

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Меркулов Евгений Сергеевич

Должность: и.о. ректора

Дата подписания: 06.03.2021 10:03

Уникальный программный ключ:

39428e82d614a3cd984f917b018f0fd2c07182daabc77db685db2d16370f6e7c

ОПОП

СМК-РПД-В1.П2-2021

Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Б1.О.36 «Экология растений»

**Направление подготовки (специальность):** 06.03.01 Биология

**Профиль подготовки:** Биоэкология

**Квалификация выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

**Курс 3          Семестр 5**

**Зачет:** 5 семестр

Петропавловск-Камчатский 2021 г.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.03.01 Биология, утвержденного Приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 №920.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП ВО .....	4
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине .....	4
4. Содержание дисциплины .....	5
5. Тематическое планирование .....	5
6. Самостоятельная работа .....	7
6.1. Планы семинарских (практических) занятий .....	7
6.2. Внеаудиторная самостоятельная работа .....	44
7. Перечень вопросов на зачет .....	44
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение .....	45
9. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента .....	47

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

### 1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов представлений о закономерностях взаимодействия растительных организмов друг с другом и средой их обитания, познание организации и функционирования растительных организмов и их совокупностей, как биологических систем разного уровня организации.

Задачи освоения дисциплины:

- изучить основные закономерности жизнедеятельности растительного организма;
- изучить факторы, необходимые для его существования и возможные стрессовые (лимитирующие) факторы;
- ознакомиться с чертами устойчивости растений к неблагоприятным факторам;
- обсудить особенности функционирования растительных популяций и их сообществ;
- сформировать представление о роли фиторазнообразия как ведущего фактора устойчивости экосистем.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Б.1. Дисциплины (модули), обязательная часть. Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и компетенции, полученные студентами при изучении курса «Ботаника», «Органическая химия», «Общая экология». Дисциплина призвана обобщить, систематизировать и углубить имеющиеся у студентов знания о растениях, их взаимодействии друг с другом и средой обитания. Дисциплина изучается перед курсом «Физиология растений», что позволяет сформировать единое представление о специфике растений на организменном, популяционном и экосистемном уровнях организации жизни.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 06.03.01 Биология:

Шифр компетенции, формируемой в результате освоения дисциплины	Наименование компетенции	Результаты освоения компетенции
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	
ОПК-4	Способен осуществлять мероприятия по охране, использованию, мониторингу и восстановлению биоресурсов, используя знание закономерностей и методов общей и прикладной экологии	
ОПК-8	Способен использовать методы сбора, обработки, систематизации и представления полевой и	

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

	лабораторной информации, применять навыки работы с современным оборудованием, анализировать полученные результаты	
--	---	--

#### 4. Содержание дисциплины

Общее представление об экологических факторах (свет, температура, вода, воздух, почвы и грунты, рельеф). Основные направления адаптации к ним, экологические группы растений. Жизненные формы растений как результат адаптации к факторам окружающей среды. Практическое использование данных аутоэкологии растений (биоиндикация и биотестирование). Взаимоотношения растений друг с другом. Консорции. Взаимоотношения между растениями и их консортами. Эколого-фитоценотические стратегии растений. Экологические ниши растений. Экологические шкалы. Конкурентное исключение. Структура популяций растений и их динамика во времени и пространстве. Понятие о ценопопуляции. Плотность ценопопуляции. Масса ценопопуляции. Распределение особей в пространстве. Виталитет ценопопуляции. Генетическая структура ценопопуляции. Возрастная структура ценопопуляции. Понятие о фитоценозе и его структуре. Функциональные роли видов в фитоценозе. Флористический состав фитоценоза. Вертикальная структура фитоценоза. Горизонтальная структура фитоценоза. Динамика фитоценозов во времени и пространстве. Суточная динамика. Сезонная динамика. Разногодичная динамика. Возрастная изменчивость фитоценозов. Сукцессии. Основные методические подходы к изучению фитоценозов. Классификация растительности. Человек и его роль в изменении растительного покрова.

#### 5. Тематическое планирование

##### Модули дисциплины

№	Наименование модуля	Лекции	Практики/ семинары	Лабораторные	Сам. работа	Всего, часов
1	Экология растений	20	10	10	68	108
<b>Всего</b>		20	10	10	68	108

##### Тематический план

##### Модуль 1

№ темы	Тема	Кол-во часов	Компетенции по теме
	<b>Лекции</b>		
1	Классификация факторов среды. Выделение экологических групп	2	ОПК-4
2	Температура. Экологические группы по отношению к температуре. Адаптации растений к температуре	2	ОПК-4

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

3	Водный режим местообитания. Экологические группы растений по отношению к влажности. Адаптации растений к водному режиму	2	ОПК-4
4	Свет как экологический фактор. Экологические группы по отношению к свету. Адаптации растений	2	ОПК-4
5	Субстрат и элементы минерального питания. Экологические группы по отношению к субстрату. Экологические группы гетеротрофных растений.	2	ОПК-4
6	Жизненные формы растений	2	ОПК-4
7	Биотические факторы. Взаимодействие растений друг с другом и консортами	2	ОПК-4
8	Экологические ниши и экологические стратегии растений	2	ОПК-4
9	Структура популяций растений и их динамика во времени и пространстве. Ценопопуляция.	2	ОПК-4
10	Понятие о фитоценозе и его структуре.	2	ОПК-4
	<b>Практические занятия (семинары)</b>		
1	Самоподдержание популяций растений	2	ОПК-4
2	Демографическая структура ценопопуляции	2	ОПК-4
3	Пространственная структура ценопопуляции	2	ОПК-4
4	Экологические шкалы и их использование для описания экологических ниш	2	ОПК-4
5	Основные типы растительности Камчатки	2	ОПК-4
	<b>Лабораторные работы</b>		
1	Анатомо-морфологические особенности листьев гигрофитов, мезофитов, ксерофитов	2	ОПК-8
2	Анатомо-морфологические особенностей стеблей гигрофитов, мезофитов, ксерофитов	2	ОПК-8
3	Устойчивость растений к действию температур	2	ОПК-8
4	Подготовка растений к зиме	2	ОПК-8

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

5	Жизненные формы как адаптации организмов к условиям среды	2	ОПК-8
<b>Самостоятельная работа</b>			
1	Подготовка к практической работе №1	4	УК-1
2	Подготовка к практической работе №2	4	УК-1
3	Подготовка к практической работе №3	4	УК-1
4	Подготовка к практической работе №4	4	УК-1
5	Подготовка к семинару №5	4	УК-1
6	Подготовка к лаб.работе №1	3	УК-1
7	Подготовка к лаб.работе №2	3	УК-1
8	Подготовка к лаб.работе №3	3	УК-1
9	Подготовка к лаб.работе №4	3	УК-1
10	Подготовка к лаб.работе №5	3	УК-1
11	Экологические группы растений (таблица)	3	УК-1
12	Реферат	15	УК-1
13	Подготовка к зачету	15	УК-1; ОПК-4

## 6. Самостоятельная работа

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

Самостоятельная аудиторная работа включает выступление по вопросам семинарских занятий, выполнение практических заданий (*при наличии*).

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов заключается в следующих формах:

- изучение литературы; осмысление изучаемой литературы;
- работа в информационно-справочных системах;
- аналитическая обработка текста (конспектирование, реферирование);
- составление плана и тезисов ответа в процессе подготовки к занятию;
- решение задач;
- подготовка сообщений по вопросам семинарских занятий.

### 6.1. Планы семинарских (практических) занятий

#### Практическая работа № 1 (2 часа)

##### Тема: Самоподдержание популяций растений

Самоподдержание популяций – совокупность процессов, обеспечивающих непрерывность существования популяций на определенной территории. Самоподдержание осуществляется благодаря размножению. У растений типы размножения весьма разнообразны: половое, включая апомиксис (при семенном

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

самоподдержании), и бесполое (при вегетативном способе самоподдержания). Сочетание различных типов самоподдержания зависит от экологической стратегии растений.

При характеристике семенного самоподдержания ценопопуляций используются следующие показатели:

1. Потенциальная семенная продуктивность (ПСП) – число семязачатков, образующихся в расчете на побег или особь. ПСП особи зависит от следующих составляющих: числа генеративных побегов на растение; числа цветков на побеге; числа завязей в цветке; числа семязачатков в завязи.

2. Фактическая семенная продуктивность, или реальная семенная продуктивность (РСП) – число полноценных спелых семян на побег или особь. РСП зависит от ряда факторов: дефицита ресурсов, повреждения семян фитофагами и болезнями и др. Неблагоприятные условия (биотические, абиотические) способны резко снижать РСП.

3. Процент семенификации – отношение числа семян к числу семяпочек, выраженное в процентах. Помимо характеристики репродуктивных свойств вида, процент семенификации является одним из показателей степени соответствия состояния популяции условиям обитания.

4. Урожай семян – число семян, образующихся в популяции за единицу времени на единицу площади. Урожай семян зависит как от РСП особей, так и общей численности генеративных особей. Изменение числа плодоносящих особей в популяциях многолетних растений в первую очередь связано с перерывами цветения. Для многих поликарпических многолетников характерно чередование лет с массовым цветением особей и перерывами цветения. Это определяется как климатическими, так и биогенными факторами.

5. Запас семян в почве. Для семенного самоподдержания ценопопуляций большое значение может приобретать запас семян, который создается в почве в связи с тем, что семена многих растений способны находиться в состоянии покоя. В ряде случаев запас семян в почве отражает роль вида в фитоценозе и является его важной биологической характеристикой. Число семян, содержащихся в почве, зависит не только от положения вида в сообществе, но и от величины семенной продуктивности, времени и длительности созревания семян, особенностей прорастания, длительности сохранения в почве. Запас семян – очень динамическая часть популяции: он постоянно пополняется за счет плодоношения и в то же время расходуется на прорастание, часть семян погибает. У некоторых видов растений многолетний запас семян в почве может служить существенным источником появления всходов.

6. Всхожесть семян – показатель способности семян прорасти и давать нормальные проростки. Выражается в процентах от общего числа проращиваемых семян. Появление всходов из семян определяется внешними условиями – температурой, влажностью, аэрацией почвы, физическими и химическими свойствами подстилки и опада, моховым покровом, непосредственным влиянием взрослых растений.

Реализация семенной продуктивности – значение отношения числа проростков к числу жизнеспособных семян. Выражается в долях или процентах.

Энергия прорастания – число семян, проросших в первые 7 дней.

Приживаемость проростков – отношение числа ювенильных растений к числу проростков.

Рождаемость – способность популяции к увеличению численности. Количественно рождаемость выражается числом вновь образовавшихся особей –  $\Delta N_n$  за некоторый промежуток времени  $\Delta t$ . Для того чтобы удобнее было сравнивать между собой популяции разной численности, величину  $\Delta N_n / \Delta t$  обычно относят к общему числу особей  $N$  в начале промежутка времени  $\Delta t$ . Полученную величину  $\Delta N_n / N \Delta t$  называют удельной



ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

рождаемостью, или специфической рождаемостью.  $N$  может представлять не всю популяцию, а лишь ее репродуктивную часть. Рождаемость изменяется в зависимости от размера, состава популяций и условий среды.

Смертность – величина, противоположная рождаемости, может быть определена, как число особей  $\Delta N_n$  погибших за время  $\Delta t$ , так же как и при оценке рождаемости, смертность обычно относят к общему числу особей в популяции  $N$ , т.е. рассчитывают число погибших в популяции особей, в расчете на 1 особь (удельная смертность).

Смертность особей в ценопопуляциях определяется комплексом эндогенных и экзогенных факторов. Она может изменяться в процессе онтогенеза: смертность повышена у всходов и ювенильных растений, резко снижается у взрослых растений и вновь увеличивается у старых. У некоторых видов отмечается дополнительный подъем отмирания в молодом генеративном состоянии, что связано с понижением устойчивости особей, только перешедших к цветению и плодоношению.

Процесс отмирания одного поколения особей можно представить в виде таблиц или кривых выживания. Выделяют три основных типа кривых выживания: 1) с низкой смертностью в течение первых этапов развития и резким увеличением вероятности отмирания в конце онтогенеза (ковыль перистый, бурачок Ленского); 2) с одинаковой вероятностью отмирания особей в течение онтогенеза (полынь равнинная); 3) с высокой вероятностью отмирания на ранних этапах развития (дуб черешчатый).

Репродуктивное усилие – доля веса генеративных органов от общей биомассы растений.

Виды растений значительно отличаются друг от друга по относительному вкладу биомассы в формирование генеративных органов и образование семян. При оценке типов стратегий растений показатель репродуктивного усилия видов является одним из самых информативных.

Второй, вегетативный способ самоподдержания популяций осуществляется на основе вегетативного размножения.

Вегетативно размножающиеся растения играют важную роль в сукцессиях растительности, так как вегетативное размножение позволяет им дольше удерживаться в составе сукцессионных фаз при общем изменении флористического состава. Виды, сочетающие семенное и вегетативное размножение, имеют более обширные ареалы. Способность к вегетативному размножению и разнообразие способов его реализации один из важнейших факторов существования видов в сообществах.

Вегетативное размножение широко распространено среди кустарников, поскольку повышает их устойчивость к пожарам и в сообществах с подвижными субстратами, таких как песчаные отмели, каменистые осыпи, дюны. Элементом стратегии вегетативно размножающихся растений является банк вегетативных зачатков.

Вегетативное размножение – это увеличение числа особей посредством отделения жизнеспособных частей вегетативного тела растений. Особи вегетативного происхождения или часть особи – парциальный побег, куст называют раметой.

Выделяют четыре типа вегетативного размножения. Первый тип – сенильный распад или сенильная партикуляция. Наблюдается в постгенеративном периоде, не сопровождается омоложением потомства, не играет существенной роли в самоподдержании ценопопуляций. Отмечен у стержнекорневых, короткокорневищно-стержнекорневых, и некоторых видов клубневых и луковичных растений.

Второй тип – нормальная партикуляция начинается в генеративном периоде, омоложение потомства не происходит или оказывается неглубоким. Характерно слабое разрастание, в результате чего формируются компактные клоны. Отмечен у плотно- и

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

рыхлодерновинных, кистекорневых, короткокорневищных, клубневых, луковичных растений.

Третий тип вегетативного размножения также начинается в генеративном периоде, сопровождается неглубоким омоложением дочерних растений, но в отличие от второго типа сопровождается энергичным вегетативным разрастанием, в результате возникают диффузные клоны. Отмечен у длиннокорневищных трав, кустарников и полукустарников.

Четвертый тип – (юношеская, прегенеративная) партикуляция, начинается в прегенеративном периоде или начале генеративного. Дочерние растения испытывают омоложение и относятся к ювенильному или имматурному возрастному состоянию. Может сопровождаться разрастанием или разрастание оказывается ограниченным. Отмечен у корнеотпрысковых и столонообразующих видов, формирующих клональные колонии, а также луковичных и клубневых геофитов.

Способность к самоподдержанию популяции зависит и от возрастного спектра популяции.

Возрастное (онтогенетическое) состояние особи, или биологический возраст особи, это определенный этап онтогенеза растений, характеризующийся наличием ряда индикаторных признаков, как морфологических, так и биологических. Данные признаки отражают физиолого-биохимическое состояние организма в определенный момент его развития.

Совокупность особей одного возрастного состояния образуют возрастную группу. В ценопопуляционных исследованиях выделение возрастных групп особей обычно производится в соответствии с классификацией возрастных состояний, предложенной Т.А. Работновым (1950):

Периоды	Возрастные состояния	Индекс	Признак
Латентный	Семена	sc	Покоящиеся семена.
Прегенеративный	Проростки	p	Смешанное питание, наличие зародышевых структур: семядолей, первичного корня и побега.
	Ювенильные	j	Наличие листьев иной формы и расположения, чем у взрослых особей, возможно иной тип нарастания и ветвления особи, сохранение некоторых зародышевых структур (корня, побега), отсутствие семядолей.
	Имматурные	im	Развитие листьев и корневой системы переходного типа, появление отдельных взрослых черт в структуре побегов.
	Виргинильные	v	Растения имеют характерные для вида взрослые листья, побеги и корневую систему.
Генеративный	Молодые генеративные	g1	Появление генеративных органов. Преобладание процессов новообразования над отмиранием.
	Средневозрастные	g2	Уравновешивание процессов

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

	генеративные		новообразования и отмирания. Максимальный ежегодный прирост. Максимальная семенная продуктивность.
	Старые генеративные	g3	Преобладание процессов отмирания над процессом новообразования: снижение генеративной функции, ослабление процессов корне- и побегообразования.
Постгенеративный	Субсенильные	ss	Полное отсутствие плодоношения. Резкое преобладание процессов отмирания над процессами новообразования, упрощение жизненной формы, вторичное появление листьев переходного (имматурного) типа.
	Сенильные	s	Накопление отмирающих частей растения. Предельное упрощение жизненной формы, вторичное появление некоторых ювенильных черт организации (форма листьев, характер побегов), в некоторых случаях полное отсутствие почек возобновления.

Следует отметить важную особенность онтогенеза вегетативно-подвижных растений. Большой жизненный цикл растений не обязательно заканчивается смертью организма. В результате вегетативного размножения генеты появляются новые особи (партикулы, клоны, и др.), которые также проходят определенные этапы развития. Их онтогенез начинается с момента вегетативного размножения и заканчивается новым размножением или смертью. Особи, у которых наблюдается перерыв в цветении, в отдельную возрастную группу не выделяются. При их характеристике к названию возрастного состояния добавляются слова: «временно нецветущие». У поликарпиков обычно выделяются все перечисленные выше состояния, в некоторых случаях может быть не выражен постгенеративный период (некоторые виды древесных пород). У монокарпиков выделяются возрастные состояния до генеративного периода, последний не подразделяется.

В природе встречаются также квазисенильное и квазиювенильное состояния. Квазисенильное состояние - (от латинского *quasi* – как будто, будто бы, *senescens* – стареющий) имитация сенильного возрастного состояния, отмечается у деревьев и кустарников, находящихся в виргинильном или генеративном (временно нецветущем) состоянии. Это состояние наблюдается при сильном угнетении особей. При изменении условий существования возможен обратный переход.

Квазиювенильное состояние – имитация ювенильного состояния у кустарниковых и травянистых видов, находящихся в сенильном состоянии. Возрастное состояние всегда связано с календарным возрастом растения, или абсолютным возрастом (время с момента прорастания семени до момента наблюдения). Определение абсолютного возраста растений сопряжено с определенными трудностями и часто невозможно.

### Ход работы

#### Задание 1

На рисунке приведены возрастные спектры трех разных популяций. Определите роль семенного и вегетативного размножения в каждой из них. Какие типы вегетативного размножения представлены у данных растений? Охарактеризуйте данные возрастные спектры.

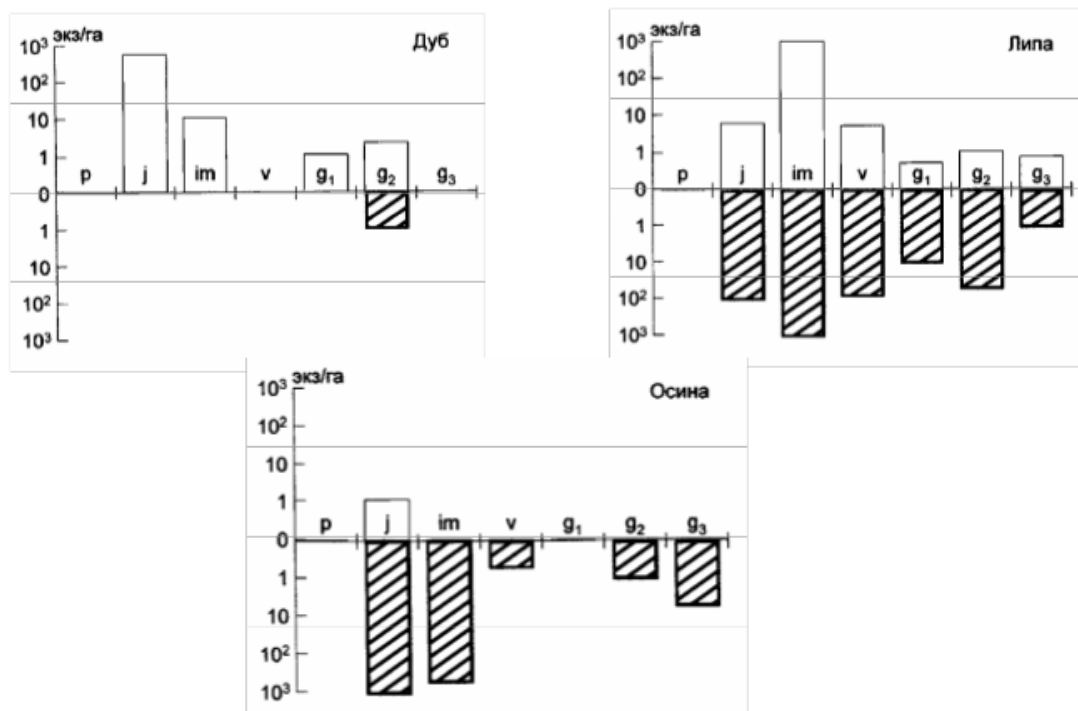


Рис. Возрастные спектры лиственных деревьев. По оси абсцисс: выше - особи семенного происхождения, ниже – вегетативного.

#### Задание 2

Используя данные многолетних наблюдений за популяцией лапчатки бедренцеволистной в заповеднике «Галичья гора» (табл.), рассчитайте удельную рождаемость и удельную смертность популяции при различных режимах охраны.

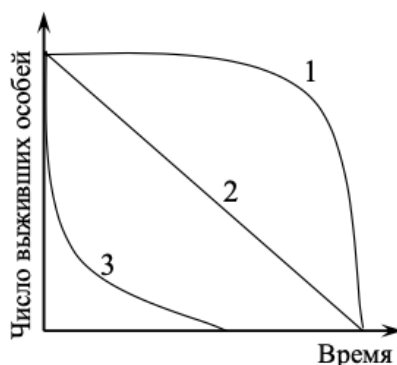
**Численность особей *Potentilla pimpinelloides* в разнотравно-моховой ассоциации при различных режимах использования (Скользнева, 1995)**

Показатели численности	Сенокос					Сенокосооборот					Заповедный режим				
	1991	1992	1993	1994	1995	1991	1992	1993	1994	1995	1991	1992	1993	1994	1995
Численность особей на 1 м <sup>2</sup>	18	17	15	13	15	15	16	14	13	15	18	18	16	17	17
Вновь появившихся	0	0	1	0	2	0	3	10	6	2	0	0	0	1	0
погибших	0	1	3	3	0	0	2	12	7	0	0	0	2	0	0
Общая числ. популяции	132	124	111	109	112	107	110	99	98	106	96	92	84	89	86

#### Задание 3

Охарактеризуйте кривые выживания, представленные на рис. 9. Приведите примеры камчатских растений, для развития которых характерен тот или иной тип кривой выживания.

В чем биологический смысл семенного и вегетативного размножения у растений?



### Практическая работа № 12 (2 часа)

#### Тема: Демографическая структура ценопопуляции

##### 1. Возрастная структура популяций.

Возрастную структуру популяций растений можно представить в двух формах:

- 1) как соотношение элементов с разным календарным возрастом,
- 2) как соотношение элементов разных возрастных состояний (разного биологического возраста).

Распределение особей в популяциях по календарному возрасту называется возрастным составом, по биологическому возрасту – возрастным спектром или спектром возрастных состояний. Он может быть выражен в абсолютных числах или в процентах от общего числа особей и представлен в виде таблиц, гистограмм или графиков.

Так как определение календарного возраста довольно трудоемко, и часто невозможно, в большинстве случаев анализ возрастной структуры проводится в первую очередь по биологическому возрасту.

Онтогенетический спектр, представляет собой характеристику, которая, с одной стороны, отражает биологические свойства вида, а с другой, динамическое состояние самой ЦП. Поэтому для практической диагностики важно разделять эти составляющие демографической структуры.

Основные черты онтогенетического спектра (положение и соотношение подъемов и спадов), связаны с биологическими свойствами видов. Эта популяционная характеристика названа характерным **онтогенетическим спектром** (Заугольнова, 1994).

Структура характерного онтогенетического спектра определяется следующими биологическими свойствами: общей продолжительностью онтогенеза и продолжительностью отдельных возрастных состояний; способом самоподдержания; уровнем продуктивности зачатков, обеспечивающих возобновление; способностью создавать почвенный запас семян или иных вегетативных зачатков.

Характерный онтогенетический спектр может быть установлен экспериментальным путем на основе сопоставления значительного числа наблюдений и выявления связей между биологическими признаками, а также на основе расчетных моделей по данным о рождаемости, смертности и продолжительности разных онтогенетических состояний (Заугольнова, 1994).

Выделяют следующие типы характерных спектров:

**Левосторонний спектр.** Преобладают особи одной из групп прегенеративной фракции или молодые генеративные особи. Этот тип спектра весьма динамичен, характерен для некоторых видов деревьев, стержнекорневых моно- и олигокарпиков, для видов с глубоким омоложением вегетативных зачатков.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

**Центрированный спектр.** Преобладают зрелые генеративные растения с достаточно большой продолжительностью этого состояния. Характерен для моноцентрических стержнекорневых трав и полукустарников с невыраженным или очень коротким периодом старения, а так же низкой эффективностью семенного возобновления; для видов с неглубоким омоложением вегетативных зачатков.

**Правосторонний спектр.** Преобладают старые генеративные, субсенильные или сенильные особи. Характерен для видов с большой продолжительностью соответствующих возрастных состояний (некоторые короткокорневищные и плотнодерновинные виды), а также для видов образующих большое число неомоложенных партикул.

**Бимодальный спектр.** Для этого типа свойственно два подъема: на молодых и старых растениях. Характерен для видов с выраженным периодом старения и регулярным возобновлением (плотнодерновинные, стержнекорневые, короткокорневищные виды).

В природной обстановке для совокупности ЦП каждого вида возможно определение наиболее часто повторяющегося варианта спектра, который называется базовым (Заугольнова, 1994).

Базовый онтогенетический спектр определяется в результате изучения природных ценопопуляций и устанавливается на основе признаков подобия (сравнения графиков или определением сходства по критерию Животовского (1979). Затем он вычисляется с помощью усреднения численных показателей по всем возрастным состояниям. Если вид находится в условиях, близких к оптимальным, базовый спектр будет сходен с характерным (Восточноевропейские ..., 1994).

В случае, когда частоты встречаемости различных вариантов онтогенетических спектров незначительно отличаются друг от друга, целесообразно выделять несколько вариантов базовых спектров (Заугольнова, 1976; Заугольнова, Смирнова, 1978).

Для характеристики демографической структуры можно использовать обобщенный онтогенетический спектр. Он определяется путем усреднения соответствующих возрастных состояний по всем ценопопуляциям региона исследования (Скользнев, 2001). Вычисление обобщенного онтогенетического спектра целесообразно при изучении ценопопуляций редких видов, когда исследователь сталкивается с ограниченным числом мест обитаний. При явном преобладании какого-либо варианта возрастного спектра очевидно, что базовый спектр будет сходен с обобщенным.

## **2. Половая структура популяций.**

В растительном мире половая дифференциация особей в популяциях играет значительно меньшую роль, чем в популяциях животных. Среди семенных растений половая дифференциация особей, именуемая двудомностью, отмечается лишь у 5 % современных видов. Существование в жизненном цикле споровых растений двух поколений – диплоидного и гаплоидного – также вносит специфику в понятие половой структуры популяций.

Изучение половой структуры популяций у семенных растений в силу разных причин (небольшого числа двудомных видов, преобладания вегетативного размножения, сложных механизмов детерминации пола) сопряжено с определенными трудностями. Однако при изучении видов, размножающихся преимущественно семенным путем, необходимо учитывать закономерности, связанные с двудомностью.

*Скользнева Л.Н., Кирик А.И., Агафонов В.А. Популяционная экология растений. Практический курс. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. – 91 с.*

## **Вопросы для обсуждения:**

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

1. В чем отличие возрастного спектра ценопопуляции и возрастного состава ценопопуляции?
2. Что такое характерный онтогенетический спектр? Как он определяется?
3. Назовите основные типы характерных возрастных спектров ценопопуляций?
4. Какими биологическими свойствами видов определяется структура онтогенетического спектра?
5. У каких растений положение абсолютного максимума в левой части спектра будет стабильнее? У растений с семенным самоподдержанием или вегетативным?
6. Какие свойства видов определяют положение абсолютного максимума в левой части спектра?
7. С какими свойствами видов связано положение абсолютного максимума на средневозрастных генеративных особях?
8. С чем связано накопление в ценопопуляциях старых особей, виргинильных особей?
9. Какой тип характерного онтогенетического спектра называется бимодальным? С какими свойствами видов связаны подъемы в данном типе спектра?
10. Дайте определение базового онтогенетического спектра.
11. Возможно ли существование для вида нескольких базовых спектров? Несколько характерных спектров?

#### Выполните задания

**Задание 1.** Используя данные таблицы 1, рассчитайте для ковыля перистого базовый онтогенетический спектр.

Таблица 1

Онтогенетические спектры для *Stipa pennata* (Скользнев, 2001)

№ ценопопуляции	p	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	ss	s
21	0.00	0.00	0.00	17.60	35.30	29.40	17.60	0.00	0.00
22	2.60	2.60	9.20	10.50	34.20	26.30	14.50	0.00	0.00
25	0.00	6.10	25.80	21.20	25.80	15.20	4.50	1.50	0.00
20	6.30	0.00	3.10	7.80	37.50	35.90	9.40	0.00	0.00
31	0.00	0.00	5.60	33.30	16.70	27.80	11.10	5.60	0.00
55	0.00	0.00	11.40	28.60	25.70	17.10	5.70	8.60	2.90

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

№ ценопопуляции	p	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	ss	s
18	0.00	23.90	26.10	12.00	12.00	17.40	7.60	1.10	0.00
41	0.00	6.10	18.20	12.10	24.20	27.30	9.10	3.00	0.00
33	0.00	5.30	10.50	15.80	21.1-	31.60	10.50	5.30	0.00
34	0.00	0.00	25.00	15.00	15.00	30.00	10.00	5.00	0.00
23	0.00	0.00	2.70	13.50	21.60	32.40	29.70	0.00	0.00
47	0.00	0.00	0.00	0.00	14.30	71.40	14.30	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	20.00	26.70	13.30	40.00	0.00	0.00
54	0.00	0.00	15.00	35.00	20.00	0.00	25.00	.00	0.00
42	0.00	0.00	0.00	12.50	6.30	6.30	31.30	43.80	0.00
24	0.00	6.40	18.40	23.40	27.00	7.10	15.60	1.40	0.70
28	0.00	1.10	4.30	21.70	28.30	10.90	28.30	5.40	0.00
29	0.00	0.00	2.70	14.70	32.00	14.70	32.00	4.00	0.00
35	0.00	0.00	0.00	83.30	0.00	0.00	0.00	16.70	0.00
51	0.00	0.00	0.00	16.70	37.50	16.70	0.00	29.20	0.00
38	6.40	7.70	9.60	12.80	19.20	17.90	16.00	7.00	3.20
50	0.00	0.00	3.00	18.20	36.40	12.10	18.20	12.10	0.00
49	0.00	0.00	0.00	0.00	16.70	0.00	83.30	0.00	0.00
36	0.00	0.00	0.00	63.60	9.10	0.00	9.10	18.20	0.00
37	0.00	0.00	15.80	10.50	0.00	0.00	10.50	63.20	0.00
40	0.00	4.00	0.00	28.00	40.00	0.00	16.00	12.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	12.00	28.00	12.00	36.00	12.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00	27.80	38.90	11.10	5.60	16.70	0.00
52	0.00	0.00	2.90	2.90	50.00	20.60	23.50	0.00	0.00

**Задание 2.** Используя соотношение признаков «молодость – старость» проанализируйте демографическую структуру популяции лапчатки бедренцеволистной в равнинной части ареала (табл. 2).

*Таблица 2*

**Соотношение различных вариантов возрастных спектров лапчатки бедренцеволистной в равнинной части ареала (Скользнева, 1995)**

Преобладающие группы генеративных особей	M = подрост/ состарившиеся			
	M > 2	1 ≤ M ≤ 2	M < 0	M = 0
Молодые	3,8 %	-	1,7 %	1,7 %
Средневозрастные	1,7 %	-	-	-
Старые	30,5 %	17,0 %	37,2 %	6,4 %

**Задание 3.** Проанализируйте данные по возрастной структуре ковылей, представленные в табл. 1, 3, 4.

*Таблица 3*



ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

**Онтогенетические спектры для *Stipa tirsia* на севере Среднерусской лесостепи (Скользнев, 2001)**

№ ценопопуляции	p	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	ss	s
56	0.00	0.00	5.90	41.20	23.50	23.50	0.00	5.90	0.00
57	0.00	0.00	10.50	84.20	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00
58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
61	0.00	0.00	39.00	3.00	0.00	0.00	58.00	0.00	0.00
59	0.00	0.00	0.00	18.00	44.00	12.00	26.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	18.00	28.00	21.00	8.00	25.00	0.00	0.00
62	0.00	0.00	0.00	22.20	11.10	0.00	33.30	33.30	0.00

Таблица 4

**Онтогенетические спектры для *Stipa pulcherrima* на севере Среднерусской лесостепи (Скользнев, 2001)**

№ ценопопуляции	p	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	ss	s
1	0.00	28.60	28.60	14.30	0.00	14.30	14.30	0.00	0.00
3	0.00	7.70	7.70	23.10	23.10	23.10	0.00	15.40	0.00
4	16.70	2.80	22.20	22.20	25.00	2.80	5.60	2.80	0.00
9	0.00	0.00	0.00	31.30	43.80	12.50	12.50	0.00	0.00
17	0.00	5.30	7.00	28.10	22.80	0.30	7.00	8.80	1.80
5	0.00	2.80	22.20	36.10	5.60	22.20	11.10	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	40.00	0.00	20.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	5.70	42.90	51.40	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	16.70	66.70	0.00	16.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	25.00	16.70	41.70	8.30	8.30	0.00
15	0.00	0.10	3.40	27.60	34.50	3.40	20.70	10.30	0.00
8	0.00	2.20	10.00	23.90	13.00	17.40	10.90	19.60	2.20
2	0.00	0.00	20.00	0.00	6.70	20.00	466.70	6.70	0.00
10	4.00	4.00	0.00	36.00	8.00	0.00	16.00	32.00	0.00
7	0.00	0.00	9.50	23.80	9.50	9.50	23.80	23.80	0.00
12	0.00	0.00	0.00	40.00	20.00	0.00	0.00	40.00	0.00
6	0.00	0.00	41.70	0.00	8.30	25.00	25.00	0.00	0.00

**Задание 4.** Используя результаты исследований по возрастной структуре популяций луговика дернистого (табл. 5), рассчитайте долю участия каждой возрастной группы. Представьте разные формы графического изображения возрастной структуры ценопопуляций.

Таблица 5

**Возрастная структура популяций луговика дернистого на 40-летнем пастбище в пойме р. Оки (Жукова, 1987)**

Возрастное состояние	Годы наблюдений									
	1957	1959	1960	1962	1963	1964	1966	1969	1975	1980
j	0.80	0.50	0.17	1.12	0.42	0.34	0.18	1.20	1.70	0.80
v	0.13	0.25	0.14	0.16	0.17	0	0	0.50	0.75	0.05
g <sub>1</sub>	0.13	0.25	0	0.11	0.02	0	0	0	0.50	0.40

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021									
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»										

$g_2$	0.67	0.60	0.31	0.14	0.15	0.10	0.10	0	0.20	0.90
$g_2(v)$	0.07	0.15	0.34	0.10	0.27	0.10	0.08	0	0	0
$g_3$	0.30	0.25	0.14	0.22	0.07	0.21	0.34	0	0	0.60
ss	0	0.25	0.79	0.66	0.52	0.75	0.98	0.30	0	0.05
s	0	0.05	0	0.17	0	0.10	0.66	0.20	0	0
Всего	2.13	2.30	1.89	2.70	1.63	1.60	2.36	2.20	3.15	2.00

**Задание 5.** Проанализируйте обобщенные онтогенетические спектры ковылей, представленные на рисунке:

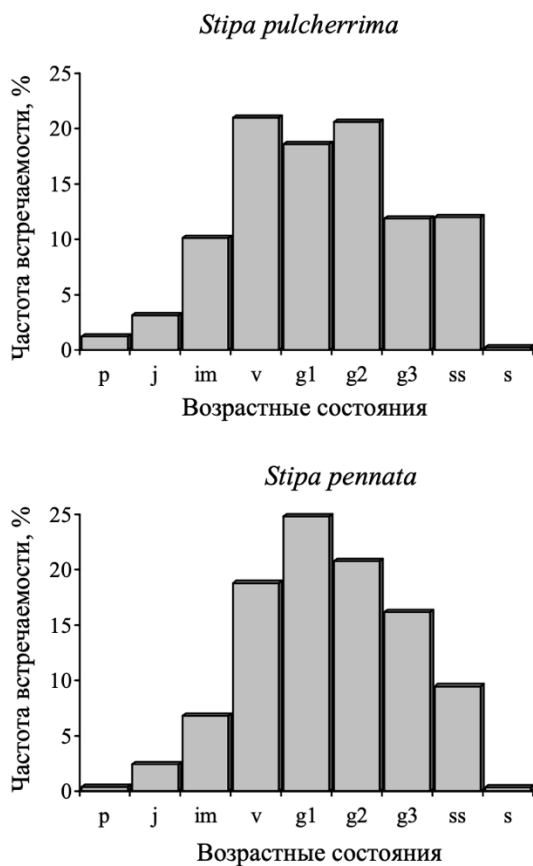


Рис. 10. Обобщенные возрастные спектры ковылей.

**Задание 6.** На рисунке приведены возрастные спектры плотнодерновинного злака *Stipa pennata*, вегетативноподвижного монокарпического многолетника *Sempervivum ruthenicum* и стержнекорневого двулетника *Barbarea vulgaris*.

Охарактеризуйте данные возрастные спектры и соотнесите их тип с жизненной формой этих растений.

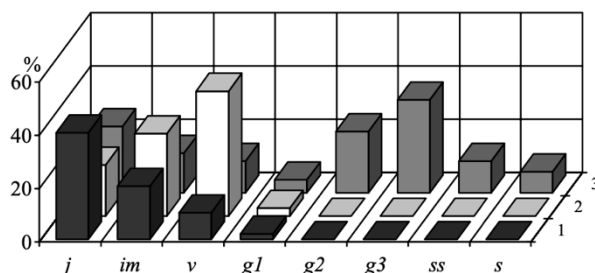


Рис. 11. Возрастные спектры ценопопуляций *Stipa pennata* (3), *Sem-pervivum ruthenicum* (2) и *Barbarea vulgaris* (1).

### Лабораторная работа № 3 (2 часа)

#### Тема: Пространственная структура ценопопуляции

Пространственную структуру ценопопуляций можно рассматривать в двух аспектах: функциональном и геометрическом. Функциональный подход базируется на детальном изучении характера и интенсивности воздействия элементов на среду и друг на друга путем формирования сети налегающих фитогенных полей (фитогенное поле – часть пространства, в пределах которого среда приобретает новые свойства, определяемые присутствием в ней данной особи растения. Геометрический аспект связан с анализом размещения отдельных элементов ценопопуляций в пространстве с учетом их размеров и онтогенетического состояния (Заугольнова, 1994).

Пространственная неоднородность представляет собой один из способов достижения оптимальной плотности ценопопуляций в условиях ценотической конкуренции и разнообразных абиотических воздействий и включает характеристику положения в пространстве отдельных элементов ценопопуляций. Пространственную неоднородность можно рассматривать как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении.

При анализе горизонтальной структуры ценопопуляций первоначально устанавливается характер размещения особей по площади ценоза. Различают случайное, регулярное и групповое (контагиозное) размещение (Грейг-Смит, 1967).

Для определения типа размещения используют различные индексы, наиболее часто используемым является коэффициент дисперсии ( $K_d$ ): отношение дисперсии ( $S^2$ ) к среднему арифметическому числа особей на единице площади ( $m$ ). Для случайного распределения он равен 1, для равномерного – меньше 1, а для группового больше 1 (Грейг-Смит, 1967).

Как показал опыт, в большинстве случаев растения в пространстве распределены контагиозно. Скопления возникают вследствие разных причин: неоднородности среды обитания, особенностей размножения и др. С одной стороны, агрегация может усиливать конкуренцию между особями за ресурсы среды, с другой – образование скоплений способствует устойчивости вида в целом. Растения, объединенные в группу, эффективно удерживают территорию, изменяют микроклимат в благоприятном для себя направлении, в пределах скоплений часто наблюдается более успешное размножение вида. Степень агрегированности (также, как и общая плотность), при которой наблюдается оптимальное развитие и выживание популяции, варьирует в зависимости от вида и условий обитания. Поэтому как «недонаселенность» (или отсутствие агрегации), так и перенаселенность могут оказывать лимитирующее влияние на развитие популяций (принцип Олли). Выделяют скопления разного уровня агрегированности, т.е. крупные скопления могут

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

включать несколько более мелких. Скопления разного уровня характеризуются различной плотностью (M) и протяженностью (L).

Скопления одного уровня могут располагаться довольно близко или отстоять на значительные расстояния, что определяется как степень удаленности скоплений друг от друга (D1). Плотность скоплений может постепенно убывать от центра к периферии или четко отличаться от плотности в промежутках, что выражается в таком параметре, как степень дискретности скоплений (Dm).

Важной характеристикой скоплений является их онтогенетический спектр. Скопления разных уровней агрегированности, как правило, различаются по этому параметру; на этом основании можно выделить несколько этапов формирования скоплений:

1) образование мелких скоплений, в основном из ювенильных и имматурных растений, за счет слабого рассеивания семян материнского растения;

2) онтогенетическое развитие особей, появление нового поколения за счет плодоношения молодых генеративных особей, рост плотности и размера скоплений, усложнение демографической структуры;

3) возникновение новых мелких скоплений в пределах крупного за счет плодоношения особей следующих поколений, усложнение пространственной структуры скоплений.

Полночленные скопления, содержащие все характерные для вида онтогенетические группы, устойчиво существующие и обеспечивающие на занятой ими территории непрерывный кругооборот поколений, соответствует элементарной демографической единице (ЭДЕ) (Заугольнова и др., 1993; Заугольнова, 1994).

Наиболее существенным признаком ЭДЕ является полночленный онтогенетический спектр. Определение размеров этой единицы осуществляется методом наращивания пробных площадей до такого размера, когда спектр этой выборки окажется полночленным.

В качестве контроля при определении размера ЭДЕ можно использовать представление о радиусе репродуктивной активности вида. Если полночленный спектр не выявляется на площади, которая очерчивается радиусом репродуктивной активности, исследователь вынужден заключить, что у данного вида в этих условиях ЭДЕ не может сформироваться (Заугольнова, 1994).

Изучение горизонтальной структуры ценопопуляций у видов с активным вегетативным размножением сопряжено с большими трудностями. Анализ размещения надземных частей растений позволяет лишь установить наличие группировок. Часто группы образованы побегами, относящимися к разным индивидам, в то же время побеги одного растения могут входить в состав разных групп. У многих вегетативно подвижных видов практически нереально провести анализ пространственного размещения на основе структуры особей в связи с огромной протяженностью и сложной структурой самих особей. У таких растений анализ горизонтальной структуры, можно осуществить на базе учета парциальных образований и их взаимного размещения. (Ценопопуляции ..., 1988).

Таким образом, групповое размещение особей в пределах ценопопуляций связано с целым комплексом факторов: характером размножения и способом распространения семян, особенностями роста и развития побегов, неоднородностью абиогенной среды, антропогенными воздействиями, средообразующим воздействием других видов растений.

*Скользнев Л.Н., Кирик А.И., Агафонов В.А. Популяционная экология растений. Практический курс. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. – 91 с.*

#### **Вопросы для обсуждения:**

1. Назовите основные типы пространственного распределения особей.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

2. С помощью каких методов можно определить тип распределения элементов ценопопуляции в пространстве?
3. Приведите примеры равномерного распределения растений в природных сообществах и агрофитоценозах. Чем обусловлен данный тип распределения?
4. Вследствие каких факторов возникают скопления особей?
5. Какими свойствами характеризуются скопления разных уровней агрегации?
6. У каких растений тенденция к агрегации будет выражена сильнее: у имеющих приспособления для расселения семян или не имеющих?
7. Можно ли, зная жизненную форму растения, составить представление о пространственной организации популяции?
8. Что такое фитогенное поле?
9. Перечислите основные этапы формирования скоплений в ценопопуляциях растений.
10. Что такое элементарная демографическая единица (ЭДЕ)?
11. Назовите наиболее существенный признак элементарной демографической единицы.
12. Всегда ли возможно выделить ЭДЕ?
13. Охарактеризуйте особенности размещения в пространстве элементов популяции у семенных и вегетативно подвижных видов?
14. Предложите разные методы исследования пространственной структуры популяций.
15. Зависит ли пространственная структура вида от его ценотической роли в сообществе?
16. На каком этапе развития может находиться популяция, если ее пространственная структура представлена: 1) скоплениями первого уровня с преобладанием иматурных особей; 2) мелкими скоплениями первого уровня с преобладанием старых генеративных и субсенильных особей; 3) крупными скоплениями третьего уровня с преобладанием старых генеративных и субсенильных особей?

**Выполните задания:**

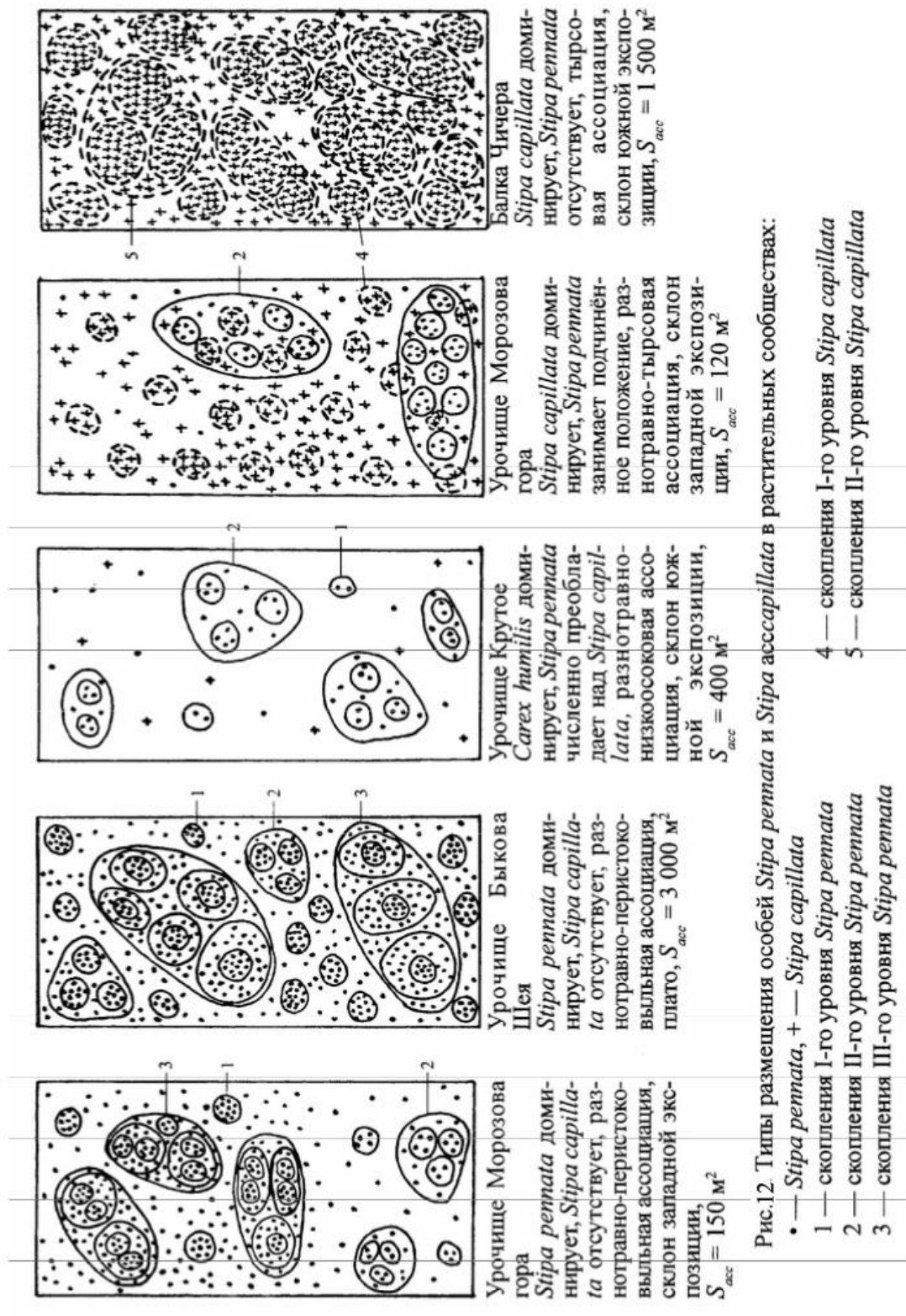
**Задание 1.** Нарисуйте схемы фитогенных полей моноцентрического, неявно-полицентрического и полицентрического видов.

**Задание 2.** Определите тип размещения особей в четырех условных популяциях А, В, С, D.

Данные по пространственной структуре четырех условных ценопопуляций.

Популяция	Среднее число особей в пробе (m)	Дисперсия ( $S^2$ )	Кэф. дисперсии $k_d = \frac{S^2}{m}$	Тип размещения
А	0,27	0,26		
В	5,75	11,83		
С	4,43	7,72		
Д	1,41	1,66		

**Задание 3.** Охарактеризуйте пространственную структуру ценопопуляций *Stipa pennata* и *Stipa capillata* в разных типах растительных сообществ (на рисунке ниже).



**Задание 4.** Проанализируйте различие в пространственном размещении особей рябчика русского в лесных и лугово-степных ценозах при сходной величине средней плотности ценопопуляций (на рисунке ниже).

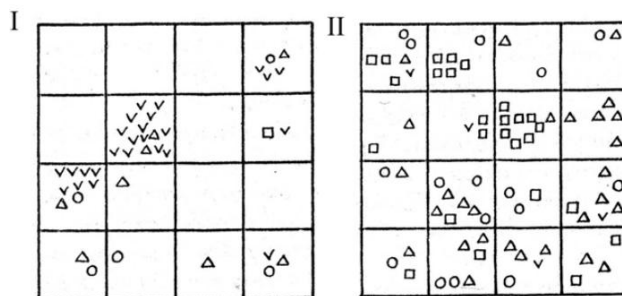


Рис. 13. Пространственное размещение особей рябчика русского в Приокско-Террасном заповеднике.

Условные обозначения:

I - ценопопуляция в липняке снытево-перловниковом; II – ценопопуляция

на остепненном лугу

V - ювенильные

Δ- имматурные

○- генеративные

□- взрослые вегетативные

#### Практическая работа № 4 (2 часа)

##### Экологические шкалы и их использование для описания экологических ниш

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

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

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

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

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

Экологические шкалы – это «экологические портреты» видов.

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

Л. Г. Раменский разрабатывал экологические шкалы для южных областей Европейской части России. В шкалах Д.Н. Цыганова преобладают виды, распространенные в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Э. Ландольт и Г. Элленберг разрабатывали шкалы в первую очередь для Центральной и Западной Европы. По мере накопления новых данных стали создаваться региональные шкалы. Для Дальнего Востока были адаптированы экологические шкалы Раменского (Селедец В.П. «Экологическая оценка территории Дальнего Востока России по растительному покрову»):

Таблица 1 – Экологические шкалы

Шкала	Ступени шкалы	Экологическая группа
Увлажнение	1-7	Пустынные, гиперксерофиты
	18-30	Полупустынные, ортоксерофиты
	31-39	Сухостепные, ксерофиты
	40-46	Среднестепные, мезоксерофиты
	47-52	Лугово-степные, мезоксерофиты
	53-63	Сухолугово-лесные, ксеромезофиты
	64-76	Влажнолугово-лесные, ортомезофиты
	77-88	Сыролугово-лесные, гигромезофиты
	89-93	Болотисто-лугово-лестыне, ортогигрофиты
	94-103	Болотные, гемигигрофиты
	104-109	Прибрежноводные, ортогигрофиты
110-120	Открытоводные, гидатофиты	
Богатство и засоленность почвы	1-3	Особо бедные, олиготрофные почвы, олиготрофофиты
	4-6	Бедные почвы, олигомезотрофофиты
	7-9	Небогатые, мезотрофные почвы, ортомезотрофофиты
	10-13	Довольно богатые почвы, мезоэутрофофиты
	14-16	Богатые почвы, ортоэутрофофиты
	17-19	Слабосолончаковатые почвы, гипогалофиты
	20-21	Среднесолончаковые почвы, гемигалофиты
	22-23	Сильносолонцеватые почвы, ортогалофиты
24-28	Резко солончаковатые почвы, гипергалофиты	



ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

	29-30	Злостносолончаковатые, шоровые почвы, экстремогалофиты
Рекреационная и /или пастбищная дигрессия	1-2	Антропогенное воздействие очень слабое, сенокосная стадия дигрессии кормовых угодий, рекреационный сбой не выражен, слабо заметные признаки регрессии
	3-4	Антропогенное воздействие слабое, сенокосная стадия, заметные признаки рекреационного использования территории
	5-6	Умеренные антропогенные воздействия, сенокосно-пастбищная стадия, явные признаки рекреационного использования территории
	7-8	Значительная антропогенная нагрузка, пастбищная стадия, сильный рекреационный сбой, почва оголена до 50% поверхности
	9-10	Экстремальное антропогенное воздействие, почва оголена более чем на 50% поверхности.

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

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

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

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

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

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

### Практическая часть

#### Задание 1.

Для предложенных видов растений вычислить показатель потенциальной экологической валентности (РЕV) и индекс толерантности (It) и построить гистограммы

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

процентного соотношения видов растений по стено-эврибионтности для каждого конкретного описания. Для этого найдите для каждого проверяемого вида соответствующую экологическую шкалу и подсчитайте, сколько % от ступеней всей шкалы он занимает. Это рассчитывается как отношение числа ступеней конкретной шкалы, занятой данным видом, к общей протяженности шкалы в ступенях.

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

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

Например:

<i>Artemisia glomerata</i> Ledeb	У	БЗ	РПД
мин.	57	7	2
макс.	66	10	3

$$PEV (У) = \frac{(66 - 57 + 1)}{12} * 100 = 83,3\%$$

Следовательно, вид *Artemisia glomerata* эврибионтен по отношению к фактору увлажнения (ксеромезофит).

$$PEV (БЗ) = \frac{(10 - 7 + 1)}{10} * 100 = 40\%$$

Следовательно, вид *Artemisia glomerata* гемистенобионтен по отношению к фактору богатства/засоления почвы (ортомезотрофит).

$$PEV (РПД) = \frac{(3 - 2 + 1)}{5} * 100 = 40\%$$

Следовательно, вид *Artemisia glomerata* гемистенобионтен по отношению к фактору богатства/засоления почвы (выдерживает слабые антропогенные нагрузки).

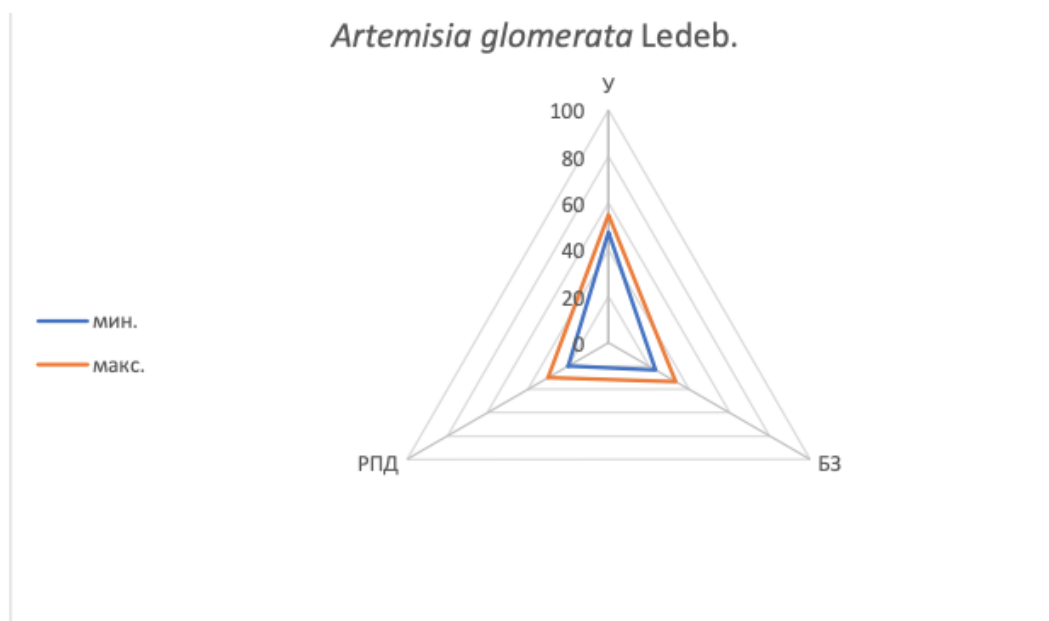
$It = \Sigma PEV / \Sigma$  шкал рассматриваемых факторов

Исследовали влияние трех факторов, следовательно:

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

**Вывод:** вид *Artemisia glomerata* является мезобионтом.

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



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

№ п/п	Вид	Увлажнение	Богатство-засоление почвы	Рекреационная нагрузка и пастбищная дигрессия	Особенности местообитания	Экологическая группа
1	<i>Anaphalis margaritacea</i> (L.) A. Gray	У	БЗ	РПД		
	мин.	63	9	2		
	макс.	72	11	3		
2	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	У	БЗ	РПД		
	мин.	46	5	2		
	макс.	75	13	7		
3	<i>Arnica iljinii</i> (Maguire) Iljin.	У	БЗ	РПД		
	мин.	58	5	2		
	макс.	69	11	3		
4	<i>Artemisia arctica</i> Less.	У	БЗ	РПД		
	мин.	56	5	2		
	макс.	82	12	3		
5	<i>Artemisia borealis</i> Pall.	У	БЗ	РПД		
	мин.	56	6	2		
	макс.	68	15	6		
6	<i>Artemisia glomerata</i> Ledeb	У	БЗ	РПД		
	мин.	57	7	2		

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

	макс.	66	10	3		
7	<i>Artemisia laciniata</i> Wild.	У	БЗ	РПД		
	мин.	50	8	2		
	макс.	79	17	8		
8	<i>Artemisia sieversiana</i> Willd.	У	БЗ	РПД		
	мин.	47	9	2		
	макс.	68	17	9		
9	<i>Artemisia stolonifera</i> (Maxim.) Kom.	У	БЗ	РПД		
	мин.	56	4	2		
	макс.	81	15	4		
10	<i>Artemisia tilesii</i> Ledeb.	У	БЗ	РПД		
	мин.	60	6	2		
	макс.	89	12	3		
11	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	54	8	2		
	макс.	78	15	8		
12	<i>Aster sibiricus</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	59	7	1		
	макс.	71	17	7		
13	<i>Sacalia hastata</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	57	6	2		
	макс.	84	12	5		
14	<i>Sacalia kamtschatica</i> (Maxim.) Kudo	У	БЗ	РПД		
	мин.	62	8	2		
	макс.	82	12	3		
15	<i>Carduus crispis</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	53	10	2		
	макс.	72	17	4		
16	<i>Sentaurea scabiosa</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	49	9	2		
	макс.	66	14	7		
17	<i>Cirsium kamtschaticum</i> Ledeb. Ex DC.	У	БЗ	РПД		
	мин.	61	8	2		
	макс.	80	15	4		
18	<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bieb.	У	БЗ	РПД		
	мин.	55	8	2		
	макс.	89	14	4		
19	<i>Crepis chrysantha</i> (Ledeb.) Turcz.	У	БЗ	РПД		
	мин.	50	5	2		
	макс.	73	10	4		
20	<i>Crepis nana</i> Richards.	У	БЗ	РПД		

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

	мин.	53	8	3		
	макс.	63	13	4		
21	<i>Crepis tectorum</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	48	8	2		
	макс.	77	14	5		
22	<i>Erigeron kamtschaticus</i> DC.	У	БЗ	РПД		
	мин.	62	8	2		
	макс.	69	11	3		
23	<i>Gnaphalium sylvaticum</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	61	7	2		
	макс.	71	10	3		
24	<i>Gnaphalium uliginosum</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	64	9	2		
	макс.	80	15	3		
25	<i>Hieracium umbellatum</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	55	8	1		
	макс.	80	14	6		
26	<i>Inula britannica</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	51	9	2		
	макс.	59	13	8		
27	<i>Leontodon autumnalis</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	64	10	2		
	макс.	73	12	7		
28	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	У	БЗ	РПД		
	мин.	51	8	1		
	макс.	79	15	6		
29	<i>Pтарmica camtschatica</i> (Rupr. Ex Heimerl) Ком	У	БЗ	РПД		
	мин.	62	10	2		
	макс.	72	11	3		
30	<i>Saussurea tilesii</i> (Ledeb.) Ledeb.	У	БЗ	РПД		
	мин.	59	5	1		
	макс.	75	13	4		
31	<i>Saussurea pseudotilesii</i> Lipsch.	У	БЗ	РПД		
	мин.	62	9	2		
	макс.	66	10	3		
32	<i>Senecio cannabifolius</i> Less.	У	БЗ	РПД		
	мин.	61	8	2		
	макс.	68	12	3		
33	<i>Sonchus arvensis</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	49	10	2		

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

	макс.	72	14	3		
34	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	У	БЗ	РПД		
	мин.	51	6	2		
	макс.	83	7	5		
35	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	У	БЗ	РПД		
	мин.	47	8	2		
	макс.	86	15	9		

### Практическое занятие №5 (2 часа)

#### Тема: Основные типы растительности Камчатки

##### Подготовьте индивидуальные доклады и презентации:

1. Природные условия полуострова Камчатка
2. Общая характеристика флоры Камчатки
3. Вечнозеленые темнохвойные бореальные леса (пихтарники и ельники)
4. Летнезеленые светлохвойные бореальные и гемибореальные леса (лиственничники)
5. Субаркто-бореальные и горные мелколиственные леса (каменноберезовые леса)
6. Бореальные и гемибореальные мелколиственные леса (белоберезовые и осиновые леса)
7. Бореальные и гемибореальные восточносибирско-дальневосточные пойменные леса (чозенники, ивняки, тополевики, ольшаники, черемушники)
8. Стланики и кустарники (кедровые стланики, ольховые стланики, рябинники)
9. Бореальные и субарктические лиственные кустарники, гигрофитные кустарники
10. Тундровая растительность (сообщества микротермных кустарников, кустарничков, мхов и лишайников; микромезотермные психрофитные зимнезеленые кустаниковые тундры; микротерпно-мезопсихрофитно-кустарничковые тундры и пустоши; арктобореальные и высокогорные лишайниковые тундры и пустоши).
11. Луга: крупнозлаковые, разнотравные, субальпийские, высокогорные, приморские.
12. Термофитные луга.
13. Водно-болотная растительность.
14. Сфагновые и гипновые болота.

### Лабораторная работа № 1 (2 часа)

#### Анатомо-морфологические особенности листьев гигрофитов, мезофитов, ксерофитов

**Цель работы:** установить особенности строения растений, обеспечивающие приспособленность их к различному водному режиму.

**Материалы:** живые, фиксированные в спирте и (или) высушенные растения белоуса торчащего (*Nardus stricta*), клевера лугового (*Trifolium pratense*), рдеста курчавого (*Potamogeton crispus*).

Приспособленность (адаптация) организмов – свойство, позволяющее им существовать и размножаться в условиях неорганической, популяционной и биоценотической среды. Приспособления возникают как один из результатов действия естественного отбора.

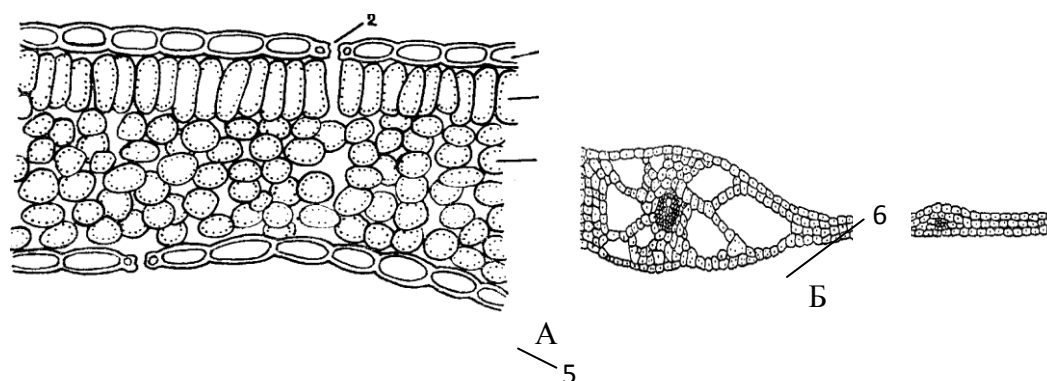


Рис. 1. Анатомические особенности строения листа клевера лугового (А) и рдеста курчавого (Б).

1 – верхний эпидермис; 2 – устьице; 3 – палисадная паренхима;  
4 – губчатая паренхима; 5 – нижний эпидермис; 6 – аэренхима.

На лабораторных занятиях по этой теме удобно изучать приспособления растений к световому, температурному и (или) водному режиму. Именно сравнение признаков растений разных экологических групп позволяет определить значимость каждого из них в адаптации, например, гигрофитов и ксерофитов к избыточному и недостаточному увлажнению соответственно.

#### Ход работы

Внимательно рассмотреть визуально и под биноклем вегетативные органы (корень, стебель и лист) растений различных экологических групп по их отношению к водному режиму: ксерофитов (белоус торчащий, овсяница овечья или булавоносец седой), мезофитов (клевер луговой или луговик дернистый) и гидрофитов (рдесты курчавый и (или) блестящий). Отметить особенности формы листьев и стеблей, их размеры, наличие опушенности или её отсутствие, интенсивность развития корневых систем, наличие корневых волосков и т. п.

Приготовить поперечные срезы листьев каждого растения. Для рдеста целесообразно выбирать для этой цели участки в центральной части листа (рис. 1). Последовательно, как и в случае изучения морфологических признаков, рассмотреть поперечные срезы, обращая особое внимание на степень развития указанных ниже признаков. Заполнить таблицу.

Проанализировать полученные результаты и определить, какие морфологические и анатомические признаки листа, стебля и корня обеспечивают высокий уровень приспособленности водных растений к среде; в каких признаках выражается ксероморфность растений; какое экологическое значение имеют такие признаки, как дифференцировка мезофилла на столбчатый и губчатый, положение устьиц, толщина эпидермиса, наличие опушенности, аэренхимы и т. п.

#### Морфолого-анатомические особенности растений разных экологических групп

Признаки	Виды растений		
	белоус торчащий	клевер луговой	рдест курчавый
Площадь листа, см <sup>2</sup>			
Толщина листовой пластинки, мкм			
Толщина эпидермиса с кутикулой, мкм			
Развитие механической ткани			

Палисадная паренхима			
– число слоев			
– форма клеток			
– размеры клеток, мм			
Развитие губчатой паренхимы			
Расположение устьиц			
Количество устьиц на 1 мм <sup>2</sup>			
Наличие опушенности			
Развитие корневой системы			
Наличие корневых волосков			

### Лабораторная работа № 2 (2 часа)

#### Анатомо-морфологические особенности стеблей гигрофитов, мезофитов, ксерофитов

**Цель работы:** установить адаптивные различия в анатомическом строении стеблей растений разных экологических групп по отношению их к водному режиму.

**Материалы:** живые, фиксированные в спирте или высушенные растения клевера ползучего (*Trifolium repens*), калужницы болотной (*Caltha palustris*), частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica*), вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*), ситника развесистого (*Juncus effusus*), камыша озерного (*Scirpus lacustris*), белоуса торчащего (*Nardus stricta*), овсяницы овечьей (*Festuca ovina*).

Для получения объективного представления об экологической адаптации растений к определенным условиям обитания необходимо исследовать не только анатомо-морфологические и физиолого-биохимические особенности листьев растений разных экологических групп, но и других органов. Например, анатомическое строение стебля растений разных экоморф не в меньшей степени, чем строение листа отражает условия светового и особенно водного режима. В этом легко убедиться, сравнивая поперечные срезы (в междоузлиях) травянистых растений (рис. 1).

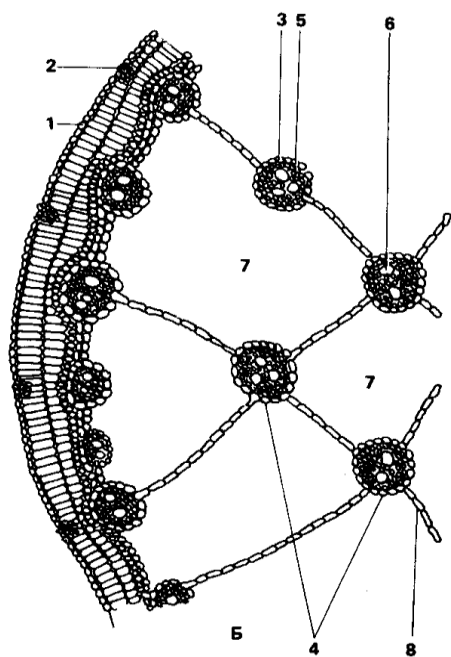


Рис. 1. Анатомические особенности стебля камыша озерного.

- 1 – эпидермис; 2 – склеренхима;
- 3 – обкладка пучка;
- 4 – закрытые коллатеральные пучки;
- 5 – флоэма;
- 6 – ксилема; 7 – аэренхима;
- 8 – паренхима.

#### Ход работы



ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

Сравнить морфологические особенности гигрофитов (калужницы, частухи, вахты, ситника и (или) камыша), мезофита (клевера ползучего) и ксерофитов (белоуса торчащего или овсяницы овечьей).

Отметить особенности формы листьев и стеблей, их размеры, интенсивность окраски, наличие опушенности.

Рассмотреть и зарисовать поперечные срезы растений каждой экологической группы. На рисунке измерить площадь, занимаемую паренхимой, механической и проводящими тканями. Выразить полученные величины в процентах от площади среза стебля и сравнить полученные значения для растений разных экологических групп. Объяснить, в каких особенностях анатомо-морфологического строения стебля выражается приспособленность гигрофитов, мезофитов и ксерофитов к водному режиму.

### **Лабораторная работа № 3 (2 часа)**

#### **Устойчивость растений к действию температур**

**Цель:** выявить степень устойчивости растений к высокой температуре.

#### **Определение засухоустойчивости растений по изменению содержания статолитного крахмала**

Статолитный крахмал, находящийся в корневом чехлике, почти не расходуется в процессе жизнедеятельности растительного организма, и в связи с этим его количество в растении остается довольно постоянным. Однако было обнаружено, что при воздействии на организм растения повышенной температуры или при обезвоживании происходит гидролиз статолитного крахмала. Степень гидролиза при этом зависит от уровня устойчивости растений к засухе или повышенной температуре. У менее устойчивых видов статолитный крахмал разрушается сильнее, чем у устойчивых растений.

#### **Ход работы**

Семена прорастить на влажной фильтровальной бумаге в чашках Петри при 25°C. Для определения засухоустойчивости проростки выдержать в воде при 37°C в течение 1 ч. По окончании прогрева у главного корня бритвой срезать 2–3 мм кончиков. Затем в течение 30 с окрашивать корни на предметном стекле раствором Люголя (1 %-ный раствор йода в йодистом калии). После этого краситель собрать фильтровальной бумагой, нанести каплю дистиллированной воды на препарат, накрыть покровным стеклом и прижать. В качестве контроля окрасить кончики корней растений, не подвергшихся нагреву.

После окрашивания корни следует сразу же просмотреть под микроскопом. Чем меньше устойчивость растения, тем больше крахмала гидролизуетея и тем менее интенсивной будет окраска препарата.

Оценку дают в баллах или в процентах по отношению к контролю (рис. 1). Образцы по устойчивости разделяют на 3 группы:

- • высокоустойчивые – гидролиз крахмала до 35 %;
- • среднеустойчивые – гидролиз крахмала 36–50 %;
- • неустойчивые – гидролиз крахмала более 50 %.

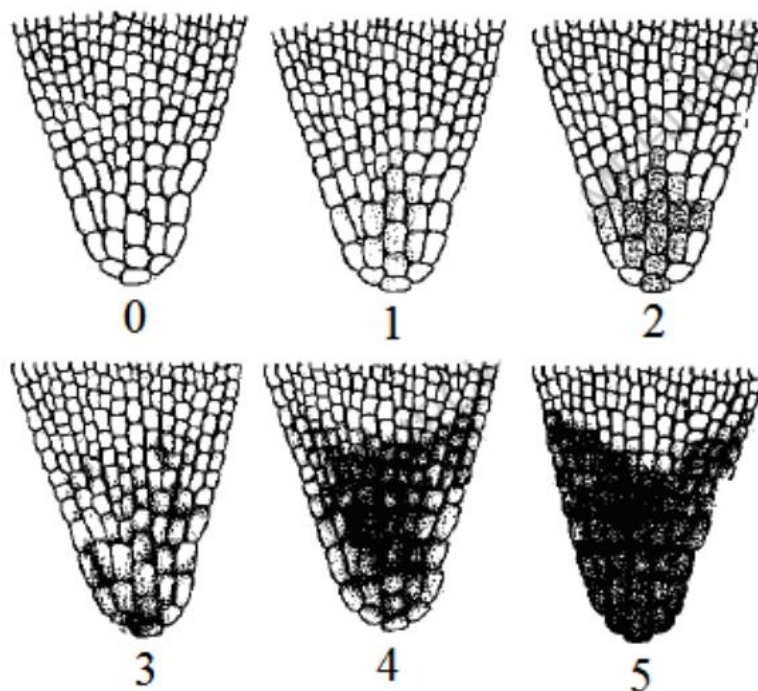


Рис. 1. Содержание крахмала в корневом чехлике (0–5 баллов)

Сделать фотографии контрольных и опытных образцов. Сделать вывод об устойчивости испытуемого вида к температуре.

#### Определение температурного порога коагуляции цитоплазмы

Клетки различных растений имеют разную жаростойкость. Условной границей жаростойкости растений является температура, при которой в течение 10 мин происходит полная коагуляция белков цитоплазмы. Гибель клеток устанавливается при потере ими способности к плазмолизу.

#### Ход работы

Приготовить 12 срезов эпидермиса элодеи (или эпидермис с выпуклой чешуей окрашенного лука) и поместить по 2 среза в пробирки с небольшим количеством водопроводной воды. Нагреть в большой колбе воду. Путем смешивания горячей воды с холодной приготовить в химических стаканчиках водяные бани с температурами 48, 50, 52, 54 и 58°C (сделать на стаканах надписи карандашом). Погрузить в водяные бани пробирки со срезами, поддерживая определенную температуру путем добавления в стаканы горячей воды. Через 10 мин извлечь срезы из пробирок и перенести на предметные стекла, снабженные надписями соответствующих температур. Если клетки не содержат пигмента, следует окрашивать их в растворе нейтрального красного в течение 5–10 мин, затем нужно собрать раствор краски фильтровальной бумагой. На срезы нанести по капле 1 М раствора сахарозы, накрыть их покровным стеклом и через 15–20 мин рассмотреть под микроскопом. Занести результаты в таблицу, обозначая плазмолиз знаком +, отсутствие плазмолиза – знаком –:

Название растения	Температура, °C					
	48	50	52	54	56	58

Сделать вывод об устойчивости белков к коагуляции.

Сделать общий вывод о механизмах термоустойчивости растений.

### Лабораторная работа № 4 (2 часа)

#### Подготовка растений к зиме

**Цель работы:** выявить степень лигнификации тканей древесных растений, определить тип лигнина и степень подготовки растений к зимнему сезону.

Лигнификация клеточных оболочек древесины свидетельствует о прошедшем этапе вызревания побега и его подготовке к зиме. Существует две большие группы лигнина: компонент «Ф» - флороглюциновая реакция, компонент «М» - реакция Меуле с перманганатом. При одревеснении побегов и подготовке их к зиме появляется сначала лигнин «М», а потом лигнин «Ф». Таким образом, положительная реакция только с перманганатом свидетельствует о неполном одревеснении побега.

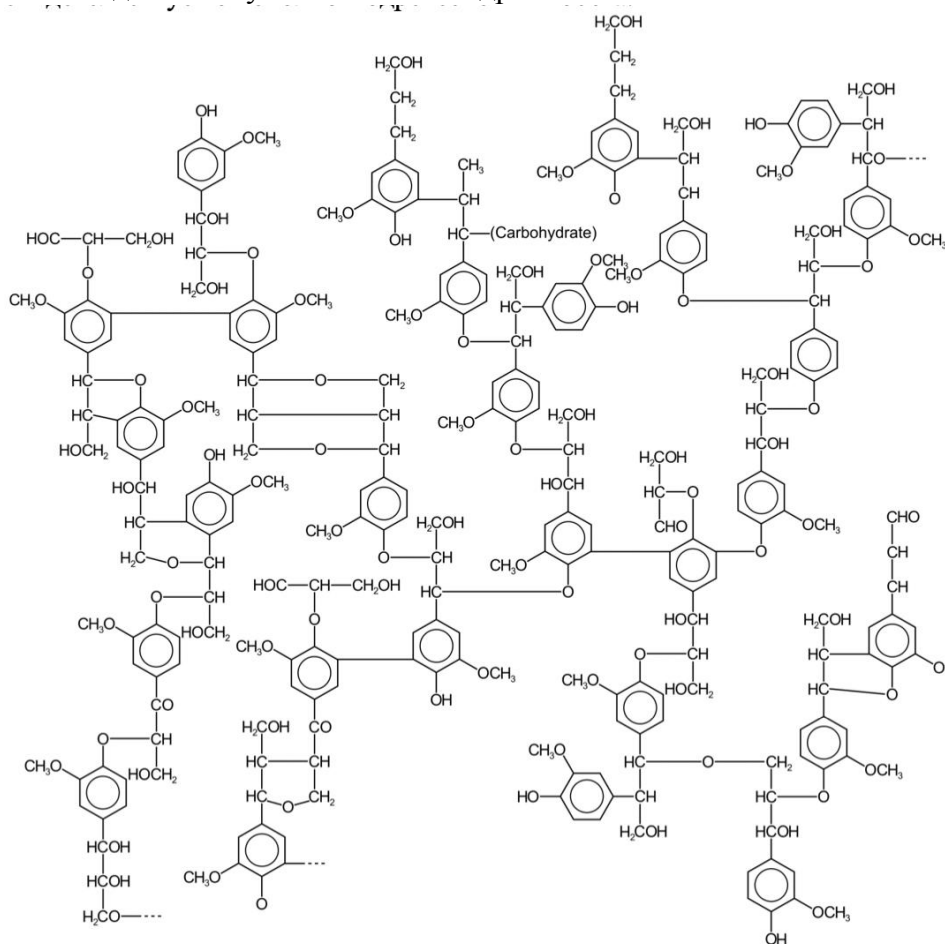


Рис. 1. Структура лигнина

Лигнин имеется у всех сосудистых растений и является одним из самых распространенных веществ в природе после целлюлозы. Так, сухая древесина содержит 30% лигнина, 40% целлюлозы и 30% гемицеллюлозы.

Лигнин состоит из ароматических фенольных соединений (рис. 1). Он синтезируется в клеточной стенке, где в процессе полимеризации занимает промежутки между целлюлозой, гемицеллюлозой и пектином. Синтез лигнина совпадает с началом образования вторичной клеточной стенки.

Появление лигнина в процессе эволюции связывают с выходом растений из водной среды на сушу. В это время растениям нужно было решить две проблемы: образовать

жесткую структуру для поддержания тела в вертикальном положении в воздушной среде и сформировать системы для транспорта воды и веществ в надземные органы. Лигнин также ингибирует рост патогенных микроорганизмов и синтезируется в ответ на повреждение.

Отложение лигнина характерно для определенных тканей (ксилема, склеренхима и т.д.) (вспомните строение стебля древесных растений - рис.2).

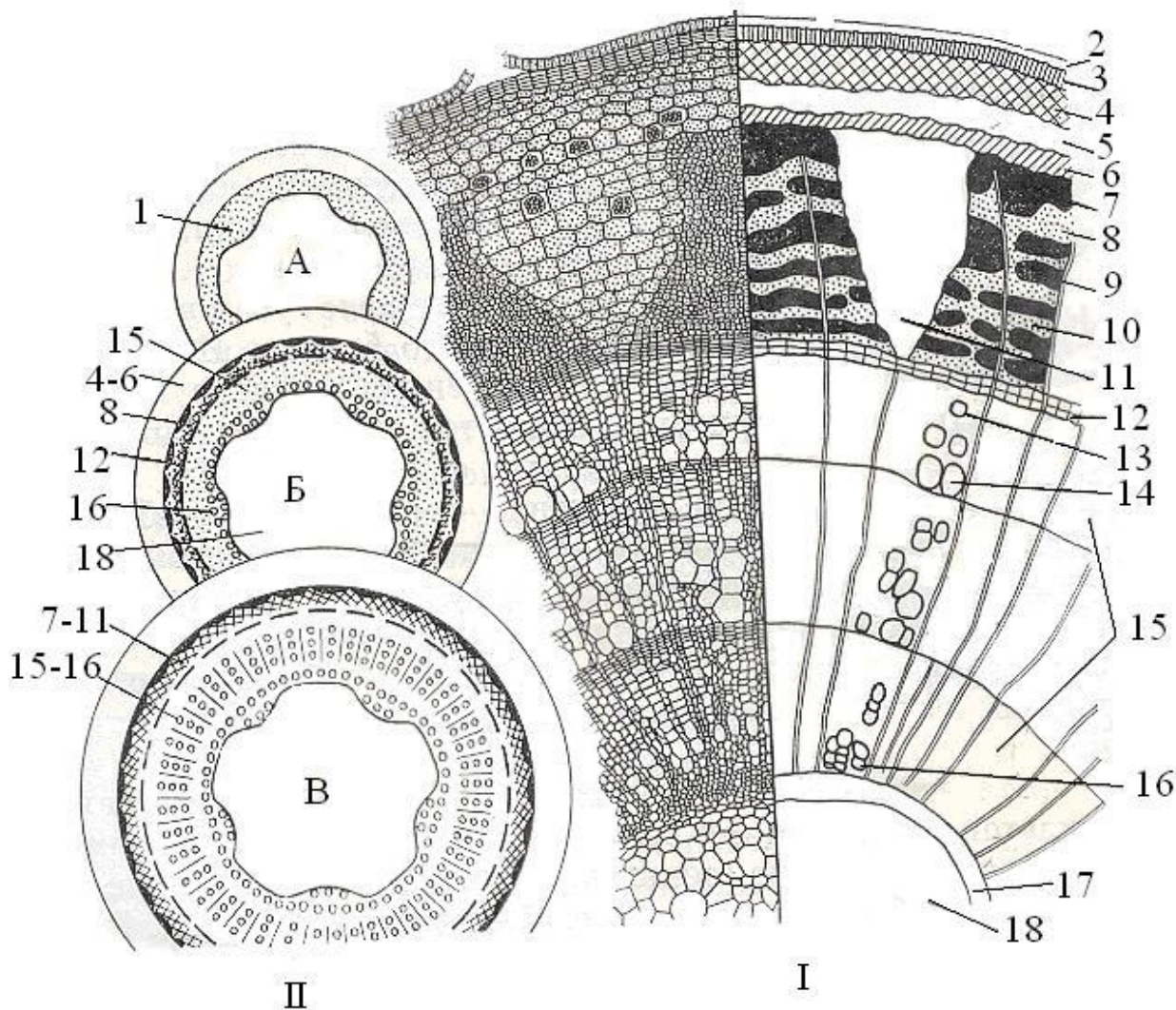


Рис. 2. Непучковый тип строения стебля липы (*Tilia cordata*) в поперечном разрезе ( I ) и схема строения стебля на разных уровнях ( II ):

А - срез на уровне появления прокамбия; Б - на уровне появления камбия; В - на уровне сформированной структуры.

1 - прокамбий, 2 - остатки эпидермы, 3 - пробка, 4 - колленхима, 5 - паренхима коры, 6 - эндодерма (4-6 - первичная кора), 7 - перициклическая зона, 8 - первичная флоэма, 9 - твердый луб, 10 - мягкий луб (вторичная флоэма), 11 - сердцевинный луч (7-11 - вторичная кора), 12 - камбий, 13 - осенняя древесина, 14 - весенняя древесина (13-14 - годовое кольцо древесины), 15 - вторичная древесина, 16 - первичная древесина (15-16 - древесина), 17 - перимедулярная зона, 18 - основная паренхима (17-18 - сердцевина, 7-18 - центральный цилиндр).

#### Материалы, реактивы

- предметные и покровные стекла;

- микроскопы;
- бритвы;
- чашки Петри;
- кисточки;
- фильтровальная бумага;
- промывалки с дист.водой;
- флороглюцин, 1% спиртовой раствор;
- серная кислота 25%;
- перманганат калия 1%;
- соляная кислота 15%;
- аммиак концентрированный;
- раствор Люголя.

### Ход работы

#### 1. Флороглюциновая реакция (на лигнин «Ф»)

Делают срезы побегов острой бритвой и помещают в воду в чашки Петри. Далее срезы вынимают кисточкой из воды, помещают на предметное стекло и добавляют 2-3 капли 1% спиртового раствора флороглюцина. Через 1-2 минуты добавляют 1-2 капли 25% серной кислоты и закрывают покровным стеклом.

Через 5-7 минут (но не позже, чем через 12-15 минут, во избежание изменения интенсивности окраски) срезы рассматривают под микроскопом. Флороглюцин окрашивает компоненты лигнина «Ф» в малиновые тона различной интенсивности.

**Сделайте фотографию препарата. Обозначьте ткани, содержащие лигнин «Ф». Сделайте вывод о характере одревеснения побега.**

#### 2. Перманганатная реакция (на лигнин «М»)

Срезы из воды помещают на предметное стекло и заливают 2-3 каплями 1% водного раствора  $KMnO_4$  на 5 минут. После чего раствор удаляют фильтровальной бумагой и срезы заливают слабой соляной кислотой (примерно 15%) до их обесцвечивания. Кислоту удаляют фильтровальной бумагой, здесь же на стекле срезы 2-3 раза промывают дистиллированной водой и после ее удаления наносят 2-3 капли концентрированного аммиака, покрывают покровным стеклом и сразу же рассматривают в микроскоп. Оболочки, содержащие лигнин «М» окрашиваются в томатно-красные тона. Морозоустойчивость побегов определяется не только состоянием клеточных оболочек, но также их содержимым, т.е. запасными веществами (накоплением в клетках крахмала, сахара, жиров). В связи с этим проводится простая проба на крахмал.

**На фотографии обозначьте ткани, содержащие лигнин «М». Сделайте вывод о характере одревеснения побега.**

#### 3. Динамика превращения запасных веществ при переходе в состояние покоя

В фазу окончания ростовых процессов в растениях в большом количестве накапливается крахмал. В дальнейшем происходит превращение крахмала в сахара у большинства травянистых растений, в жиры и липоиды – у древесных пород. Наблюдение за этими превращениями проводится с помощью микрореакций.

*Реакция на крахмал.*

Крахмал можно обнаружить по йодной реакции в растворе Люголя. В 10мл воды растворить 2г KI, затем 1г кристаллического йода, после чего объем раствора в мерной колбе довести до 100 мл. В раствор поместить на 5 мин растительный срез, после этого крахмал окрасится в фиолетовый цвет. Если окраска крахмала получилась черной, то необходимо раствор Люголя разбавить водой до такой концентрации, при которой

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

крахмал будет окрашиваться в фиолетовый цвет. Обычно концентрацию раствора Люголя удобно устанавливать по окраске крахмальных зерен на срезах клубней картофеля.

*Реакция на сахара.*

Срезы побегов или почек на предметном стекле или в бюксе смочить 2%-ным спиртовым раствором  $\alpha$ -нафтола, затем туда же добавить 1–2 капли концентрированной серной кислоты. В присутствии сахара получится темно-малиновое окрашивание. В плодово-ягодных породах большое количество сахаров можно наблюдать в стеблях малины и вишни, где ткани древесины и лубяных пучков окрашиваются в интенсивно-малиновый цвет.

*Реакция на жиры и липоиды.*

Реакция с суданом III является наиболее показательной для определения жиров. 0,1 г судана III развести в 20 мл 70-90%-ного спирта. Поместить срез на 10-20 минут в каплю раствора судана III, пронаблюдать распределение капель жира.

*Реакция на белки.*

Биуретовая реакция: приготовить два раствора: 40 %-ный раствор КОН или NaOH (1-й раствор) и 1 %-ный раствор  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (2-й раствор). К капле 1-го раствора на предметном стекле добавить немного 2-го раствора, туда же поместить срез растения. Срез слегка подогреть в течение 10 мин. После этого он окрасится в фиолетово-голубой цвет, на фоне которого обнаружатся включения, имеющие светлую середину и темные края.

**Сделайте вывод о степени накопления крахмала, сахаров, жиров и белков в срезе. Укажите на фотографии места отложения этих веществ.**

**4. Заполните таблицу**

**Характеристика строения побега древесных растений**

Образец	Реакции		
	на лигнин с флороглюцином	на лигнин с перманганатом	на крахмал

**Сделайте вывод о готовности различных видов растений к зимнему сезону.**

**Лабораторная работа № 5 (2 часа)**

**Тема: Жизненные формы как адаптации организмов к условиям среды**

Жизненная форма – это внешняя форма вида (организма, сообщества), приобретенная им в процессе эволюции и отражающая способ взаимодействия его со средой обитания, причем не с одним из факторов, а с их комплексом.

**Классификации жизненных форм растений**

Из множества классификаций жизненных форм наибольшее признание получили две классификации: К. Раункиера (1906) и И.Г. Серебрякова (1964).

Классификация К. Раункиера. За основу классификации принято расположение почек возобновления и наличие приспособлений для переживания неблагоприятного сезона года (в умеренных и арктических широтах – зима, в аридных районах еще и летние засухи). Выбранный признак коррелятивно связан со множеством других. Все растения К. Раункиер разделил на 5 типов жизненных форм.

Фанерофиты (Ph) – почки возобновления, открытые или закрытые, расположены на вертикально растущих побегах высоко над землей – выше 30 см. Деревья, кустарники, лианы, стеблевые суккуленты и стеблевые травы.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

Хамефиты (Ch) – почки возобновления близко к поверхности, не выше 20-30 см. В умеренных широтах побеги этих растений зимуют под снегом и не отмирают. Травянистые растения, кустарнички (черника, линнея северная, брусника, багульник простертый, дерен канадский).

Гемикриптофиты (Hk) – почки возобновления на поверхности почвы или в самом поверхностном слое, под подстилкой. Дернообразующие, надземные побеги к зиме отмирают. Многие луговые и лесные растения (одуванчик, злаки, осоки, лютик Франше, лапчатка земляниколистная, хохлатка бледная, пионы, башмачки, крапива).

Криптофиты (Cr) – почки возобновления на подземных органах (клубнях, корневищах), скрыты в почве (геофиты) или под водой (гидрофиты и гедатофиты). Лучше всего защищены от иссушения. Многолетние травы с отмирающими надземными частями (ландыш, адонис амурский, хохлатки расставленная и сомнительная, василисники, ветровочники, луки, тюльпаны, лилии, калужница, такла, белокрыльник)

Терофиты (Th) – возобновление только семянами. Неблагоприятный период года переживают на стадии семян. Все однолетние растения (маки, марьянник розовый).

Биоморфологический спектр. Процентное соотношение видов, обладающих разными жизненными формами на исследуемой территории, называется биоморфологическим спектром. Он служит своего рода индикатором условий окружающей среды и климата. В разных частях и странах земного шара спектры сильно различаются между собой.

Во влажных тропиках большинство видов относится к фанерофитам (и эпифитам), в сухом и жарком климате субтропиков – к терофитам, в холодном климате умеренного пояса – к гемикриптофитам, а в Арктике – к хамефитам (табл. 1).

Таблица 1

Район	Количество видов	Ph	Ch	Hk	Cr	Th
Сейшельские о-ва (влажн. тропики)	258	61	6	12	5	16
Аргентина (сух. субтропики)	866	12	6	29	11	42
Дания (холодный умеренный пояс)	1084	7	3	50	22	18
Баффинова земля (арктический пояс)	129	1	30	51	16	2
Спектр всего мира	-	47	9	27	4	12

Но несмотря на то, что отчетливо выражено соответствие типов жизненных форм географическим районам, они слишком обширны и неоднородны даже с учетом выделения в них подразделов.

Классификация И.Г. Серебрякова (1964) была разработана в середине 20-ого века на основе эколого-морфологического принципа.

По И.Г. Серебрякову, жизненная форма – это своеобразная внешняя форма организмов, обусловленная биологией развития и внутренней структурой их органов, формируется в определенных почвенно-климатических условиях, как приспособление жизни к этим условиям, т.е. это форма организмов, приспособившихся к своей среде обитания под длительным влиянием комплекса факторов.

Все многообразие растений сведено И.Г. Серебряковым в 4 отдела и 8 типов жизненных форм (табл. 2), а каждый тип, в свою очередь подразделяется на формы.

Таблица 2

Отделы	Типы
А. Древесные растения	I – деревья, II – кустарники, III - кустарнички
Б. Полудревесные растения	IV – полукустарники и полукустарнички
В. Наземные травы	V – поликарпические травы, VI – монокарпические травы
Г. Водные травы	VII – земноводные травы (болотные, или гелофиты – почки

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

	возобновления под водой, побеги – над водой), VIII – плавающие и подводные травы (гедатофиты и гидрофиты)
--	---

Так, в типе "Деревья" (надземные кронообразующие деревья) выделены 4 формы: 1) – с прямостоячими стволами, 2) – кустовидные, 3) – одноствольные с низкими стволами, 4) – стланцы – с лежачими стволами.

Деревья с прямо-стоячими стволами – это жизненная форма является показателем оптимальных условий местообитания и распространена очень широко. С ухудшением условий сменяется другими формами. Стланцы (кедровый стланик, ольховый стланик, сосна горная) растут в районах, мало благоприятных для произрастания деревьев – на Крайнем Севере, в предгорьцовом горном поясе, на побережье Охотского моря, т.е. в районах с прохладным сырым летом, длинной зимой, обильными снегопадами, сильными ветрами.

Деревья бывают первой (выше 25 м), второй (высота 10-25 м), и третьей (до 10 м) величины. Принимать во внимание высоту деревьев особенно актуально в сложных широколиственных лесах Приморья, состоящих из нескольких древесно-кустарниковых ярусов.

Кустарники – имеют множество одревесневших побегов, по высоте делятся на высокие (выше 2,5 м), средние (1-1,25 м), низкие (до 1,0 м).

Кустарнички – это те же кустарники, но никогда не превышающие 0,5 м. Обычно высота их составляет 10-30 см. Кустарнички доминируют в тундровых экосистемах, в напочвенном покрове северотаежных лесов, в горно-альпийском поясе (брусника, черника, голубика, подбел, низкие рододендроны, багульники и др.).

Полукустарники и полукустарнички – промежуточная форма между древесными растениями и травами. По облику сходны с травами, но в особо благоприятные годы стебли у них не отмирают, а продолжают на следующий год расти. Для них характерно сильное обмерзание побегов. Типичный полукустарник – полынь Гмелина.

Травы – самый распространенный в южной половине Дальнего Востока тип жизненной формы.

Поликарпические травы - их большинство, плодоносят многократно. Они сильно различаются по строению корневых систем, отражающих их приспособленность к разным почвенным условиям. По этому признаку выделяют стержнекорневые (мятлики), длинностержневые (люцерна, шалфей), короткостержневые (сон-трава, крестовник), кистекорневые (калужница болотная, лютики), короткочорневищные (купена, ветровочник), длиннокорневищные (аспарагус), дерновинные (плотнокустовые, рыхлокустовые), столонообразующие (майник двулистный, земляника, сердечник белоцветковый, пырей), ползучие (вероника лекарственная, клевер белый, василисники), клубнеобразующие (стрелолист, аризема амурская, василисник клубненосный, звездчаточка лесная), луковичные (луки, хохлатки расставленная, сомнительная, Буша).

Монокарпические травы плодоносят всего один раз в жизни. Широко распространены в засушливых районах северного полушария. Все однолетники и двулетники (капуста, редисы, свекла, укроп, тмин, из дикой флоры: хохлатка бледная, пастушья сумка, чистотел, череда, борщевик, дудники даурский и амурский, донтестемон зубчатый и др.), есть и многолетники. Однолетники делятся на длительно вегетирующие (марьянник розовый, мак альпийский, офелия, пастушья сумка, кошачья лапка, патриния скабиозолистная) и эфемеры (вероника весенняя, горечавка Цолингера), лиановидные (горец вьюнковый), полупаразитные (очанка) и паразитные (вертляница одноцветковая, повилика, пучкоцвет трубкоцветковый).



ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

Среди трав принято выделять группы, которые различаются физиономически, поскольку они играют разную экологическую роль.

Крупнотравье и папоротники – растут в наиболее влажных, но с плодородными, хорошо дренированными почвами, в большинстве своем теневыносливы. Высота от 1,0 до 2,0 м и более. Для растений типичны крупные, сложные листья, у цветковых видов развиты мощные стебли. Наиболее теплолюбивы в сравнении с другими видами. Характерны для широколиственных и хвойно-широколиственных, особенно пойменных, лесов. Особенно обильны виды этой группы в приокеанической полосе: В Южном Приморье, на юге Камчатке, на островах Японского моря.

Лесные виды: дудники, акониты, пионы, крапива, лабазник, клопогоны, стеблелист, недотрога обыкновенная, волжанка азиатская, чемерицы, чина Давида из папоротников – щитовники, корноптерис, кочедыжники, осмунд или чистоуст, и др. Луговые виды: купальница китайская, водосбор, ирисы, василисник воючий, бузульник Фишера, сосюреи и др.

Разнотравье экологически сходно с первой группой, но более холодоустойчиво с продвижением на север сменяет первую группу. По строению растений не отличается от крупнотравья, только уступает в размерах – не превышает 0,5 м, обычно 30-40 см.

Типичное разнотравье: подлесник красноцветковый, купена обертковая, звездчатка Бунге, марьянник розовый, чина низкая, молочай Комарова, вика однопарная, глухая крапива, диспорум зеленеющий, смилацина китайская.

Низкотравье – самые мелкие растения – до 20 см высотой, чаще 10-15 см. Самые теневыносливые, характеризуются высокой вегетативной подвижностью. Даже в глубокой тени могут образовывать группировки (тригонотис корейский, кислица обыкновенная, звездчаточка лесная, майники, седмичник, хохлатки, ветреницы, шлемник уссурийский). Многие виды разнотравья сугубо борельные виды и растут в северных лесах, но и на севере предпочитают более теплые экотопы с влажными плодородными почвами: седмичник европейский, майник двулистный, ветреница худосочная, грушанки мясокрасная и малая.

Злаки и осоки резко отличаются от типичных трав простыми линейными, преимущественно узкими листьями. В условиях достаточной освещенности сильно задерняют почвы. Некоторые виды выступают доминантами напочвенного покрова в разреженных лесах близкородственных организмов внешние, или морфологические, признаки могут сильно различаться.

НАПРИМЕР, у березы каменной М.А. Шембергом (1986) выявлена разная степень опущения кроющих почек и молодых побегов в пределах одного и того же склона в окрестностях Петропавловска-Камчатского. Она отражает высокую, но, тем не менее, разную суровость зимних погодных условий. В верхней части склона, где скорость ветра сильнее, опущение почек и побегов значительно выше, чем в нижней части склона и вдоль распадка.

Не только строение отдельных органов, но и формы роста в разных экотопах могут отличаться очень существенно. И тогда жизненная форма вида может быть представлена разными экобиоморфами. Так, в прибрежных районах с сильными ветрами многие деревья характеризуются флагообразными кронами, искривленными стволами. Понятия „жизненная форма" и понятие „экобиоморфа" по содержанию очень близки, и они могут употребляться как синонимы.

Онтобиоморфы. В разные периоды жизни среда обитания растения может очень сильно различаться. В процессе возрастного перехода растений из одних условий произрастания в другие (из одного яруса в другой) меняется и жизненная форма растения.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

Форма роста, свойственная виду в определенные периоды его жизненного цикла (онтогенеза) называется онтобиоморфой.

Смена онтобиоморф чаще всего наблюдается у деревьев, а также у растений, которые начинают жизнь на открытом месте, а заканчивают в фитоценозе – в окружении растений, причем разных жизненных форм.

**ПРИМЕР.** Облик чозении толокнянколистной из сем. Ивовых, развитие которой начинается на галечниковом субстрате под палящим солнцем, в самом начале жизни соответствует облику ксерофитного растения – для проростка характерны толстые, покрытые сизым восковым налетом семядольные листья. В более старшем возрасте у растений таким налетом покрыты не только листья, но и побеги (фазы 2 и 3). Поскольку первые годы чозения проживает в условиях активного паводкового режима, то вначале ей свойственна розетковидная (фаза 2), а затем кустарниковая (фаза 3) форма роста. По мере выхода из-под влияния паводков чозения становится вначале кустовидным деревом (фаза 4), у которого помимо кустовидности сохраняются черты ксерофильности в виде воскового налета на молодых побегах. В зрелом возрасте чозения – типичное мезофитное дерево первой величины (фаза 5), а в старости – после 70 лет – дерево начинает разрушаться (фаза 6).

Подушковидные формы – среди многолетних травянистых и древесных растений в особенно суровых условиях произрастания. Сугубо экологическая адаптация к холоду и засухе (камнеломки, вересковые, многие ивы, дриады, рододендроны и др.).

#### Ход работы

#### **Задание 1. Изучение классификации жизненных форм растений К. Раункиера (1905, 1907)**

**Цель работы:** изучить принципы современных классификаций и разнообразие жизненных форм растений на основе классификации К. Раункиера.

**1.** Изучите классификацию жизненных форм растений, предложенную Кристеном Раункиером (1905, 1907):

- выполните схематично **рисунок** «Жизненные формы растений по Раункиеру»;
- отметьте и обозначьте на рисунке зимующие почки возобновления, уровень их расположения и соотношения отмирающих и перезимовывающих частей растений;
- изучите предложенные гербарные образцы и заполните **таблицу**:

*Таблица 1 - Характеристика основных типов жизненных форм растений по Раункиеру (1905, 1907)*

Тип жизненной формы	Характерные особенности	Представители

**2.** Изучите взаимосвязь жизненных форм растений и климата по биоморфологическому спектру флоры различных зон и районов земного шара. Заполните таблицу.

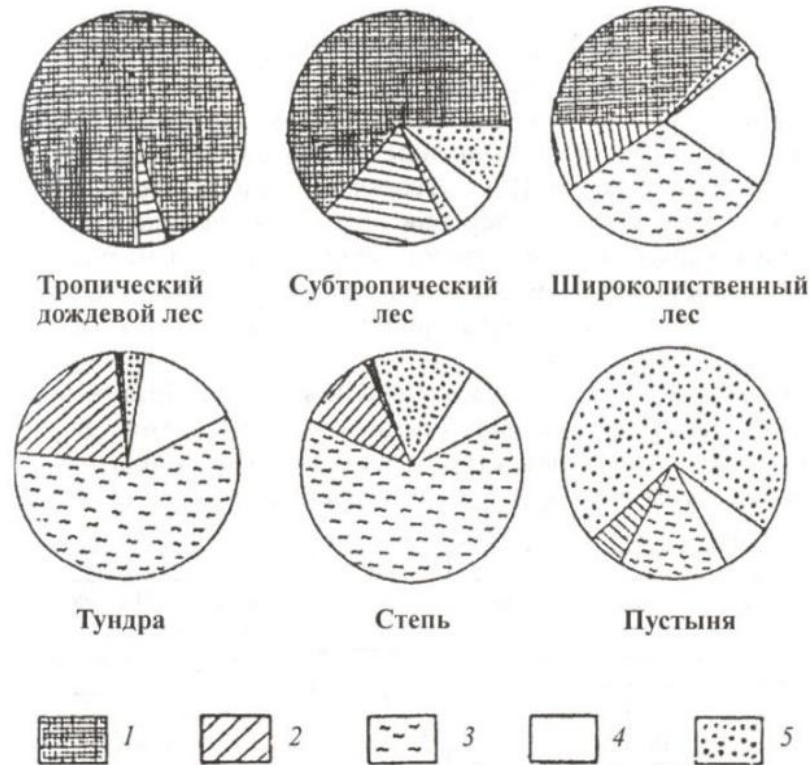


Рис. Соотношение жизненных форм в зональных типах растительности земного шара (по Р. Уиттекеру, 1980):

1 – фанерофиты, 2 – хамефиты, 3 – гемикриптофиты, 4 – криптофиты, 5 – терофиты  
а) заполните **таблицу**:

Таблица 2 - Соотношение жизненных форм в зональных типах растительности земного шара (по р. Уиттекеру, 1980)

Зональный тип растительности	Преобладающие жизненные формы (по убыванию)	Лимитирующие факторы

**Задание 2. Изучение классификации жизненных форм растений И.Г. Серебрякова (1962,1964)**

**Цель работы:** изучить принципы эколого-морфологической классификации и разнообразие жизненных форм растений на основе классификации И.Г. Серебрякова. Заполните таблицу по предложенному растительному сообществу:

Таблица 3 - Соотношение жизненных форм растений в исследуемом сообществе

Зональный тип растительности	Преобладающие жизненные формы (по убыванию)	Лимитирующие факторы

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	


Для этого рассмотрите гербарий и заполните *таблицу*:

**Гербарные образцы можно найти на сайте: <https://plant.depo.msu.ru>**

*Описания биологических особенностей видов можно найти на сайте: <https://www.plantarium.ru>*

*Таблица 4 - Характеристика жизненных форм цветковых растений по Серебрякову в сообществе (1962, 1964):*

Представители	Морфологические признаки	Условия среды (экологическая приуроченность)	Отдел Тип Жизненная форма

## 6.2 Внеаудиторная самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Вид СР	Трудоемкость (час.)
1.	Экология растений	Подготовка к практической работе №1	Конспект, лабораторный журнал	4
		Подготовка к практической работе №2		4
		Подготовка к практической работе №3		4
		Подготовка к практической работе №4		4
		Подготовка к семинару №5		4
		Подготовка к лаб.работе №1		3
		Подготовка к лаб.работе №2		3
		Подготовка к лаб.работе №3		3
		Подготовка к лаб.работе №4		3
		Подготовка к лаб.работе №5		3
		Экологические группы растений (таблица)		3
		Реферат	Реферат	
		Подготовка к зачету	Изучение лит-ры	

## 7. Перечень вопросов на зачет

1. Классификация факторов среды.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

2. Понятие о комплексном градиенте.
3. Понятие об экологической группе.
4. Тепловой режим местообитаний.
5. Особенности температуры растений.
6. Адаптации растений к низкой и высокой температуре.
7. Рельеф как абиотический фактор.
8. Водный режим местообитаний.
9. Типы растений по способам регуляции водного режима.
10. Гидрофиты, их классификация и адаптации.
11. Гелофиты, их адаптации.
12. Гигрофиты, их адаптации.
13. Особенности адаптации склерофитов.
14. Особенности адаптации суккулентов.
15. Световой режим местообитаний.
16. Фотопериодизм и сезонность.
17. Световая кривая фотосинтеза.
18. Экологические группы растений по отношению к свету.
19. Адаптации сциофитов.
20. Адаптации гелиофитов.
21. Значение почвы в жизни растений.
22. Петрофиты, их адаптации.
23. Псаммофиты, их адаптации.
24. Кальцефилы, их адаптации.
25. Оксилофиты, их адаптации.
26. Галофиты, их адаптации.
27. Эпифиты, их адаптации.
28. Экологические группы по требованию к содержанию питательных веществ.
29. Экологические группы гетеротрофных растений.
30. Понятие о жизненной форме. Системы жизненных форм.
31. Понятие об экологической нише. Особенности экологической ниши растений.
32. Понятие об эколого-фитоценотической стратегии. Система Раменского-Грайма.
33. Понятие о фитогенном поле. Консорция как элемент экосистемы.
34. Классификации взаимоотношений растений друг с другом.
35. Специфичность видов растений по действию на среду.
36. Понятие о фитоценозе. Состав растительных сообществ.
37. Понятие о ценопопуляции. Структура ценопопуляции.
38. Вертикальная структура фитоценоза.
39. Горизонтальная структура фитоценоза.
40. Суточная изменчивость фитоценозов.
41. Сезонная изменчивость фитоценозов.
42. Флуктуации.
43. Сукцессия. Классификация сукцессий. Понятие о климаксе.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

### **8.1. Основная учебная литература:**

1. Афанасьева, Н. Б. Ботаника. Экология растений в 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / Н. Б. Афанасьева, Н. А. Березина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 352 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

- 07359-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450315>.
- Афанасьева, Н. Б. Ботаника. Экология растений в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов / Н. Б. Афанасьева, Н. А. Березина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 336 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07358-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452575>.
  - Богданов И.И. Сравнительная экология растений и животных : учебное пособие / Богданов И.И.. — Омск : Издательство ОмГПУ, 2017. — 308 с. — ISBN 978-5-8268-2079-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105328.html> (дата обращения: 11.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
  - Гарицкая М.Ю. Экология растений, животных и микроорганизмов : учебное пособие / Гарицкая М.Ю., Шайхутдинова А.А., Байтелова А.И.. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 346 с. — ISBN 978-5-7410-1492-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/61425.html> (дата обращения: 11.11.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

## 8.2. Дополнительная учебная литература:

- Громадин, А. В. Дендрология : учебник для вузов / А. В. Громадин, Д. Л. Матюхин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 342 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07931-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/474409> (дата обращения: 11.11.2021).
- Соловьева, В. В. Гидробиология : учебник и практикум для вузов / В. В. Соловьева, А. Г. Лапиров. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 461 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11010-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/475732> (дата обращения: 11.11.2021).
- Шилов, И. А. Биоценология : учебник для вузов / И. А. Шилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 184 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13190-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/469798> (дата обращения: 11.11.2021).
- Шилов, И. А. Организм и среда. Физиологическая экология : учебник для вузов / И. А. Шилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 180 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13187-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/469800> (дата обращения: 11.11.2021).
- Шилов, И. А. Экология популяций и сообществ : учебник для вузов / И. А. Шилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 227 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13188-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/469799> (дата обращения: 11.11.2021).

## 8.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://elementy.ru/> - Новости науки
- <http://bibl.kamgru.ru> - Сайт библиотеки КамГУ.
- [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLibrary – Научная электронная библиотека.

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

4. <https://urait.ru/> - Образовательная платформа Юрайт.
5. [https://www.impb.ru/eco/show\\_info.php?id=1077](https://www.impb.ru/eco/show_info.php?id=1077) – база данных «Флора сосудистых растений Центральной России» ИМПБ РАН
6. <http://iavs.org> - The International Association for Vegetation Science (IAVS)
7. <http://www.theplantlist.org/> - A working list of all plant species
8. <http://www.algaebase.org> - AlgaeBase is a global algal database of taxonomic, nomenclatural and distributional information.

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

## 9. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента

**Форма промежуточной аттестации**– зачет.

### Критерии оценивания устных ответов и письменных работ

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

ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

контрольные вопросы к работе.
-------------------------------

### Критерии оценивания различных форм промежуточной аттестации

Уровень сформированности компетенции	Уровень освоения дисциплины (оценка)	Форма промежуточной аттестации			
		Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	Защита курсовой работы
		Универсальные критерии оценивания			
Высокий	зачтено // отлично	Продемонстрированы глубокие знания программного материала, а также сформированность всех дескрипторов компетенции: знаний, умений, навыков. Ответы логически последовательны, содержательны. Стиль изложения научный. Применение умений и навыков уверенное.	Продемонстрировано всестороннее и глубокое освещение избранной темы (проблематики), а также умение работать с источниками, делать теоретические и практические выводы. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения научный с использованием терминологии.		
Базовый	зачтено // хорошо	Продемонстрированы глубокие знания программного материала, а также успешная сформированность дескрипторов компетенции: знаний, умений, навыков. Ответы логически последовательны, содержательны. Стиль изложения научный. Вместе с тем, студентом допущены ошибки, имеет место пробелы в умениях и навыках.	Продемонстрировано глубокое освещение избранной темы (проблематики), а также умение работать с источниками, делать теоретические и практические выводы. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения научный с использованием терминологии. Вместе с тем, студентом допущены ошибки.		
Пороговый	зачтено // удовлетворительно	Продемонстрированы не достаточные знания программного материала, имеются затруднения в понимании сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений. Сформированы дескрипторы компетенции: знания, умения, навыки порогового уровня.	Продемонстрировано в основном владение материалом, а также умение работать с источниками, делать выводы. Вместе с тем, недостаточно четко отражены результаты исследования, студентом допущены ошибки.		
Компетенции не сформированы	не зачтено // неудовлетворительно	Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами дисциплины. Терминология не используется. Дескрипторы компетенции: знания, умения, навыки не сформированы (теоретические знания разрознены, умения и навыки отсутствуют) // Либо ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа.	Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса (проблематики исследования) с другими вопросами дисциплины. Терминология не используется. Теоретические знания разрознены, умения и навыки отсутствуют // Либо ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа.		

#### 10. Материально-техническая база

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

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации ОП ВО по направлению подготовки 06.03.01 «Биология», включает в себя специализированные помещения, оснащенные лабораторным оборудованием, в



ОПОП	СМК-РПД-В1.П2-2021
Рабочая программа дисциплины Б1.О.36 «Экология растений» для направления подготовки 06.03.01 «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»	

зависимости от степени сложности. Для лабораторных занятий имеются наборы микропрепаратов, реактивы, лабораторная посуда, специализированная литература.

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

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

**Оснащение гербария (ауд. 511а):**

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

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