выборка (малая выборка), объем выборки, коэффициент вариации, коэффициент Стьюдента, доверительный интервал, допустимая погрешность, среднее арифметическая, ошибка среднего, среднее квадратическое отклонение.

Для получения статистически достоверного результата необходимо определить объем выборки, сделанной из генеральной совокупности.

Генеральной называют совокупность всех объектов, которые подвергаются обследованию или изучению.

Выборкой или выборочной совокупностью называется часть отобранных элементов из всей совокупности.

Число наблюдений, образующих выборку, называют **объемом выборки**.

Малая выборка – выборка, объем которой не превышает 30 (при измерении одного показателя). При измерении нескольких показателей малой считается выборка, если $n/k < 10$ (n – объем выборки, k – число признаков).

Если популяция небольшая, то можно учесть состояние всех особей, т. е. исследователь имеет дело с генеральной совокупностью, и нет необходимости в определении объема выборки.

В больших популяциях берется выборка в случайном порядке. В популяционной экологии растений для получения достоверного результата необходима выборка не менее 20-30 счетных единиц.

Объем выборки зависит от изменчивости признака и определяется по формуле:

$n = [(t_{0,05} \times V) / \varepsilon]^2$, где n – объем выборки, $t_{0,05}$ – коэффициент Стьюдента (равен 1,96 при 95% доверительном интервале), V – коэффициент вариации в %, ε – допустимая погрешность (5%), X – знак умножения.

Объем выборки рассчитывается по признаку с максимальным коэффициентом вариации (Злобин и др., 2013).

При $\varepsilon = 5\%$ объем выборки можно определить по табл. 26.

Таблица 26

Соотношение коэффициента вариации и объем выборки

Значение коэффициента вариации, %	Необходимый объем выборки, шт.
5	4
10	15
15	35
20	61
25	96

Задание 1. Определение объема выборки по коэффициенту вариации

Материалы и оборудование: калькулятор или ПК.

При изучении популяции охраняемого растения у 10 экземпляров измерены высота растений и размер листовой пластинки. Для высоты растений $V = 6,8\%$, для размера листовой пластинки $V = 13,9\%$.

Определите, достаточной ли была выборка в проведенных исследованиях.

Задание 2. Определение статистической достоверности данных по объему выборки

Материалы и оборудование: калькулятор или ПК.

Студенты во время практики обнаружили, что пу-стырник пятилопастный может расти на мусорных кучах (площадка 1) и на обочинах дорог (площадка 2). Они изме-рили растения в разных местообитаниях (табл. 24, 25).

1. Вычислите необходимые статистические пара-метры (желательно использовать пакеты статистических программ): M , m , σ , L , $V(\%)$ по формулам (Плохинский, 1970):

$M = \sum x_i / N$, где x_i – значения признака, N – объем выборки;

$m = \sigma / \sqrt{(N-1)}$, где m – ошибка средней арифметиче-ской, σ – среднее квадратическое отклонение;

$\sigma = \sqrt{[L / (N-1)]}$;

$L = \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / N$;

$V = \sigma \times 100 / M$.

2. Определите самый изменчивый признак и объ-ем необходимый выборки.

3. Достаточной ли была выборка в вариантах наблюдений?

4. Как можно оценить статистическую достовер-ность полученных данных?

Контрольные вопросы

1. Каким образом отбираются параметры, необхо-димые для построения виталитетного спектра?

2. Какие счетные единицы используются для оценки жизненности?

3. Какой должен быть объем выборки при опреде-лении виталитетного спектра?

4. На чем основано выделение классов виталитета по Злобину Ю.А.?

5. Каковы критические условия выделения клас-сов жизненности?

6. Каким образом определяется индекс виталитета по комплексу признаков?

7. Как определить виталитетный тип популяции по комплексу признаков?

6.2. Семенная продуктивность

Ключевые слова: потенциальная, специфическая, условно-реальная и реальная семенная продуктивность, репродуктивная способность растений, средняя продуктивность растения, общая семенная продуктивность, всхожесть, запас, урожай, реализация семян.

Семенная продуктивность – число семян, продуцируемых одной особью (одним генеративным побегом) в год исследования (количество семян, производимых одним экземпляром растения за год).

Семенная продуктивность является показателем жизнеспособности вида в ценопопуляции и позволяет судить о способности популяции к самоподдержанию (Злобин, 2013).

Основными репродуктивными характеристиками являются показатели **потенциальной семенной продуктивности, условно-реальной семенной продуктивности и реальной семенной продуктивности.**

Потенциальная семенная продуктивность – ПСП – число всех (максимально возможное количество) семян, произведенное за определенное количество времени. Оценивается по количеству цветков (шт).

Реальная семенная продуктивность (РСП), или фактическая семенная продуктивность (ФСП) – число полноценных, жизнеспособных семян или плодов (если плод односемянный) (шт).

Семенная продуктивность определяется из расчета на особь или генеративный побег. Семенная продуктивность ценопопуляции подсчитывается путем умножения значения семенной продуктивности особи (побега) на число счетных единиц в популяции.

Расчет семенной продуктивности можно производить не только на побег и особь, но и на цветок и плод. Например у видов фиалок – род *Viola*, трудно установить семенную продуктивность особи, т.к. плодоношение происходит в течение всего вегетационного сезона и при созревании семена разбрасываются (Елисафенко, 2012). В исследованиях могут потребоваться дополнительные показатели, такие как:

Условно-реальная семенная продуктивность (УРСП) – число завязавшихся семян, или плодов, включая незрелые, и поврежденные (шт). Расчет этого параметра целесообразно применять для редких растений (Злобин, 2013);

- среднее число семян в одном плоде шт.;
 - число плодов, (шт);
 - число плодов в соцветии (шт);
 - процент плодоцветения (плодозавязываемость) (%)
- отношение числа завязавшихся плодов к числу цветков – важный показатель для редких видов растений (Злобин, 2013);
- число недоразвитых и поврежденных семян или плодов в соцветии (шт);
 - доля недоразвитых и поврежденных семян в соцветии;
 - коэффициент семенной продуктивности ($K_{\text{сп}}$) или коэффициент семенификации (выражен в долях) – рассчитывается как отношение РСП к ПСП.
 - процент семенификации – тоже отношение РСП к ПС, выраженное в %.
 - масса 1000 семян (г);
 - масса семян с одного растения (г) определяется перемножением средней семенной продуктивности цветка, числа цветков на побеге, числа побегов на особи.

Оценка жизнеспособности семян, т.е. свойства семян сохранять способность к прорастанию проводится химиче-

ским (тетразольным) методом (Злобин, 2013). Семена замачиваются в 1% растворе 3,3,5-трифенилтетразолхлорида при рН от 6 до 7. Затем с них снимается кожура и по окраске зародыша семени оценивают состояние семян. В живых семенах зародыш окрашен красным, в мертвых – остается бесцветным. Подсчитывается коэффициент жизнеспособности семян (КЖС) по отношению числа жизнеспособных семян к общему числу сформировавшихся семян.

Всхожесть семян (%) – это количество появившихся всходов, выраженное в процентах к количеству высеянных семян. Отдельно оценивают при необходимости грунтовую (полевую) и лабораторную всхожесть семян. Используют по 100 семян одного вида в каждом режиме опыта.

Продолжительность сохранения жизнеспособности семян – опыт по проращиванию семян разных сроков хранения, от свежесобранных, до 5- 6 летнего хранения (Елисафенко, 2012).

Для достоверности статистической обработки полученных данных необходима определенная выборка счетных единиц. Достоверные данные можно получить из 100 учетных единиц (Вайнагий, 1974). У некоторых видов подсчет цветков и семян удобнее подсчитывать раздельным способом: на 100 особях подсчитывается число генеративных побегов, на 100 генеративных побегах – число соцветий, на 100 соцветиях – число цветков и семян (Вайнагий, 1985). В малочисленных популяциях подсчеты могут проводиться на меньшем количестве счетных единиц: 25 (Вайнагий, 1985); 10-25 (Смолянский, 2012).

Задание 1. Определение семенной продуктивности

Материалы и оборудование: калькуляторы или ПК.

Рассчитайте потенциальную и реальную семенную продуктивность особей и урожай семян у луговика дернистого (табл. 27).

Таблица 27

Семенная продуктивность луговика дернистого в различные годы исследований
(Изучение структуры и ..., 1986)

Год	Возраст. сост.	Число цветков на растении	Число плодов на растении	Число генеративных побегов на особи	Реальная семенная продуктивность особи	Потенциальная семенная продуктивность особи	Число особей	Семенная продуктивность возраст. групп на 1 м ²
1980	g ₁	428	363	19			43	
	g ₂	678	612	57			92	
	g ₃	359	313	10			19	
	М на м ²	58,6	51,52	3,44			6,16	
1981	g ₁	149	140	30			57	
	g ₂	187	180	77			77	
	g ₃	176	152	10			40	
	М на м ²	20,48	18,88	4,88			6,96	

Примечание: Луговик дернистый – растение из семейства Злаковые, для которых характерно образование одной семяпочки в цветке. М – в среднем на 1 м².

Рассчитайте реализацию семян в 1981 г., если известно, что в этом году на 14 площадках размером 10X20 см было обнаружено 139 проростков, 393 ювенильных, 96 имматурных и 4 виргинильных особи.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность выборочного метода учета семенной продуктивности?
2. Какие показатели определяются при выборочном учете семенной продуктивности?
3. В чем заключаются особенности изучения семенной продуктивности на постоянных площадках?
4. Какое значение имеет изучение семенной продуктивности?
5. Какие показатели необходимы для изучения семенного возобновления?
6. От чего зависит урожай семян?

6.3. Динамика популяций

Ключевые слова: динамика ценопопуляций, рост ценопопуляции; сукцессия, флуктуация; интенсивность онтогенетических преобразований, коэффициент вариации численности, кривые выживания, кривые исчерпания, период полужизни (полуизреживания) ценопопуляции, интенсивность отмирания, интенсивность возобновления.

Изучение изменчивости популяций лежит в основе исследования механизмов устойчивости фитоценозов и популяций. Динамические процессы охватывают практически все процессы жизнедеятельности популяции. **Динамика популяций** проявляется в виде колебаний численности, возрастного состава, проективного покрытия, биомас-

сы и других параметров. Изменение численности особей называют **ростом популяции** (Злобин, 2009).

Способность к изменению позволяет особи приспосабливаться к варьирующим условиям среды, а существование нормы реакции обеспечивает относительную стабильность жизненной формы. Пределы варьирования признаков различны у разных видов и у организмов одного вида, отличающихся генетически. Устойчивость популяций может поддерживаться, благодаря как динамичным, так и стабильным элементам и признакам.

Динамика ценопопуляций характеризуется направленностью, длительностью, интенсивностью, размахом и может быть вызвана различными причинами.

Одноправленные изменения популяций называются **сукцессиями**, а обратимые – **флуктуациями**. Большие волны развития ценопопуляции представляет собой сукцессии, малые – флуктуации. Сукцессии и флуктуации могут быть **кратковременными** и **длительными**. По интенсивности и размаху **сукцессии** подразделяются на **катастрофические** и **постепенные**, **флуктуации** – на **крупномасштабные** и **мелкомасштабные**. **Мелкомасштабные флуктуации** представляют собой изменения, при которых сохраняются тип возрастного спектра, уровень плотности, изменяются жизненный спектр, фитомасса, интенсивность самоподдержания. **Крупномасштабные флуктуации** характеризуются резкими колебаниями плотности, жизненного состояния, урожайности, фитомассы, приводят к изменению возрастного спектра.

Наблюдаемые в конкретных популяциях динамические изменения представляют собой сложное сочетание сукцессий и флуктуаций разных типов. Их соотношение зависит от стратегии вида, фитоценотического окружения, интенсивности и характера воздействия среды. Наибольшей стабильностью характеризуются ценопопуляции доми-

нантов (эдификаторов), наименьшей – ассектаторов (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

Причины сукцессий и флуктуаций могут быть **экзогенными** (эктопогенными, фитогенными, зоогенными, антропогенными) и **эндогенными** (Динамика ценопопуляций растений, 1985; Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

При изучении динамики популяций могут использоваться классические методы геоботаники, позволяющие оценить временную изменчивость интегральных показателей роли конкретного вида в фитоценозе (покрытие, фитомасса, семенная продуктивность). Эколого-демографическое и популяционно-онтогенетическое направления предполагают использование популяционных (численности, плотности, рождаемости, смертности, возрастности, возрастной структуры и др.) и организменных (количество побегов, соотношение и размер побегов разного типа, число и размер листьев, биомасса побегов, число партикул в клоне, число и размер парциальных образований, семенная продуктивность особи) показателей. Изучение динамики ценопопуляций и фитоценозов позволяет выявить и определить тип поведения растений. Результаты всех направлений лежат в основе математического моделирования, разрабатывающего модели роста популяций, биологической продуктивности, пространственно-временных изменений в ценопопуляциях (Жукова, 1995).

Динамика популяционных характеристик изучается при проведении многолетних стационарных исследований на постоянных площадках с дополнительным маркированием или картированием модельных растений (описано ранее). Такой метод отличается большой трудоемкостью и рекомендуется для особо важных видов: охраняемых, лекарственных и др.

Когда необходима и возможна раскопка растений, наблюдения проводятся на одном и том же участке ценопопуляции, но на сменных площадках, избегая вторичного их расположения на одном месте. Когда раскопка растений не проводится, ценопопуляция изучается на постоянных площадках или трансектах, которые разбиваются на квадратные площадки. Постоянные площадки или трансекты закладываются в типичных для исследуемого вида условиях в местах с высоким обилием. Удобнее площадки шириной не более 0,5 м. Углы площадок отмечаются деревянными кольями или уголками из толстого провода с цветной изоляцией, которые прижимаются к почве крупными скрепками.

Маркировать целесообразно большое число особей (30-50) и наблюдать их попеременно, чтобы не вызвать угнетений растений. Поиск особей облегчается при их картировании.

Повторная ревизия трансект осуществляется ежегодно в одно и то же время сезона. Учёты проводятся ежегодно ранней весной после схода снега или воды, летом и осенью. Возможно, в зависимости от цели исследования и темпов развития вида, проведение дополнительных учётов.

Во время учёта в блокнот записываются: возрастное состояние, размеры, число и высота побегов, количество листьев и их размер, отмечаются погибшие, погибающие, а также вновь появившиеся растения. При изучении двудомных видов учитывается число мужских и женских генеративных растений. Обычно выявляется группа найденных растений, которую только через год (и даже более) наблюдений можно отнести к погибшим, так как многие виды способны при неблагоприятных условиях переходить в состояние временного покоя.

При изучении длиннокорневищных растений с высоким обилием целесообразно закладывать учетные площад-

ки площадью 0,25 м², разделять их на прямоугольные блоки (10 x 50 см) и вести подсчёт отдельно по блокам.

Для установления численности проростков при большом их количестве удобно закладывать мелкие площадки: 5 x 5, 10 x 10, 10 x 50 см в пределах общей трансекты или серии временных площадок в течение всего сезона. При невозможности проведения повторных наблюдений в течение сезона, весной следующего года тщательно отмечаются ювенильные растения и, если это возможно, отмершие проростки. Такой подход позволяет определить уровень элиминации на ранних этапах онтогенеза.

Учёт всходов проводят в нижних квадратах трансекты и отмечают их положение на специальных картах (в масштабе 1:2). Сезонная динамика всходов выявляется путем проведения наблюдений один раз в месяц в течение вегетационного сезона (Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986).

Возможны также однократные описания (проводимые в дву- трехкратной повторности) в пространственных рядах, которые интерпретируются как временные. Повторные маршрутные обследования одних и тех же популяций также дают представления о динамике некоторых учитываемых параметров (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

Периодичность наблюдений зависит от продолжительности полного онтогенеза и возрастных состояний растений, сроков отмирания и размножения.

При изучении динамики популяций малолетников и вегетативно-подвижных многолетников необходимы ежемесячные (а на ранних этапах и более частые) наблюдения. Ранневесенние наблюдения позволяют зарегистрировать отмирание и партикуляцию особей, происходящую в осенне-зимний период.

При однократных в течение сезона наблюдениях, желательно придерживаться одних и тех же сроков, а затем сопоставлять полученные данные с сезонными изменениями у исследуемого вида, описанными хотя бы однократно. Такой подход позволит выявить характер и направленность разномасштабных динамических процессов.

Динамические показатели популяции

Изменение любого показателя можно оценить с помощью таких расчетных параметров, как скорость, темп изменения и коэффициент вариации. Кроме этого предложен ряд производных специфических популяционных параметров.

Скорость изменения показателя за единицу времени:

$$(M_2 - M_1)/(t_2 - t_1), \text{ где:}$$

M_2, M_1 – средняя величина параметра в определенный момент времени – t_2, t_1 .

Темп изменения показателя за единицу времени:

$$(t_2 - t_1)/(M_2 - M_1), \text{ где:}$$

M_2, M_1 – средняя величина параметра в определенный момент времени – t_2, t_1 .

Коэффициент вариации показателя (CV, %):

$$CV = (\sigma * 100) / M, \text{ где:}$$

σ – среднее квадратическое отклонение;

M – средняя величина параметра.

В случае определения динамизма численности коэффициент вариации (CV_N) оценивает степень ее явного варьирования, так как при этом невозможно учесть смены растений в результате их появления и отмирания.

Коэффициент варьирования числа генеративных побегов (CV_G) оценивает динамизм генеративной функции.

Коэффициент вариации индекса возрастности (CV_{Δ}) оценивает изменчивость возрастного состава популяции и определяется в том случае, если наблюдения охватывают не менее 5-7 моментов времени.

Скорость роста популяции вычисляется по формуле:

$$PRG = (N_{t+1} - N_t) * 100 / N_t, \%$$

N_t – число особей в году. При увеличении размера популяции – значение положительное, при уменьшении – отрицательное.

По характеру динамики численности выделяются следующие категории популяций: стабильные, растущие, сокращающиеся. В стабильных популяциях отмирание растений уравнивается появлением новых. В растущих появление новых растений превышает отмирание, что приводит к увеличению размера популяции. В сокращающихся число отмирающих растений больше числа вновь появившихся. (Злобин, 2009).

Лабильность баланса численности (Ценопопуляции растений : Очерки ..., 1988):

$$B = I - \frac{N_p}{N}, \text{ где}$$

B – лабильность баланса численности;

N_p – число счетных единиц, сохранившихся в течение всего срока наблюдений;

N – общее число счетных единиц, отмеченных для данного вида на всей площади трансекты за все время наблюдения.

Показатель измеряется в долях единицы, его значение тем выше, чем быстрее идет смена особей в ценопопуляции (Динамика ценопопуляций растений, 1985; Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986).

Стабильность баланса популяции (S_b) по Жуковой Л.А.:

$$S_b = (A - C) / A, \text{ где}$$

A – общее число особей существовавших в течение времени t ;

C – число вновь появившихся особей.

Чем выше значение этого показателя, тем меньше новых растений в ценопопуляции и больше ее стабильность (Жукова, 1995).

Лабильность баланса численности и стабильность популяции оценивают скрытую динамику, обусловленную сменой особей (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

Показатель интенсивности онтогенетических преобразований:

Показатель определяется на основе матрицы переходов всех растений на трансекте (при стационарных наблюдениях) в другое возрастное состояние.

I_d – доля (в %) особей, у которых изменяется возрастное состояние, от общего числа особей (Динамика ценопопуляций растений, 1985; Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986).

Кривые выживания и истощения (Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986):

На основе данных о числе особей в каждый момент времени можно построить кривые выживания (для одновозрастной когорты особей) и кривые истощения (для разновозрастной популяции – Harper, 1977). Кривые истощения отражают ход процессов отмирания, т. к. учитывается судьба лишь тех особей, которые были отмечены в начале наблюдений (вновь образовавшиеся растения не учитываются).

Скорость отмирания (Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986).

Оценивается длительностью полужизни популяции (H), которая определяется на основе кривых выживания (изменения численности одного поколения особей во времени) или кривых истощения (изменение численности разновозрастной группы особей). Длительность полужизни можно определить, если кривые имеют экспоненциальный характер, т. е. в лог-шкале представляют прямолинейную зависимость. Если линии отмирания криволинейны, они разбиваются на прямолинейные отрезки и длительность полужизни определяется отдельно для каждого периода жизни (Динамика ценопопуляций растений, 1985).

$$H = \frac{t \cdot \ln 2}{\ln N_x - \ln N_{x+t}}, \text{ где}$$

N_x – число особей в возрасте x ,

N_{x+t} – число особей, оставшихся живыми за интервал времени t .

Этот показатель отражает время, за которое численность ценопопуляции уменьшается в два раза; чем он ниже, тем быстрее изреживается ценопопуляция.

Интенсивность отмирания определяется как отношение (в %) числа растений, отмерших за тот или иной период времени, к числу растений в начале этого периода. Этот показатель можно определить как для всех учтённых особей, так и для каждой возрастной группы отдельно.

Интенсивность пополнения или возобновления (I, %) оценивается как отношение числа появившихся на трансекте ювенильных растений к общему числу учтенных (Динамика ценопопуляций растений, 1985; Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986).

Скорость развития ценопопуляций (Изучение структуры и взаимоотношения..., 1986; Жукова, 1995):

$V_{\Delta} = (\Delta_2 - \Delta_1) / (t_2 - t_1)$, где

V_{Δ} – скорость развития ценопопуляции;

Δ_1 – индекс возрастности исходный;

Δ_2 – индекс возрастности конечный;

$t_2 - t_1$ – промежуток времени (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988).

Специфическая скорость развития ценопопуляции (r_{Δ}) (Жукова, 1995):

$r_{\Delta} = (\Delta_n - \Delta_1) / N(t_2 - t_1)$, где

Δ_n – индекс возрастности конечный;

Δ_1 – индекс возрастности исходный;

$t_2 - t_1$ – промежуток времени;

N – число особей в популяции.

Специфическая скорость развития ценопопуляции может рассчитываться за весь период наблюдений и для каждого года.

При сравнении разных видов V_{Δ} и r_{Δ} определяются в процентах (Ценопопуляции растений: Очерки ..., 1988). Показатель выражается положительной величиной при старении ценопопуляции или отрицательной при ее омоложении. Он отражает масштабы изменчивости возрастной структуры в тот или иной период времени (Жукова, 1995).

Задание 1. Определение динамических характеристик ценопопуляций

1. Рассмотрите таблицу, оцените возможность определения динамических показателей ценопопуляций (примеры 1, 2).

2. Рассчитайте и сравните динамические показатели ценопопуляций.

Пример 1

Таблица 28

Численность возрастных групп в ценопопуляции терескена ленского, число особей на 10 м² (Иванова В.П., Говорина Т.П., 1985)

Возрастные группы	Год	Номер пробной площадки		
		1	2	3
j	1972	0	0	0
	1973	0	0	0
im	1972	0	0	0
	1973	0	0	0
v	1972	9	8	4
	1973	8	7	4
g	1972	12	10	5
	1973	18	12	8
s	1972	5	5	7
	1973	4	4	9
Всего	1972			
	1973			
Кд	1972			
	1973			

Пример 2

Таблица 29

Возрастной состав ценопопуляции кандыка сибирского (2014-20 гг.)

Возрастное состояние	Число особей шт./м ²	
	2014	2020
P	0	0
J	0,50	1,32
im	1,60	2,80
v	0,84	0,95
g	2,83	1,70
Всего		
Возрастность		

Контрольные вопросы

1. Какой метод позволяет изучать динамику популяций?
2. Какие расчетные параметры характеризуют динамику популяций?
3. Что такое динамика популяций и чем она характеризуется?
4. Как проводится маркирование особей?
5. Каким образом проводится картирование особей?
6. Какие первичные параметры особи учитываются в полевых наблюдениях?
7. Какие первичные параметры популяции необходимо определять в полевых условиях?
8. Какие определяются производные параметры популяции?
9. Какие данные необходимы для определения лабильности числа особей?
10. При каких условиях возможно определение интенсивности и скорости отмирания

6.4. Представление результатов изучения ценопопуляций

Ключевые слова: радиальные диаграммы.

Наглядное представление о состоянии ценопопуляций по комплексу признаков дают радиальные диаграммы. Для их построения для каждой популяции вычисляется среднее значение организменного признака и популяционного параметра. Диапазон варьирования каждого признака разбивается на 5 классов по равномерной шкале, каждому классу присваивается балл от 1 до 5 (наименьший балл –

наименьшее значение показателя). Каждая популяция оценивается в баллах, и строятся диаграммы. Диаграммы можно построить по одному признаку для всех популяций или по комплексу признаков отдельно для каждой популяции. Возможно совмещение на одной диаграмме комплекса признаков и всех популяций. Затем эти баллы суммируются, и проводится сравнительная оценка состояния различных популяций по комплексу признаков (Леонова, Черемушкина, 2013).

Задание 1. Построение радиальных диаграмм

Материалы и оборудование: калькуляторы или ПК.

1. Используя данные табл., постройте радиальные диаграммы.
2. Оцените состояние ценопопуляции в разные годы по сумме баллов.

Таблица 30

Климатические данные по сезонам и некоторые характеристики ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (Ишбирдин и др., 2005)

Год	Популяционные характеристики		
	Численность	Доля генеративных особей	IVC
1994	87	26,4	1,05
1995	61	45,9	0,92
1997	84	41,7	0,91
2000	57	35,1	1,19
2001	53	37,7	0,92
2003	57	38,6	1,01
2004	64	45,3	0,99

Задание 2. Построение радиальных диаграмм

Материалы и оборудование: калькуляторы или ПК.

1. Используя данные табл. 31, постройте радиальные диаграммы.

2. Оцените состояние различных ценопопуляций по сумме баллов.

Таблица 31

Характеристики различных ценопопуляций
солодки уральской

№ ЦП	Площадь, м ²	Плотность, шт/м ²	Индекс Одума	Виталитет
1	199,3	7,1 ± 1,00	2,1	0,95
2	300,0	2,3 ± 0,35	1,7	0,62
3	3600,0	14,7 ± 1,31	3,27	0,88
4	260,6	5,7 ± 0,88	2,85	1,88
5	823,8	0,8 ± 0,25	1,35	0,70
6	17880,0	1,8 ± 0,35	2,01	0,82
7	168,0	2,0 ± 0,32	2,44	0,8

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акшенцев Е.В. Пространственно-временная организация ценопопуляций купальницы европейской (*Trollius europaicus* L.). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Йошкар-Ола. 2006. – 19 с.

Борисова М.А., Маракаев О.А. Редкие виды растений: практика исследований в природе: учебно-методическое пособие / Ярослав. гос. ун-т. Ярославль, 2015. – 64 с.

Бузмаков С.А., Овеснов С.А., Шепель А.И., Зайцев А.А. Методические указания «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения» // Географический вестник, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, 2011. – С. 49-59.

Быструшкин А.Г. К вопросу об оценке жизненности ценопопуляций: сравнение методов на примере *Rubus idaeus* L. Вестн. Челябинск. гос. ун-та, № 6 (84), 2007. – С. 108-116.

Воронов А.Г. Геоботаника: учеб. пособие для ун-тов и пед. ин-тов. – М.: Высшая школа, 1973. – 384 с

Диагнозы и ключи возрастных состояний злаков. Метод. разработки для студ. биол. спец. М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина. 1997. – 141 с.

Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники. Метод. разработки для студ. биол. спец. Ч. 1. М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина. 1989. – 102 с.

Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Эфемероиды. Метод. разработки для студ. биол. спец. М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина. 1987. – 80 с.

Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. Метод. разработки для студ. биол. спец. Ч. 2. М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина. 1983. – 96 с.

Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. Метод. разработки для студ. биол. спец. Ч. 3. М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина. 1983. – 80 с.

Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. Однодольные. Злаки. Метод. разработки для студ. биол. спец. Ч. 1. М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина. 1980. – 109 с.

Елисафенко Т.В. Изучение особенностей латентного периода растений на примере видов секций *Mirabiles* рода *Viola* (*Violaceae*) //Растительный мир Азиатской России, 2012.- № 2(10). – С. 66-72.

Животовский Л.А. Онтогенетические спектры, эффективная плотность и классификация популяций растений. Экология. 2001. № 1. – С. 3-7.

Жиляев Г.Г. Виталитетный состав и его роль в субпопуляционных локусах *Soldanella hungaria* Simonk. (*Primulaceae*) в Карпатах. – Сибирский экологический журнал. 6. 2011. – С. 885-893.

Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола, 1995. – 224 с.

Жукова Л.А., Дорогова Ю.А., Турмухаметова Н.В., Гаврилова М.Н., Полянская Т.А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола, 2010. – 368 с.

Жукова Л.А., Полянская Т.А. О некоторых подходах к прогнозированию перспектив развития ценопопуляций растений. Вест. ТГУ, сер. Биол. и экол. Вып. 32, № 31, 2013, – С. 160-171.

Заугольнова Л.Б. Методика сбора и объем материала // Восточноевропейские широколиственные леса. Отв. ред. О.В. Смирнова. – Наука М, 1994 б. – С. 74–93.

Заугольнова Л.Б. Структура популяций семенных растений и проблемы их мониторинга. Дисс. ... д-ра биол. наук. СПб, 1994 а. – 70 с.

Заугольнова Л.Б., Михайлова Н.Ф. Структура фитогенного поля особей у некоторых плотнодерновинных злаков. Бюл. МОИП. Отд. Биол., Т. 83(6), 1978, – С. 79-89.

Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. – Сумы: Университетская книга, 2013. – 439 с.

Иванова В.П., Говорина Т.П. Терескен ленский – *Ceratoides lenensis* (Kumin.) Jurtz. et Kam. // Биология растений Сибири, нуждающихся в охране. Новосибирск: Наука, 1985. – С. 114-129.

Игнатов М.С., Афонина О.М. Список мхов территории бывшего СССР. -1992, *Arctoa*, Т. 1 (1-2). – С. 1-86.

Изучение структуры и взаимоотношения ценопопуляций. М.: МГПИ им. В. И. Ленина, 1986. – 74 с.

Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М., Жирнов Т.В. Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) RICH. на территории башкирского государственного заповедника. Вестник Нижегородского университета 2005, № 1, – С. 85-98.

Константинова Н.А., Потемкин А.Д., Шляков Р.Н. Список печеночников и антоцеротовых мхов территории бывшего СССР. – 1992, *Arctoa*, Т. 1 (1-2), – С. 87-127.

Куприянов А.Н. Особенности онтогенеза и состояние популяций *Erythronium sibiricum* (Fisch. et C. A. Mey) Kryl. в зависимости от степени антропогенного воздействия / А.Н. Куприянов, О.А. Куприянов // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий: сб. науч. тр. Кемеровск. отд. РБО. – Вып. 8. – Кемерово, 2012. – С. 18–24.

Лекарственные растения: разнообразие жизненных форм: учебное пособие / Мар. гос. ун-т; Л.А. Жукова, О.П. Ведерникова, Т.М. Быченко, Г.О. Османова. – Йошкар-Ола: ООО ИПФ «СТРИНГ», 2015. – 168 с.

Леонова Т.В., Черемушкина В.А. Состояние ценопопуляций *Coluria geoides* (Rosaceae) в луговых степях и лес-

ных фитоценозах Хакасии. Раст. Мир Азиатской России, 2013, №1 (11). – С. 3-6.

Манджикова О.В. Структура ценопопуляций овсяницы валлиской (*Festuca valesiaca* Gaudin) и их эколого-биоморфологическая характеристика в Республике Калмыкия. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Саратов, 2012. – 19 с.

Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (для ботанических садов) // Ю.Н. Горбунов [и др.]. – Тула: Гриф и К, 2008. – 56 с.

Методические указания к спецкурсу "Популяционная экология растений" // Л.А. Жукова [и др.]. – Йошкар-Ола, 1994. – 97 с.

Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В., Комаров А.С., Ханина Л.Г. Мониторинг фитопопуляций // Успехи современной биологии. – Изд-во «Наука», т. 113, № 4, 1993. – С. 402-414.

Неравномерность размещения особей как источник познания истории и динамики ценопопуляций / Уранов А.А., Григорьева Н.М., Заугольнова Л.Б., Михайлова Н.Ф., Смирнова О.В., Торопова Н.А. Мат. IV Всесоюзного совещания "Количественные методы анализа растительности", Уфа, 1974. – С. 217-221.

Онтогенетический атлас лекарственных растений. Учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГУ, 1997. – 240 с.

Онлайн-определитель растений Плантариум <http://www.plantarium.ru/page/find.html>

Поляруш А.А. Эпистемология. Сборник понятий. Ч. 1 / А.А. Поляруш. – Ачинск, 2017. – 66 с.

Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР / Денисова И.В., Никитина С.В., Заугольнова Л.Б. – М., 1986. – 34 с.

Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника, 1950. Вып. 6. – С. 7–204.

Сохранение и восстановление биоразнообразия: учеб. пособие / В. Е. Флинт и [и др.]. – М.: Изд-во науч. и учеб.-метод. центра, 2002. – 286 с.

Уранов А.А. Возрастной состав фитоценопопуляций как функция времени энергетических волновых процессов. Биол. науки, 1975. – № 2. – С. 7–33.

Уранов А.А. Фитогенное поле / Проблемы современной ботаники. М.; Л.: Наука, 1965. – Т. 2. – С. 251–254.

Фардеева М.Б., Рогова Т.В. Методы изучения пространственно-возрастной структуры популяций растений. Растительные ресурсы. – Т. 48, Вып. 4, 2012. – С. 597–613.

Ценопопуляции растений: Основные понятия и структура. / Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б., Ермакова И.М. и др. – М.: Наука, 1976. – 216 с.

Ценопопуляции растений: Очерки популяционной биологии / Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Комаров А.С. и др. – М.: Наука, 1988. – 184 с.

Ценопопуляции растений: Развитие и взаимоотношения. / Уранов А.А., Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В. и др. – М.: Наука, 1977. – 183 с.

Черемушкина В.А. О характерном и видовом онтогенетических спектрах ценопопуляций растений разных жизненных форм / В.А. Черемушкина // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Матер. III Всероссийской научной конф. – Йошкар-Ола, Пуцдино: Мар. гос. ун-т, 2008. – С. 39–40.

Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных стран. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 990 с.

Шивцова И.В., Жукова Л.А. Новый подход к изучению пространственной структуры вегетативно-подвижных видов на примере земляники лесной (*fragaria vesca* L.) // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2009. – № 323. – С. 370–373.

Учебное издание

Ковригина Любовь Никифоровна
Романова Наталья Геннадиевна
Терёхина Татьяна Александровна
Овчарова Наталья Владимировна

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
«МОНИТОРИНГ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ»**

Учебное пособие

Издание опубликовано в авторской редакции

Подготовка оригинал-макета *С.И. Тесленко*

Оформление обложки Ю.В. Плетнева
В оформлении обложки использована
фотография *Н.В. Овчаровой*

Издательская лицензия ЛР 020261 от 14.01.1997.
Подписано в печать 11.03.2022. Формат 60x84 / 16. Бумага
офсетная. Усл.-печ. л. 9,1. Тираж 200 экз. Заказ № 74

Типография Алтайского государственного университета
656049 Барнаул, ул. Димитрова, 66