

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт экологии и устойчивого развития

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Экология растений, животных и микроорганизмов**

Кафедра экологии

Образовательная программа

**05.03.06 Экология и природопользование**

Направленность (профиль) программы  
**Экологическая безопасность**

Уровень высшего образования  
**Бакалавриат**

Форма обучения  
**Очная**

Статус дисциплины: **Обязательная часть,  
Базовый модуль направления**

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «Экология растений, животных и микроорганизмов» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование, (уровень бакалавриат) от «07» августа 2020 г. №894

Составитель: кафедра экологии, Магомедов М.Д., д.б.н., профессор, член-корр. РАН, Асадулаев З.М., д.б.н., профессор, Давудова Э.З., к.б.н., доцент, Магомедова М.З., к.б.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры экологии от «06» июля 2021 г., протокол №10.

Зав. кафедрой  Магомедов М.Д.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии Института экологии и устойчивого развития от «07» июля 2021 г., протокол №10.

Председатель  Теймуров А.А.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «09» июля 2021 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Экология растений, животных и микроорганизмов» входит в обязательную часть базового модуля направления ОПОП бакалавриата по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование

Дисциплина реализуется в Институте экологии и устойчивого развития кафедрой экологии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов о взаимосвязях микроорганизмов, а также растительных и животных организмов со средой, закономерностях формирования и развития их сообществ, а также ознакомление с экологическим составом флоры и фауны своего региона.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК2, профессиональных – ПК4.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме:

- текущей успеваемости – индивидуальный, фронтальный опрос, коллоквиум;
- промежуточный контроль – зачет, экзамен.

Объем дисциплины 8 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий: лекции (54 ч.), лабораторные занятия (84 ч.), самостоятельная работа (114 ч.), контроль (36 ч.).

### Очная форма обучения

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:							
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен	
		всего	из них					
	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
5	108	16	34				58	зачет
6	72	22	22				28	зачет
7	108	16	28				64	экзамен

## 1. Цели освоения дисциплины

2.

Целями освоения дисциплины «Экология растений, животных и микроорганизмов» являются изучение влияния факторов среды на различные группы живых организмов и рассмотрение их функциональной роли в жизни биосферы. Курс знакомит студентов с особенностями трофического разнообразия микроорганизмов (эукариотных и прокариотных форм), растений и животных. Подробно рассматривается влияние абиотических факторов среды на живые организмы и их морфологические и физиологические адаптации к этим факторам. В курсе изучается взаимосвязь живых организмов и различных сред их обитания.

Изучение экологии растений, животных и микроорганизмов необходимо для углубления, расширения и дополнения знаний о взаимосвязях микроорганизмов, а также растительных и животных организмов со средой, закономерностях формирования и развития их сообществ, а также ознакомление с экологическим составом флоры и фауны своего региона.

Основными задачами курса являются:

- ознакомить студента с основными разделами экологии организмов, ее месте в системе экологических знаний и связи с другими научными дисциплинами;
- получить представление об основных систематических группах микроорганизмов и вызываемых ими в биосфере процессах;
- усвоить основные закономерности морфофизиологических и популяционных механизмов адаптации растений и животных к различным факторам окружающей среды;
- научиться понимать взаимосвязь различных групп живых организмов и сред их обитания;
- знать принципы трофической структуры экосистем и роли в ней растений, животных и микроорганизмов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Экология растений, животных и микроорганизмов» входит в обязательную часть базового модуля направления ОПОП бакалавриата по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование, профиль подготовки «Экологическая безопасность».

Дисциплина «Экология растений, животных и микроорганизмов» входит в блок дисциплин базового модуля по направлению подготовки 05.03.06 - Экология и природопользование (уровень подготовки бакалавриат). Курс охватывает круг вопросов о взаимосвязях микроорганизмов, а также растительных и животных организмов со средой, закономерностях формирования и развития их сообществ, а также ознакомление с экологическим составом флоры и фауны своего региона.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения и процедура освоения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
--	--	---------------------------------	--------------------

<p><b>ОПК-2.</b> Способен использовать теоретические основы экологии, геоэкологии, природопользования, охраны природы и наук об окружающей среде в профессиональной деятельности</p>	<p><b>ОПК-2.1.</b> Применяет знания теории и методологии экологии, геоэкологии, природопользования, охраны природы и наук об окружающей среде в научно-исследовательской и практической деятельности, на основе теоретических знаний предлагает способы и выбирает методы решения задач в сфере экологии и природопользования</p>	<p><i>Знает:</i> - общие закономерности функционирования живых систем в гармоничной связи с внешними условиями, месте живых организмов в этой системе и об особой их роли в экосистемах; <i>Умеет:</i> - применять знания теории и методологии экологии в научно-исследовательской и практической деятельности; <i>Владеет:</i> - дедуктивным методом анализа полученных данных, аргументированным доказательством выводов.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос, коллоквиум</p>
	<p><b>ОПК-2.2.</b> Владеет знаниями и подходами наук в области экологии и природопользования для планирования и реализации деятельности по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду, охране природы, рациональному использованию природных ресурсов</p>	<p><i>Знает:</i> - влияние различных экологических факторов (абиотических, биотических, антропогенных) на живые организмы <i>Умеет:</i> - понимать смысл взаимоотношений живых организмов и окружающей среды с обязательным учетом прямых и обратных связей; <i>Владеет:</i> - знаниями и подходами наук в области экологии и природопользования.</p>	
<p><b>ПК-4.</b> Способен применять теоретические основы экологии животных, растений и микроорганизмов, методы оценки биоразнообразия, технологии ресурсопользования в заповедном деле и охране природы</p>	<p><b>Б-ПК-4.1.</b> Использует знания основ экологии животных, растений и микроорганизмов, методы оценки биоразнообразия, нормативные правовые акты, регулирующие правоотношения ресурсопользования в заповедном деле и природоохранной деятельности</p>	<p><i>Знает:</i> - основы экологии животных, растений и микроорганизмов <i>Умеет:</i> - использовать знания основ экологии животных, растений и микроорганизмов в природоохранной деятельности; <i>Владеет:</i> - методами оценки биоразнообразия</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос, коллоквиум</p>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

4.2.1. Структура дисциплины в очной форме

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	КСР	Самостоятельная работа в т.ч. экзамен	
	<b>Модуль 1. Морфологическое и трофическое разнообразие микроорганизмов. Особенности различных сред обитания для микроорганизмов.</b>							
1	Предмет, задачи и место экологии микроорганизмов в системе	5	2		4		12	индивидуальный, фронтальный опрос.

	экологических наук. Морфологическое и трофическое разнообразие микроорганизмов.							
2	Экология микроорганизмов атмосферы, водных и почвенных микроорганизмов, и их общая характеристики.	5	2		4		12	индивидуальный, фронтальный опрос, коллоквиум.
	<i>Итого по модулю 2:</i>		4		8		24	
<b>Модуль 2. Взаимодействие микроорганизмов с представителями других групп животного мира. Биосферная роль микроорганизмов и особенности их географического распределения.</b>								
3	Формы взаимоотношений бактерий с другими представителями разных групп животных и растений.	5	4		8		10	индивидуальный, фронтальный опрос.
4	Роль микроорганизмов в глобальных циклах элементов	5	2		4		8	индивидуальный, фронтальный опрос, коллоквиум.
	<i>Итого по модулю 2:</i>		6		12		18	
<b>Модуль 3. Микробные процессы и биотехнологии окружающей среды. Методы экологии микроорганизмов.</b>								
5	Микроорганизмы и биоразрушения. Аэробная очистка сточных вод. Процессы с использованием активированного ила Анаэробная обработка концентрированных стоков.	5	4		8		8	индивидуальный, фронтальный опрос.
6	Методы забора воздуха для исследования. Исследование воды, воздуха, почвы	5	2		6		8	индивидуальный, фронтальный опрос, коллоквиум, зачет
	<i>Итого по модулю 3:</i>		6		14		16	
<b>Модуль 4. Экология растений как раздел экологии. Механизмы адаптации растений к абиотическим факторам.</b>								
7	Предмет и методы экологии растений, ее краткая история, задачи и связь с другими науками. Взаимодействие растений с окружающей средой.	6	2	2			2	индивидуальный, фронтальный опрос
8	Внутривидовые экологические подразделения растений. Экологическая морфология растений.	6	4	4			4	индивидуальный, фронтальный опрос
9	Свет и тепло, как экологические факторы	6	2	2			2	индивидуальный, фронтальный опрос
10	Вода и воздух как экологические факторы	6	2	2			2	индивидуальный, фронтальный опрос
11	Почвенные и орографические факторы	6	2	2			2	индивидуальный, фронтальный опрос.
	<i>Итого по модулю 4:</i>		12	12			12	индивидуальный, фронтальный опрос, коллоквиум.
<b>Модуль 5. Биологические и технологические аспекты экологии растений</b>								
12	Биотические факторы. Периодические явления в жизни растений.	6	4	4			4	индивидуальный, фронтальный опрос
13	Экологические основы культивирования растений. Влияние человека на растения.	6	4	4			6	индивидуальный, фронтальный опрос
14	Экологические группы растений Дагестана.	6	2	2			6	индивидуальный, фронтальный опрос, коллоквиум.
	<i>Итого по модулю 5:</i>		10	10			16	
<b>Модуль 6. Окружающая среда и адаптации организмов. Экология особей.</b>								

15	Экология животных, как раздел экологии и история ее становления.	7	2	2		2	индивидуальный, фронтальный опрос
16	Окружающая среда и общие принципы адаптации организмов.	7	2	4			индивидуальный, фронтальный опрос
17	Среды жизни. Вода как среда жизни.	7	2	4		2	индивидуальный, фронтальный опрос
18	Наземно-воздушная среда жизни.	7	2	4		2	индивидуальный, фронтальный опрос
19	Почва как среда жизни. Организм как среда жизни.	7	2	4		2	индивидуальный, фронтальный опрос.
	<i>Итого по модулю 6:</i>	7	10	18		8	индивидуальный, фронтальный опрос, коллоквиум.
<b>Модуль 7. Модуль 7. Питание и энергетика животных.</b>							
20	Формы, особенности и типы питания животных.	7	2	2		6	индивидуальный, фронтальный опрос
21	Экологические особенности питания и энергетический обмен животных.	7	2	4		8	индивидуальный, фронтальный опрос.
22	Периодические явления в жизни животных	7	2	2		6	индивидуальный, фронтальный опрос, коллоквиум.
	<i>Итого по модулю 7:</i>		6	10		20	
<b>Модуль 8. Подготовка к экзамену</b>							
	Подготовка к экзамену					36	экзамен
	<i>Итого по модулю 8:</i>					36	
	<b>ИТОГО:</b>		54	84		150	

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

##### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

*Модуль 1. Морфологическое и трофическое разнообразие микроорганизмов. Особенности различных сред обитания для микроорганизмов*

Тема 1. Морфологическое и трофическое разнообразие микроорганизмов. Предмет, задачи и место экологии микроорганизмов в системе экологических наук.

Группы микроорганизмов: протисты, микроводоросли, микроскопические грибы, бактерии. Трофическое разнообразие микроорганизмов и способы получения энергии: фото- и хемотрофы, авто- и гетеротрофы, лито- и органотрофы. Аэробные и анаэробные микроорганизмы. Экофизиологические группы микроорганизмов: копитрофы, диссипотрофы, гидролитики. Основная особенность – физиологическое и функциональное разнообразие. Типы питания микроорганизмов. Адаптация микроорганизмов. Стресс-толерантность. Роль неспецифических биохимических адаптаций. Морфофизиологические адаптации: особенности мицелиального роста, способы прикрепления к субстрату. Защитная роль пигментов. Запасные вещества. Способы движения микроорганизмов. Таксисы. Способы расселения микроорганизмов. Микроорганизмы на пределе жизни. Экстремофильные микроорганизмы. Психрофилы, термофилы, ацидофилы, алкалофилы, галофилы. Переживающие формы у микроорганизмов: споры, цисты, некультивируемые состояния. Эндоспоры грамположительных бактерий как наиболее устойчивые биологические структуры (пример крайнего анабиоза).

Тема 2. Экология водных микроорганизмов и их общая характеристика. Экология почвенных микроорганизмов. Экология микроорганизмов атмосферы.

Водная среда. Бактериопланктон. Микроорганизмы донных отложений. Почва как среда обитания микроорганизмов. Развитие микроорганизмов на поверхности почвенных частиц. Микрозональность. Микробный пул в почве. Автохтонные и зимогенные микроорганизмы почв. Аэропланктон. Животные и растения как среда обитания микроорганизмов.

*Модуль 2. Взаимодействие микроорганизмов с представителями других групп животного мира. Биосферная роль микроорганизмов и особенности их географического распределения.*

Тема 3. Формы взаимоотношений бактерий. Взаимоотношения бактерий с беспозвоночными животными. Особенности паразитизма микроорганизмов. Значение симбиозов с участием микроорганизмов в питании растительноядных животных. Симбиозы микроорганизмов и морских животных; микроорганизмов и растений.

Взаимодействие микроорганизмов и растений. Ризосфера, ризосферный эффект. Эпифитные и эндофитные микроорганизмы. Фитопатогенные бактерии и грибы. Микробно-растительные симбиозы. Симбиотическая азотфиксация. Микориза. Лишайники. Микроорганизмы как источник питания животных. Бактериофаги и микофаги. Патогенные микроорганизмы. Микробные заболевания животных и человека. Кооперативные взаимодействия микроорганизмов и животных. Нормальная микрофлора. Роль микроорганизмов в пищеварении животных. Внутриклеточные симбиозы микроорганизмов.

Тема 4. Роль микроорганизмов в глобальных циклах элементов

Роль микроорганизмов в осуществлении биогеохимических циклов. Группа микроорганизмов цикла азота: азотфиксаторы, аммонификаторы, нитрификаторы, денитрификаторы. Группы микроорганизмов цикла серы. Осуществление полных круговоротов бактериями – условие для существования эукариотов. Геологическая деятельность микроорганизмов. Отсутствие географических барьеров. Справедливость постулата «все есть всюду, но среда отбирает». Проявление закона природной зональности в микробных сообществах.

*Модуль 3. Микробные процессы и биотехнологии окружающей среды. Методы экологии микроорганизмов*

Тема 5. Микроорганизмы и биоразрушения. Аэробная очистка сточных вод. Процессы с использованием активированного ила или централизованная очистка сточных вод Анаэробная обработка концентрированных стоков. Биоготехнология металлов.

Микроорганизмы и биоразрушения. Синтетические пути. Процесс биоремедиации. Биокоррозия. Аэробная очистка сточных вод. Процессы с использованием активированного ила или централизованная очистка сточных вод. Типовая схема аэробной очистки сточных вод (процесс активированного ила). Анаэробная обработка полужидких отходов. Обработка твердых отходов. Биоготехнология металлов. Бактериальное окисление субстратов. Экологические аспекты.

Тема 6. Методы забора воздуха для исследования. Исследование воды, воздуха, почвы.

Микробное число. *Perfringens* (Перфрингенс) титр. Метод мембранных фильтров. Титрационный метод. Методы забора воздуха (Седиментационный метод Коха, Аспирационный метод забора.)

*Модуль 4. Экология растений как раздел экологии. Механизмы адаптации растений к условиям среды.*

Тема 7. Предмет и методы экологии растений, ее краткая история, задачи и связь с другими науками. Взаимодействие растений с окружающей средой.

Понятие и определение экологии растений. Методы экологии растений: полевые наблюдения, эксперимент и моделирование. Метод пробных площадей и учебных площадок. Качественное описание растительных ассоциаций: флористический состав, жизненность, структура, аспект, характеристика биотопа. Качественный учет: встречаемость, обилие, доминирование, покрытие, биомасса, продукция. Формирование экологических идей в изучении растений. Классификация экологических факторов. Абиотические, биотические и антропогенные факторы. Валовая и чиста продукция фитоценозов. Взаимодействие факторов. Правило предварения В.В. Алехина. Кардинальные точки действия экологического фактора. Минимум, максимум и оптимум. Толерантность и экологическая валентность. Потенциальный и фитоценотический ареалы. Физиологический и экологический оптимумы. Закон минимума Либиха. Закон толерантности Шелфорда.

Тема 8. Внутривидовые и экологические подразделения. Экологическая морфология растений.

Морфологический и экологический подходы при внутривидовом подразделении. Биотип - низшее внутривидовое подразделение. Метод генетического анализа биотипов. Гомозиготные и гетерозиготные биотипы. Ценопопуляция. Связь ценопопуляции с сообществом. Экологическая дифференциация вида. Экотипы - группы близкородственных биотипов. Экологическая раса.

Климатические (географические) экотипы. Эдафические экотипы (эдафотипы). Ценоотические экотипы. Теоретические и прикладные аспекты внутривидовых подразделений. История развития экологической морфологии, ее актуальные проблемы на современном этапе. Жизненная форма как общебиологическое понятие и системы жизненных форм. Определение понятия «жизненная форма». Типы построения классификаций жизненных форм. Понятие спектра жизненных форм. Использование метода спектров жизненных форм для ботанико-географического анализа флоры.

#### Тема 9. Свет и тепло, как экологические факторы.

Свет и жизненные функции растений. Влияние солнечной радиации на жизнь растений. Фототропизм, его экологическое значение. Фотонастии. Никтинастии. Влияние света на репродукцию растений и транспирацию. Фотопериодизм. Длиннодневные, короткодневные, нейтральные растения. Фотопериод и характер распространения растений. Фотосинтетически активная радиация (ФАР). Общее уравнение фотосинтеза. Световая и теневая фазы фотосинтеза. Фактор света и баланс ассимилятов. Продуктивность растений. Продуктивность фотосинтеза. Экология фотосинтеза. Суточные и сезонные ритмы фотосинтеза. Экологические группы растений по отношению к свету. Физиологические адаптации. Сезонные адаптации растений к световому режиму. Изменчивость отношения растений к свету. Продуктивность растительных сообществ и факторы, влияющие на нее. Продуктивность растительного покрова Земли. Значение зеленых растений для биосферы. Влияние температуры на жизнедеятельность растений. Температурные границы жизни. Действие на растение температурного стресса. Термоустойчивость и ее компоненты. Сезонные адаптации к перенесению холодного периода. Сезонный и суточный термопериодизм. Жароустойчивость. Экологические различия жароустойчивости растений. Сезонные адаптации к высоким температурам (эфемеры и эфемериды). Экологические группы растений по отношению к температуре. Мегатермные растения (термофилы), микротермные (криофилы) и мезотермные. Психрофиты, их основные группы, внешний облик, характер анатомических и физиологических адаптации к среде. Кривофиты, их распространение и особенности.

#### Тема 10. Вода и воздух как экологические факторы.

Водный режим растений. Значение воды в жизни растений. Поступление воды в растение. Интенсивность транспирации, продуктивность транспирации. Водный баланс растения и его колебания. Дефицит насыщения водой. Основные типы водного баланса. Пойкилогидрические и гомойогидрические виды. Экологические группы растений по отношению к водному режиму. Ксерофиты. Физиологические адаптации растений к условиям водоснабжения. Мезофиты, их морфолого-анатомические и физиологические адаптации к водной среде. Механическое влияние воздуха на растения. Адаптация растений к отрицательному воздействию ветра. Анемохорные и анемофильные растения, их адаптации. Газовый состав воздуха, его экологическое значение. Чувствительность и устойчивость к газам древесных пород. Ветровая эрозия. Непостоянные компоненты воздуха. Роль растений в балансе компонентов воздуха.

#### Тема 11. Почвенные и орографические факторы.

Значение почвы для растений. Экологическое значение реакции почвенного раствора. Ацидофилы, базофилы, нейтрофилы. Влияние на растения содержания в почве важнейших элементов питания. Значение азота для растений. Влияние кальция на растения. Кальцефилы и кальцефобы. Влияние на растения засоления почв. Гликофиты и галофиты. Влияние на растения механического состава почвы. Псаммофиты, их экологические особенности. Растения - индикаторы почвенных условий. Орографические факторы и экологические особенности высокогорных растений. Влияние на растения рельефа как косвеннодействующего фактора. Влияние высоты местности и крутизны склона. Анатомио-морфологические и физиологические адаптации высокогорных растений. Особенности сезонного развития.

#### *Модуль 5. Биологические и технологические аспекты экологии растений.*

#### Тема 12. Биотические факторы. Периодические явления в жизни растений

Фитогенные факторы. Основные формы отношений между растениями. Прямые механические взаимоотношения. Эпифиты и полуэпифиты, их экологические особенности. Симбиоз (лишайники, микориза, бактериотрофия). Паразитизм (эктопаразиты и эндопаразиты, их экологические особенности). Полупаразитизм. Сверхпаразиты. Аллелопатия. Средообразующее влияние растений. Растения-эдикаторы. Зоогенные факторы. Формы влияния животных на растения. Фитофаги, их воздействие на жизнедеятельность растений. Защитные реакции растений от поедания. Использование растений животными при устройстве жилищ. Косвенные влияния животных на растения. Энтомофилия. Орнитофилия. Зоогамия. Распространение животными

плодов и семян. Эпизоохория и эндозоохория. Симбиоз растений с животными. Насекомоядные растения, их строение. Значение насекомоядности. Периодические и аритмические изменения условий среды. Суточные ритмы у растений. Экологическая роль эндогенных ритмов. Сезонная периодичность в жизни растений. Адаптации растений к сезонным изменениям среды. Многолетние циклические изменения в среде и их влияние на жизнь растений.

Тема 13. Экологические основы культивирования растений. Влияние человека на растения.

Пути адаптации растений к абиотическим и биотическим факторам среды. Аллелопатия в мире растений. Механизмы защиты растений от обезвоживания. Состояние устьиц, как реакция на совместное воздействие абиотических факторов. Озимые и яровые культуры. Стратификация и скарификация семян. Возрастные этапы растений и методы их регулирования. Способы регулирования роста и развития растений. Возраст и регенерационная способность растений. Регуляторы роста их практическое применение. Биотехнологии: результаты и перспективы. Бессознательное влияние. Сознательное воздействие. Обогащение флоры. Синантропные растения. Интродукция. Акклиматизация и натурализация. Уничтожение видов. Мелиорация земель: орошение, осушение и последствия. Задымление. Агрофитоценозы.

Тема 14. Экологические группы растений Дагестана

Экологические группы растений Низменного Дагестана. Полупустынные галофиты и ксерофиты. Псаммофиты Приморской низменности и сыпучих песков Сары-Кума. Гидрофиты низовий рек Кумы, Терека, Сулака. Термофильные реликтовые злаки приплавневых лугов. Сциофиты лесов низменности и предгорий. Лианы Самурского леса. Экологические группы растений Внешнегорного Дагестана. Ксерофиты и литофиты склонов передовых хребтов предгорий. Эфемеры и эфемероиды сухих предгорных степей. Лесные гигрофиты и мезофиты. Экологические группы растений Нагорного Дагестана. Нагорные ксерофиты известняковых хребтов и сланцевого Дагестана. Мезофиты субальпийских лугов. Психрофиты и криофиты субальпийских и альпийских лугов. Литофиты и хасмофиты Высокогорного Дагестана.

*Модуль 6. Окружающая среда и адаптации организмов. Экология особей.*

Тема 15. Экология животных, как раздел экологии и история ее становления.

Краткий очерк истории экологии животных. Пути развития русской экологической школы животных (К.Ф. Рулье, Н.А. Северцов, А.Ф. Миддендорф, Д.Н. Кашкаров, С.С.Шварц и др.). Экология животных и хозяйство (животноводство, сельское и лесное хозяйство, здравоохранение, охотничье и рыбное хозяйство). Структура и задачи современной экологии животных.

Тема 16. Окружающая среда и общие принципы адаптации организмов

Окружающая среда и среды жизни. Факторы окружающей среды и их классификация. Общие принципы адаптации организмов. Правило оптимума. Экологический оптимум и экологическая валентность вида. Закон минимума Либиха. Гомеостаз. Две адаптивные системы и механизмы их функционирования.

Тема 17. Среда жизни. Вода как среда жизни.

Вода как среда жизни. Общие приспособительные реакции к жизни в воде (к наличию в воде дисперсной пищи, повышенной плотности и вязкости, к низкому содержанию кислорода, высокой удельной теплопроводности). Поддержание водно-солевого обмена (пресноводная осморегуляция, осморегуляция в море, осморегуляция у хрящевых и осетровых рыб).

Тема 18. Наземно-воздушная среда жизни.

Общие условия и многообразие жизненных форм в наземной среде. Роль света в жизни наземных животных. Суточные (циркадные) и сезонные (цирканнуальные) ритмы активности. Свет как необходимое условие видения. Теплообмен животных и температура среды. Пойкилотермия и гомойотермия. Теплоотдача и физическая и химическая терморегуляция. Водообеспечение в наземно-воздушной среде и ее динамика. Пути ограничения дегидратации. Поддержание водного баланса наземных амфибий. Воздух, как газовая среда. Газообмен водных и сухопутных животных.

Тема 19. Почва как среда жизни. Организм как среда жизни.

Особенности почвы как среды жизни. Население почвы. Основные адаптивные отличия почвенных организмов. Особенности организма как среды жизни. Виды и формы паразитизма. Адаптации паразитических видов.

*Модуль 7. Питание и энергетика животных.*

Тема 20. Формы, особенности и типы питания животных.

Питание как основа обеспечения жизнедеятельности организма. Первичные, вторичные и третичные потребители. Типы питания и морфо-физиологические особенности, особенности, связанные с питанием. Возрастные, сезонные особенности питания. Особенности пищеварительной системы животных. Симбиотическое бактериальное переваривание клетчатки у животных. Специализация по типам кормов. Переваримость кормов.

Тема 21. Экологические особенности питания и энергетический обмен животных.

Экологические механизмы, определяющие уровень потребления пищи. Зависимость потребления пищи от ее количества и качества в природе. Избирательность питания. Суточные бюджеты энергии и состояние организмов. Размеры тела животных и их значение.

Тема 22. Периодические явления в жизни животных.

Воспроизводство себе подобных как ведущая функция жизненного цикла животных. Особенности процессов размножения. Миграции, спячка, линька.

### **4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.**

*Модуль 1. Морфологическое и трофическое разнообразие микроорганизмов. Особенности различных сред обитания для микроорганизмов.*

Тема 1. Морфологическое и трофическое разнообразие микроорганизмов.

Вопросы к теме:

1. Экофизиологические группы микроорганизмов
2. Типы питания микроорганизмов.
3. Адаптация микроорганизмов.
4. Способы движения микроорганизмов.
5. Морфофизиологические адаптации микроорганизмов.
6. Трофическое разнообразие микроорганизмов и способы получения энергии.
7. Способы расселения микроорганизмов.
8. Роль неспецифических биохимических адаптаций.
9. Микроорганизмы на пределе жизни.
10. Психрофилы, термофилы, ацидофилы, алкалофилы, галофилы.
11. Основные группы микроорганизмов.
12. Переживающие формы у микроорганизмов.

Тема 2. Особенности различных сред обитания для микроорганизмов.

Вопросы к теме:

1. Бактериопланктон.
2. Микроорганизмы донных отложений.
3. Почва как среда обитания микроорганизмов.
4. Развитие микроорганизмов на поверхности почвенных частиц.
5. Микроразнообразие.
6. Микробный пул в почве.
7. Автохтонные и зимогенные микроорганизмы почв.
8. Аэропланктон.
9. Животные и растения как среда обитания микроорганизмов.

*Модуль 2. Взаимодействие микроорганизмов с представителями других групп животного мира. Биосферная роль микроорганизмов и особенности их географического распределения.*

Тема 3. Взаимодействие микроорганизмов с представителями других групп животного мира.

Вопросы к теме:

1. Взаимодействие микроорганизмов и растений.
2. Ризосфера, ризосферный эффект.
3. Эпифитные и эндофитные микроорганизмы.
4. Фитопатогенные бактерии и грибы.
5. Микробно-растительные симбиозы.
6. Симбиотическая азотфиксация. Микориза. Лишайники.
7. Микроорганизмы как источник питания животных.
8. Бактериофаги и микофаги.
9. Патогенные микроорганизмы. Микробные заболевания животных и человека.
10. Кооперативные взаимодействия микроорганизмов и животных.

11. Роль микроорганизмов в пищеварении животных.

12. Внутриклеточные симбиозы микроорганизмов.

Тема 4. Биосферная роль микроорганизмов и особенности их географического распределения.

Вопросы к теме:

1. Роль микроорганизмов в осуществлении биогеохимических циклов.
2. Группа микроорганизмов цикла азота
3. Группы микроорганизмов цикла серы.
4. Осуществление полных круговоротов бактериями – условие для существования эукариотов.
5. Геологическая деятельность микроорганизмов.
6. Проявление закона природной зональности в микробных сообществах.

*Модуль 3. Микробные процессы и биотехнологии окружающей среды. Методы экологии микроорганизмов*

Вопросы к теме:

1. Микроорганизмы и биоразрушения.
2. Синтетические пути.
3. Процесс биоремедиации. Биокоррозия.
4. Аэробная очистка сточных вод.
5. Типовая схема аэробной очистки сточных вод (процесс активированного ила).
6. Анаэробная обработка полужидких отходов.
7. Обработка твердых отходов.
8. Бактериальное окисление субстратов.

Тема 6.

1. Вопросы к теме:
2. Микробное число.
3. Perfringens (Перфрингенс) титр.
4. Метод мембранных фильтров.
5. Титрационный метод.
6. Методы забора воздуха (Седиментационный метод Коха, Аспирационный метод забора.)

*Модуль 4. Экология растений как раздел экологии. Механизмы адаптации растений к условиям среды.*

Тема 7. Предмет и методы экологии растений, ее краткая история, задачи и связь с другими науками. Взаимодействие растений с окружающей средой.

Вопросы к теме:

1. Краткий курс истории экологии растений.
2. Формирование экологических идей в изучении растений.
3. Предмет и методы экологии растений.
4. Задачи экологии растений и связь с другими науками.
5. Методы экологии растений: полевые наблюдения, эксперимент и моделирование.
6. Метод пробных площадей и учебных площадок.
7. Качественное описание растительных ассоциаций.
8. Количественный учет растений в сообществах.
9. Классификация экологических факторов.
10. Абиотические, биотические и антропогенные факторы.
11. Правило предварения В.В. Алехина.
12. Взаимодействие факторов. Закон минимума Либиха. Закон толерантности Шелфорда.

Тема 8. Внутривидовые и экологические подразделения. Экологическая морфология растений.

Вопросы к теме:

1. Морфологический и экологический подходы при внутривидовом подразделении.
2. Ценопопуляция. Связь ценопопуляции с сообществом.
3. Экологическая дифференциация вида. Экотипы.
4. Теоретические и прикладные аспекты внутривидовых подразделений.
5. История развития экологической морфологии.
6. Типы построения классификации жизненных форм.
7. Биологические и морфологические адаптации растений.

8. Система жизненных форм Е. Варминга и А. Гумбольдта.
9. Система жизненных форм К. Раункиера
10. Система жизненных форм И.Г. Серебрякова.
11. Происхождение и эволюция жизненных форм.
12. Спектры жизненных форм. Использование спектров жизненных форм для ботанико-географического анализа флоры.

Тема 9. Свет и тепло, как экологические факторы.

Вопросы к теме:

1. Свет и жизненные функции растений.
2. История изучения фотосинтеза. Экология фотосинтеза.
3. Фототропизм, его экологическое значение.
4. Экологические группы растений по отношению к свету.
5. Сезонные адаптации растений к световому режиму.
6. Морфологические особенности сциофитов.
7. Морфологические особенности гелиофитов.
8. Влияние света на репродукцию растений и транспирацию.
9. Значение зеленых растений для биосферы.
10. Экологические группы растений по отношению к температуре.
11. Термоустойчивость и ее компоненты.
12. Психрофиты, их основные группы. Кримофиты, их распространение и особенности.

Тема 10. Вода и воздух как экологические факторы.

Вопросы к теме:

1. Водный режим растений. Значение воды в жизни растений.
2. Вода как экологический фактор.
3. Значение воды для жизнедеятельности растений. Поступление воды в растение.
4. Основные типы водного баланса. Адаптации растений к поддержанию водного баланса.
5. Интенсивность транспирации, продуктивность транспирации.
6. Экологическая классификация растений по отношению к воде.
7. Пойкилогидрические и гомойогидрические виды.
8. Механическое влияние воздуха на растения.
9. Адаптация растений к отрицательному воздействию ветра.
10. Газовый состав воздуха, его экологическое значение.
11. Ветровая эрозия.
12. Роль растений в балансе компонентов воздуха.

Тема 11. Почвенные и орографические факторы.

Вопросы к теме:

1. Значение почвы для растений.
2. Ацидофилы, базофилы, нейтрофилы.
3. Влияние на растения содержания в почве важнейших элементов питания.
4. Экологическое значение микроэлементов для растений.
5. Роль растений в формировании гумуса.
6. Влияние на растения засоления почв.
7. Влияние на растения механического состава почвы.
8. Псаммофиты, их экологические особенности.
9. Орографические факторы и экологические особенности высокогорных растений. Влияние на растения рельефа как косвеннодействующего фактора.
10. Анатомио-морфологические и физиологические адаптации высокогорных растений.
11. Особенности сезонного развития.
12. Влияние на растения содержания в почве важнейших элементов питания.

*Модуль 5. Биологические и технологические аспекты экологии растений.*

Тема 12. Биотические факторы. Периодические явления в жизни растений.

Вопросы к теме:

1. Фитогенные факторы.
2. Основные формы отношений между растениями.
3. Эпифиты и полуэпифиты, их экологические особенности.
4. Симбиоз (лишайники, микориза, бактериотрофия).
5. Паразитизм (эктопаразиты и эндопаразиты, их экологические особенности).

6. Полупаразитизм. Сверхпаразиты. Аллелопатия.
7. Средообразующее влияние растений. Растения-эдификаторы.
8. Зоогенные факторы. Формы влияния животных на растения.
9. Косвенные влияния животных на растения. Энтомофилия. Орнитофилия. Зоогамия.
10. Распространение животными плодов и семян. Эпизоохория и эндозоохария.
11. Симбиоз растений с животными.
12. Насекомоядные растения, их строение. Значение насекомоядности.
13. Сезонная периодичность в жизни растений. Адаптации растений к сезонным изменениям среды.

Тема 13. Экологические основы культивирования растений. Влияние человека на растения.

Вопросы к теме:

1. Пути адаптации растений к абиотическим и биотическим факторам среды.
2. Механизмы защиты растений от обезвоживания.
3. Озимые и яровые культуры.
4. Стратификация и скарификация семян.
5. Возрастные этапы растений и методы их регулирования.
6. Возраст и регенерационная способность растений.
7. Регуляторы роста их практическое применение.
8. Биотехнологии: результаты и перспективы.
9. Синантропные растения.
10. Интродукция.
11. Акклиматизация и натурализация.
12. Мелиорация земель: орошение, осушение и последствия.
13. Агрофитоценозы.

Тема 14. Экологические группы растений Дагестана

Вопросы к теме:

1. Экологические группы растений Низменного Дагестана
2. Полупустынные галофиты и ксерофиты.
3. Псаммофиты Приморской низменности и сыпучих песков Сары-Кума.
4. Гидрофиты низовий рек Кумы, Терека, Сулака.
5. Лианы Самурского леса.
6. Экологические группы растений Внешнегорного Дагестана.
7. Ксерофиты и литофиты склонов передовых хребтов предгорий.
8. Эфемеры и эфемероиды сухих предгорных степей.
9. Лесные гигрофиты и мезофиты.
10. Экологические группы растений Нагорного Дагестана.
11. Нагорные ксерофиты известняковых хребтов и сланцевого Дагестана.
12. Психрофиты и криофиты субальпийских и альпийских лугов.
13. Литофиты и хасмофиты Высокогорного Дагестана.

*Модуль 6. Окружающая среда и адаптации организмов. Экология особей.*

Тема 15. Экология животных, как раздел экологии и история ее становления.

Вопросы к теме:

1. Краткий очерк истории экологии животных.
2. Пути развития русской экологической школы животных (К.Ф. Рулье, Н.А. Северцов, А.Ф. Миддендорф, Д.Н. Кашкаров, С.С.Шварц и др.).
3. Экология животных и хозяйство (животноводство, сельское и лесное хозяйство, здравоохранение, охотничье и рыбное хозяйство).
4. Структура и задачи современной экологии животных.

Тема 16. Окружающая среда и общие принципы адаптации организмов

Вопросы к теме:

1. Окружающая среда и среды жизни. Факторы окружающей среды и их классификация.
2. Правило оптимума. Экологический оптимум и экологическая валентность вида.
3. Закон минимума Либиха. Гомеостаз.
4. Общие принципы адаптации организмов. Две адаптивные системы и механизмы их функционирования.

Тема 17. Среда жизни. Вода как среда жизни.

Вопросы к теме:

1. Вода как среда жизни.
2. Общие приспособительные реакции к жизни в воде (к наличию в воде дисперсной пищи, повышенной плотности и вязкости, к низкому содержанию кислорода, высокой удельной теплопроводности).
3. Поддержание водно-солевого обмена (пресноводная осморегуляция, осморегуляция в море, осморегуляция у хрящевых и осетровых рыб).

Тема 18. Наземно-воздушная среда жизни.

Вопросы к теме:

1. Общие условия и многообразие жизненных форм в наземной среде.
2. Роль света в жизни наземных животных. Суточные (циркадные) и сезонные (цирканнуальные) ритмы активности. Свет как необходимое условие видения.
3. Теплообмен животных и температура среды. Пойкилотермия и гомойотермия. Теплоотдача и физическая и химическая терморегуляция.
4. Водообеспечение в наземно-воздушной среде и ее динамика. Пути ограничения дегидратации. Поддержание водного баланса наземных амфибий.
5. Воздух, как газовая среда. Газообмен водных и сухопутных животных.

Тема 19. Почва как среда жизни. Организм как среда жизни.

Вопросы к теме:

1. Особенности почвы как среды жизни. Население почвы.
2. Основные адаптивные отличия почвенных организмов.
3. Особенности организма как среды жизни.
4. Виды и формы паразитизма. Адаптации паразитических видов.

*Модуль 7. Питание и энергетика животных.*

Тема 20. Формы, особенности и типы питания животных.

Вопросы к теме:

1. Питание как основа обеспечения жизнедеятельности организма. Первичные, вторичные и третичные потребители.
2. Типы питания и морфо-физиологические особенности, особенности, связанные с питанием. Возрастные, сезонные особенности питания.
3. Особенности пищеварительной системы животных. Симбиотическое бактериальное переваривание клетчатки у животных.
4. Специализация по типам кормов. Переваримость кормов.

Тема 21. Экологические особенности питания и энергетический обмен животных.

Вопросы к теме:

1. Экологические механизмы, определяющие уровень потребления пищи.
2. Зависимость потребления пищи от ее количества и качества в природе. Избирательность питания.
3. Суточные бюджеты энергии и состояние организмов.
4. Размеры тела животных и их значение.

Тема 22. Периодические явления в жизни животных.

Вопросы к теме:

1. Воспроизводство себе подобных как ведущая функция жизненного цикла животных.
2. Особенности процессов размножения.
3. Миграции, спячка, линька.

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.).

При выполнении лабораторных работ проводятся: подготовка оборудования и приборов к работе, изучение методики работы, воспроизведение изучаемого явления, измерение величин, определение соответствующих характеристик и показателей, обработка данных и их анализ, обобщение результатов. В ходе проведения работ используются план работы и таблицы для записей наблюдений. При выполнении лабораторной работы студент ведет рабочие записи результатов измерений (испытаний), оформляет расчеты, анализирует полученные данные путем установления их соответствия нормам и/или сравнения с известными в литературе данными и/или данными других студентов. Окончательные результаты оформляются в форме заключения.

## Примерные лабораторные занятия по экологии микроорганизмов:

### **Занятие 1. Аутоэкология микроорганизмов**

**Аутоэкология** (греч. Autos-сам) – раздел экологии, изучающий действие абиотических факторов среды на отдельные виды и популяции. Различают физические и химические факторы, некоторые из которых действуют постоянно, например, температура, рН, а другие – могут быть или отсутствовать – излучение, различные химические соединения.

#### **Земное тяготение**

Все организмы, живущие на Земле, находятся под постоянным действием тяготения. В этом отношении вопрос влияния земного тяготения на бактериальную клетку остается открытым. Существуют только теоретические гипотезы, которые основаны на наблюдениях за развитием м/о, находящихся в условиях микрогравитации. Считают, что невесомость может влиять на м/о через перераспределение внутриклеточных частиц или в результате изменения взаимодействия между клетками популяции в жидкой среде. Установлено, что некоторые аэробные бактерии выращиваемые без перемешивания, в невесомости растут лучше, видимо, благодаря меньшему оседанию на дно сосуда.

У бактерий не обнаружен геотаксис, т.е. способность различать верх и низ, которой обладают некоторые одноклеточные эукариоты. Вместе с тем имеются свидетельства способности бактерий к определенной ориентации в пространстве – об этом говорит в частности, геометрически правильная форма погодных тел миксобактерий, к тому же определенным образом ориентированных относительно подлежащего субстрата.

Специфика взаимодействия бактерий с окружающей средой связана с их незначительными размерами. Бактериальная клетка примерно  $10^4$  раз крупнее окружающих ее молекул. Она постоянно подвергается бомбардировке молекулами в результате их беспорядочного, теплового движения, и эти удары ощутимы. Неравномерность пространственного распределения ударов приводит к беспорядочным перемещениям клетки каждую секунду на расстояние, примерно, соответствующее ее диаметру, и к повороту примерно на  $60^0$ . приобретаемое клеткой при этом ускорение в сотню раз превышает ее ускорение за счет силы земного притяжения. Таким образом, молекулярные взаимодействия, связанные с тепловым действием молекул, оказывается значительно эффективнее, чем сила земного притяжения.

#### **Магнитные поля**

Так же мало изучено. Существуют бактерии – магнитобактерии, способные регулировать направление своего движения в соответствии с направлением силовых линий магнитного поля. Это так называемый магнитотаксис. Такая способность обнаружена у некоторых кокков и спирилл, например **Aquaspirillum magnetotacticum**. Это микроаэрофильный хемогетеротроф.

Магнитобактерии обитают в морских маршах, заболоченных пресноводных водоемах, окислительных прудах для очистки сточных вод, т.е. в водоемах с малоподвижной водой. Их численность здесь иногда может быть весьма значительной. В области действия постоянного магнита, поднесенного к пробам воды или ила из окислительного пруда, иногда можно собрать до  $10^6$ - $10^7$  клеток таких бактерий в мл воды.

Клетки магнитобактерий содержат магнитосомы – кубические или октаэдрические кристаллы магнетита.

В слабых магнитных полях магнитобактерии перемещаются со скоростью до 70 мкм/с вдоль линий поля. В северном полушарии бактерии плывут в сторону северного полюса Земли, а в южном – в направлении южного полюса. В результате такого движения вдоль этих линий бактерии в прудах и болотах оказываются у поверхности ила, где много питательных веществ и молекулярного кислорода.

Обнаружено, что бактерии, обладающие магнитотаксисом, весьма многочисленны в морях. Например, в поверхностных слоях ила бассейна Санта Барбара в Тихом океане на глубине 598 м обнаружены кокки, палочки и вибрионы содержащие магнитосомы. Магнитосомы в большом количестве накапливаются в осадках в свободном состоянии. Биогенные магнетиты обнаруживают высокий естественный магнетизм и являются его первоисточником в морских осадках.

### **Занятие 2**

#### **Влияние температуры на микроорганизмы**

Все физико-химические процессы, обеспечивающие функциональную активность клетки, а так же состояние ее макромолекул, в большей или меньшей степени зависит от температуры. Т определяет не только интенсивность развития того или иного организма, но и саму возможность его существования. По мере повышения Т скорость химических реакций возрастает, однако при высоких значениях Т белки, нуклеиновые кислоты, другие компоненты кислоты могут необратимо инактивироваться, что приводит к гибели клетки. При слишком низкой температуре, так же нарушаются процессы биосинтеза, и рост прекращается.

Для м/о-в, как и для любых других организмов, существует свой температурный диапазон. Он характеризуется 3-мя кардинальными точками:

- **минимум** – ниже которой прекращается рост и развитие м/о. При ее значительном снижении скорость роста м/о стремится к нулю;
- **оптимум** – при которой скорость роста м/о является максимальной;
- **максимум** – выше которой рост невозможен. При ее значительном повышении скорость роста м/о стремится к нулю.

Кардинальные Т-ры характерны для всех м/о. Значение их может несколько измениться под влиянием различных факторов среды, например, при выращивании м/о на разных питательных средах.

По отношению к Т все м/о делят на 3 группы:

- **психрофилы**
- **мезофилы**
- **термофилы.**

**Психрофилы** - (от гр. psichros – холод) представлены м/о, развивающимися при низких Т – от 5 до 20-35<sup>0</sup> С. к ним относятся обитатели холодных источников северных морей и океанов, глубоких озер.

Среди них выделяют 2 подгруппы:

- **облигатные психрофилы**
- **факультативные психрофилы или психротрофы.**

К облигатным, или истинным психрофилам относят м/о оптимальная температура жизнедеятельности которых составляет 15<sup>0</sup> С или чуть ниже, а максимальная – 20<sup>0</sup> С. они могут существовать лишь в местах с постоянно низкой Т. встречаются в северных морях и океанах, глубоких озерах. В связи с этим их изучение в лабораторных условиях сильно затруднено, работу обычно проводят в холодной комнате, или в холодильнике.

Факультативные психрофилы или психрофиты Т-й оптимум их развития составляет 25-30<sup>0</sup> С и максимум – 35<sup>0</sup> С. они в природе распространены шире, чем облигатные. Населяют зону умеренного климата с резкими температурными колебаниями зимы и лета.

Психрофилия определяется комплексом причин и прежде всего их физиолого-биохимическими способностями. Механизм действия низкой Т на м/о состоит в затормаживании процессов метаболизма, прекращении роста и размножения, и переходе м/о в состояние анабиоза. Повреждение и разрыв клеточных структур происходит только в случае образования кристаллов льда внутри клетки.

Психрофилия не является свойством определенной систематической группы бактерий. Среди них есть палочки, кокки, вибрионы, аэробы, анаэробы, гр+ и гр- бактерии. Они обнаружены среди представителей 16 родов, в т.ч. аэробактер, азотобактер, аэромонас, алга лигенес, бациллюс, кориневактериум, нитробактер, нитрозомонас, микрококкус, протеус, псевдомонас, стрептококкус. Среди них обнаружены возбудители заболеваний ласосевых рыб и ракообразных, возбудители пятнистости листьев растений, порчи пищевых продуктов.

Самые «обычные» для окружающей природы мезофилы растут при умеренных Т. у многих из них Т-ный оптимум близок к Т тела теплокровных животных (30-37<sup>0</sup> С) или несколько ниже (20-25<sup>0</sup> С). максимальная Т роста свободноживущих мезофилов близка к максимальному нагреву почвы (45-50<sup>0</sup> С).

К термофилам относят м/о, имеющие оптимум развития при Т выше 50<sup>0</sup> С. в зависимости от кардинальных Т их подразделяют на ряд групп:

- **термотолерантные** (максимум 45 – 50<sup>0</sup> С);
- **факультативные** (минимум – менее 20<sup>0</sup>, максимум 50-65<sup>0</sup> С);
- **облигатные** (оптимум – 65-70<sup>0</sup>, минимум – 40-42<sup>0</sup> С);
- **экстремальные** термофилы (оптимум выше 70<sup>0</sup> С);
- **гипертермофилы** (оптимум 80-105<sup>0</sup> С, максимум 110 и выше)

Эта классификация в значительной мере условна, однако позволяет выделить достаточно четкие экофизиологические группы. Многие термофилы встречаются практически повсеместно (в почве, воде, пищеварительном тракте человека и животных, на растениях, пищевых продуктах), другие приурочены к местам с высокой температурой (горячим источникам, саморазогревающимся скоплениям торфа или угля).

Особый интерес представляют термофильные бактерии, связанные в своем развитии с саморазогревающимися органическими субстратами. Это может быть влажное сено, торф, навоз, прелые листья, силос.

При осуществлении м/о процессов трансформации, часть энергии переходит в тепло и происходит повышение Т субстратов. Обычно оно незначительно и незаметно, поскольку тепло быстро рассеивается. В рыхло уложенных влажных кучах органических материалов, где прослойки воздуха способствуют необходимой аэрации и обеспечивают термоизоляцию создаются благоприятные условия для значительного разогревания субстрата. Особенно широко в саморазогревающихся субстратах распространены бактерии из родов Bacillus, Clostridium, актиномицеты родов: Actinomadura, Microbispora, Thermoactinomyces, Thermomonaspora.

Естественными очагами обитания термофилов являются горячие источники Камчатки, Курильской гряды, Японии, Новой Зеландии, Исландии, Индонезии, Греции, Италии. Районом наибольшего сосредоточения термальных источников является Йеллоустонский национальный парк в США (10 тыс источников).

В 1968 г америк. Исследователем Брокком из ила кипящих источников Йеллоустонского нац. парка была выделена бактерия (неспороносная, гр- палочка) *Thermus aquaticus*. Оптимум развития этой бактерии соответствует 70-80<sup>0</sup> С, максимум - 93<sup>0</sup> С.

Часто м/о обнаруживают в геотермальных источниках, т.н. – «черных курильщиках». Они представляют собой конические образования состоящие из сульфидов металлов, из которых в воду изливаются гидротермальные растворы. Характерны для рифовых зон Тихого океана. Т растворов, изливаемых черными курильщиками достигает 350<sup>0</sup> С. В растворах обнаружены множество бактерий.

В отличие от низких температур, высокие Т оказывают на м/о более губительное действие. При повышении Т выше максимального предела наблюдается выделение РНК из клетки, нарушается активность ферментных систем, происходит денатурация белков, что в конечном счете вызывают необратимую деградацию клеточных структур.

Выделяют следующие биологические особенности термофилов, обуславливающие возможность их развития при повышенных температурах:

- мембраны термофилов отличаются высокой механической прочностью. Это обусловлено особенностью строения мембранных липидов. Установлено, что в составе мембранных липидов термофильных бактерий преобладают длинноцепочечные (15-19 атомов С) насыщенные жирные кислоты (пальмитиновая, стеариновая);

- белки термофилов так же обладают большой, по сравнению с мезофилами, устойчивостью к нагреванию. Это достигается за счет повышенного содержания в белках основных аминокислот (а так же за счет изменения первичной структуры белковой молекулы). Основные аминокислоты – лизин, аргинин, гистидин.

- рибосомы термофильных бактерий так же обладают большей по сравнению с мезофилами термостабильностью. Это достигается за счет повышения содержания в рибосомах белка. Кроме того, термофилы характеризуются более высоким содержанием гуанина и цитозина в молекулах рРНК и тРНК;

- Ферменты термофильных м/о имеют более высокий температурный оптимум.

Разные группы м/о проявляют неодинаковую чувствительность к действию повышенной Т. более чувствительными являются психрофилы и мезофилы, менее чувствительными – термофилы. (споры...).

### Занятие 3

#### Влияние осмотического давления

Обмен веществ у м/о обычно идет через водные растворы. Поэтому клетки метаболически активных м/о должны быть по крайней мере окружены водными пленками. Осмотическое давление среды определяется концентрацией в ней веществ. В природе не бывает химически чистой воды, это всегда растворы, содержащие те или иные соединения в разных концентрациях. Чем выше концентрация раствора, тем выше его осмотическое давление.

Показатель активности воды ( $a_w$ ) характеризует степень доступности воды для химических реакций. Активность дистиллированной воды = 1 ( $a_w = 1$ ). Чем выше осмотическое давление раствора, тем меньше активность воды и она менее доступна клетке.

Активность воды определяют по формуле:  $a_w = P : P_0$

где  $P$  – давление водяного пара над исследуемым раствором

$P_0$  – давление пара над чистой водой.

М/о могут расти на средах со значениями  $a_w = 0,99 - 0,60$ . большинство м/о не может расти при активности воды ниже 0,60. чем меньше значение  $a_w$ , тем хуже рост м/о.

В гипертонических растворах, т.е. таких, у которых осмотическое давление ниже, чем в клетке, наблюдается явление плазмолиза – т.е. чрезмерной обводненности клетки. Однако благодаря наличию ригидной клеточной стенки и регуляторным функциям цитоплазматической мембраны к изменениям концентрации солей оно держится в пределах от 0,5 до 3%.

Регуляторные свойства цитоплазматической мембраны состоят в обеспечении осмотического равновесия клетки со средой. Это значит, что в случае изменения концентрации веществ в окружающей среде полупроницаемая цитоплазматическая мембрана обеспечивает свободный переход воды по градиенту концентрации солей. Наиболее распространенными механизмами саморегуляции м/о являются следующие:

- **синтез осмопротекторов.** При повышении осмотического давления среды у ряда м/о включаются *osm*-гены, определяющие синтез осмопротекторов. Осмопротекторы либо синтезируются клеткой, либо поглощаются ею из окружающей среды в случае увеличения (повышения) осмотического давления последней. Осмопротекторы обнаружены у многих бактерий, грибов, водорослей. Наиболее распространенные осмопротекторы – промин, глутаминовая кислота, глицин, бетаин, диметилглицин, бетаинальдегид, холин.

- **избирательное накопление в клетках ионов К.** при повышении осмотического давления среды у многих м/о наблюдается транспортировка калия внутрь клетки даже при незначительной их концентрации в окружающей среде. Для роста м/о необходимо оптимальное значение  $a_w$ . Если водная активность станет меньше или выше этого уровня, то часть доступной энергии м/о вынужден тратить на

осморегуляцию. В результате уменьшается скорость роста, снижается общее количество образуемой биомассы, т.е. наблюдается осмотический стресс.

По отношению к осмотическому давлению среды м/о делят:

- **осмотолерантные** – способные развиваться в средах с высокими концентрациями растворенных веществ, но лучше развивающиеся при меньшем осмотическом давлении при значениях  $a_w = 0,95 - 0,99$ . к осмотолерантным м/о относятся бактерии родов *Spirillum*, *Caudobacter*, большинство групп водорослей, из грибов – в основном базидиомицеты, аскомицеты.

- **осмофильные** м/о проявляют оптимальный рост в средах с высоким осмотическим давлением среды, в условиях с пониженной водной активностью. Осмофильными обычно называют м/о развивающиеся на средах с высокой концентрацией сахара, например, аубактерии, в природе встречающиеся в богатом сахаром нектаре цветов, многие дрожжи, грибы.

Группу осмофильных м/о, растущих в средах с высокой концентрацией солей называют **галофильными**. В большинстве своем галофилы характеризуются повышенной потребностью в хлориде натрия.

В зависимости от отношения к содержанию в среде NaCl различают следующие группы галофильных м/о:

- **негалофильные м/о** – способны существовать в средах с очень малым содержанием растворенных веществ, даже в дистиллированной воде. Не нуждаются в NaCl. Угнетение хлоридом натрия начинается при его концентрации 3%. К этой группе относятся м/о, обитающие в пресных водоемах, почве, связанные с организмом человека, животных и растений.

- **морские бактерии** – оптимальный рост наблюдается при концентрациях NaCl 2,5-5%. Их представители – многие виды родов *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Vibrio* и другие.

- **умеренные галофилы** – оптимальный рост наблюдается при концентрациях NaCl 5-15%. (*Flavobacterium*, *Pseudomonas* и др.)

- **экстремальные галофилы** – нуждаются в высокой концентрации NaCl – 20-30%, часто не способны к росту при низких концентрациях соли. Их представители – архебактерии из родов *Halobacterium*, *Halococcus*, водоросли рода *Dunaliella*. В природе встречаются в воде гипергалинных водоемов (озеро Вост, Сиваш, Мертвое море), в солончаковых почвах и рассолах соленых продуктов.

#### **Занятие 4**

##### **Влияние гидростатического давления**

М/о мало чувствительны к изменению гидростатического давления. Устойчивость м/о к высокому гидростатическому давлению зависит от видовой принадлежности, величины и продолжительности воздействия давления. Повышение давления до некоторого предела не сказывается на скорости роста наземных бактерий, но начинает препятствовать нормальному росту. Следует отметить, что половина поверхности Земли находится в океане на глубине 3000-6000 м, где давление соответственно достигает 300-600 атм, а примерно 1% – глубже 6000 м, где давление может достигать 1100 атм.

Среди бактерий выделенных из океанических глубин различают следующие группы

- **баротолерантные** – способные развиваться как при обычном атмосферном давлении, так и при высоком (свыше 1000 атм). при высоких значениях давления деление бактерий прекращается и клетки приобретают нитевидную форму. При длительном воздействии гидростатического давления происходит денатурация белков и инактивация ферментов, увеличивается вязкость цитоплазмы. Эти бактерии широко распространены в природе.

- **барофильные (пьезофилы)** – лучше развиваются и растут при более высоком атмосферном давлении. Снижение давления приводит к замедлению роста и нарушению процессов деления. При этом так же образуются нитевидные клетки. Эта группа менее многочисленна. Среди них выделяют гр. облигатно барофильных бактерий неспособных развиваться при давлении в 1 атм. за 5 часов отмечена гибель 90% клеток облигатно барофильных бактерий. При давлении значительно ниже атмосферного жизнеспособность бактерий не нарушается, однако происходящее при этом уменьшение содержания в среде  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$  может сильно влиять на рост бактерий. В условиях глубокого вакуума субстрат высыхает и жизнь невозможна.

Установлено, что высокое давление стимулирует рост и стабильность ферментов гипертермофильных м/о выделенных из глубоководных гидротерм (более 40 атм). Таким образом, для каждого физико-химического фактора вызывающего необратимые изменения биомолекул большинства живых м/о, существует группа высокоспециализированных прокариот, оптимально развивающихся именно при экстремальных значениях данного фактора. При этом в каждом экстремальном местообитании существует комплексная прокариотная экосистема, позволяющая успешно функционировать циклам основных элементов.

##### **Влияние влажности на микроорганизмы**

Ни один из экологических факторов не определяет в такой мере развитие м/о, как влажность. Именно наличие влаги обуславливает уровень процессов метаболизма в клетке, поступление в нее веществ питательного субстрата, энергию роста и размножения бактерий. Особенно нуждаются во влаге растущие клетки.

Чувствительность влаге у разных м/о отличается. В природе они часто подвергаются действию сильного иссушения (в почве). Такие субстраты как кора деревьев, поверхность скал, различные сооружения увлажняются лишь периодически, что приводит к высушиванию или водному стрессу. Однако, и в этих условиях обнаруживают разнообразных видов м/о. Например, в почвах пустыни Сахары обнаружены десятки видов м/о, число которых достигает  $10^3 - 10^8$  в 1 г. в основном это водоросли, обеспечивающие формирование этих почв, грибы и актиномицеты.

В условиях дефицита влаги некоторые м/о образуют слизистые капсулы, активно поглощающие влагу. Так на корнях пустынных растений собирается значительное количество гигроскопической слизи, что способствует обеспечению водой не только самих бактерий, но и растений.

Высушивание приводит к обезвоживанию клетки и почти полному прекращению процессов метаболизма. Клетки перенесшие высушивание переходят в состояние анабиоза. К примеру, после высушивания почвенных образцов количество бактерий уменьшается в 5-10 раз. Наибольшей чувствительностью к недостатку влаги характеризуются нитрифицирующие и азотфиксирующие бактерии.

Устойчивость м/о к высушиванию зависит от многих факторов: размеров клеток, толщины и структуры клеточной оболочки, спорообразования, pH среды, температуры, солености и т.д. (расшифровать на примерах – микобактерии, сиб. язва, спорообразующие формы, ацидофилы и алкалофилы, использование сублимации для сохранения м/о и т.д.).

**Механизм действия обезвоживания** по гипотезе Кога (1966) заключается в следующем:

- при влажности среды выше 20% вода целиком заполняет клетку и функционирует как непрерывная среда. Все биохимические процессы протекают нормально.
- При влажности ниже 20% вода с коллоидами клетки образует гель и ферментативные процессы затруднены
- При влажности 5-10% вода располагается по отдельным участкам, но обмен молекулами воды между участками еще возможен, ферментативные процессы практически отсутствуют.
- при влажности ниже 5% вода строго локализована и изолирована по отдельным структурам клетки.

При обезвоживании м/о, вода перемещается внутри клетки от центральной части к периферии. Вместе с водой перемещаются и растворенные в ней вещества. Благодаря проницаемости клеточной стенки они выходят из клетки. При этом часть их задерживается и периферийные районы клетки, прилегающие к цитоплазматической мембране, насыщаются растворенными в воде клеточными веществами, т.е. здесь концентрируются органические вещества типа углеводов, аминокислот и витаминов. С повышением их концентрации может происходить коагуляция и даже денатурация белка, что приводит к инаktivации отдельных ферментов. При длительном процессе обезвоживания, клетки могут терять жизнеспособность в результате дезорганизации ферментативных реакций, приводящих к автолизу.

## **Занятие 5**

### **Влияние кислотности среды**

Значения реакции среды различных природных вод и растворов, где развиваются м/о (от pH 1-2 в кислых источниках и рудничных стоках до pH 10 в содовых озерах), покрывают почти весь теоретически возможный диапазон значений pH (0-14).

По отношению к pH среды м/о подразделяют на ряд физиологических групп:

- **нейтрофилы** развиваются при значении pH, близком к нейтральному (pH 6-8). Большинство природных местообитаний – пресноводные озера и реки, многие почвы, внутренняя среда растительных и животных организмов).
- **ацидофилы** – организмы растущие в кислой среде (pH меньше 6). Среди них выделяют облигатные и факультативные (ацидотолерантные), способные расти в нейтральных условиях (молочнокислые, уксуснокислые бактерии, многие грибы)
- **алкалофилы** предпочитают значения pH 8,5 и выше (могут быть облигатные и факультативные). Независимо от pH окружающей среды внутриклеточное значение pH поддерживается близким, к нейтральному (6-8).

Существуют м/о выдерживающие экстремальные значения pH равную 3 и ниже. Наиболее распространены местообитания со значениями pH от 1,5 и выше – горные отвалы и шахтные воды, где за счет выщелачивания сульфидных минералов и образования серной кислоты происходит резкое закисление среды. К бактериям этой группы относятся виды из родов **Thiobacillus** и **Sulfobacillus**. Первые из них Gr-, а вторые Gr+.

К алкалофильным экстремалам относятся многие цианобактерии представленные родами *Spirulina*, *Cyanospira*, *Chroococcus*.

### **Влияние атмосферного кислорода**

Кислород выступает по отношению к м/о не только как фактор, определяющий окислительно-восстановительные условия среды и возможность протекания многих химических реакций, но и как важнейший катаболический субстрат, акцептор электронов для аэробных организмов.

По отношению к кислороду м/о делятся на аэробные, использующие O<sub>2</sub> как акцептор электронов при дыхании, и анаэробные, не нуждающиеся в O<sub>2</sub>.

Аэробы широко распространены в природе. К ним относятся многие тионовые, нитрифицирующие бактерии, разнообразные органотрофы, в т.ч. большинство актиномицетов и грибов. *Микроаэрофилы* (водные спириллы) нуждаются в низкой концентрации кислорода и часто обладают высоким средством к нему, что позволяет им развиваться в зонах пониженного содержания  $O_2$ .

В отличие от облигатных аэробов, *факультативные аэробы* (и анаэробы) могут переключаться с аэробного метаболизма на анаэробный, например с дыхания на брожение. Классическим примером служат дрожжи. К ним так же относят энтеробактерии, некоторые фототрофы (пурпурные, несерные бактерии), осуществляющие фотосинтез в анаэробных условиях на свету, но способные к аэробному дыханию в темноте.

*Облигатные анаэробы* чувствительны к токсическому действию  $O_2$  и часто нуждаются для своего развития в восстановительной обстановке. Ими являются многие аноксигенные фототрофы – гелиобактерии, зеленые и ряд пурпурных серобактерий. *Аэротолерантные анаэробы* могут расти в присутствии некоторого количества  $O_2$ , не изменяя при этом анаэробный тип метаболизма, например брожение у ряда стрептококков (разнообразие условий среды и соответственно разнообразие м/о).

#### **Действие света**

Солнечный свет, используемый в реакциях фотосинтеза, служит основным источником энергии для подавляющего большинства экосистем на Земле. Важнейшими параметрами, определяющими активность фототрофных организмов, являются интенсивность падающего света, его спектральный состав, длительность светового дня. Около 50% лучистой энергии падающей на Землю приходится на видимую область света (380-760 нм), другие 50% составляют ИК-лучи и менее 1% - УФ-лучи. Интенсивность света, проходящего сквозь толщу воды, снижается с глубиной, при этом меняется и его спектральный состав. Наиболее резко (на глубине первых метров) отсекаются инфракрасные и красные лучи с длиной волны 540-560 нм.

Свет часто оказывается лимитирующим фактором. Поэтому фототрофные м/о, обладают многочисленными механизмами, позволяющими использовать его энергию с максимальной эффективностью.

Большинство фототрофных м/о способны к фототаксису и могут занимать местоположение с оптимальной освещенностью. Другим способом адаптации к свету является изменение в зависимости от интенсивности освещения содержания фотосинтетических пигментов, количества тилакоидов, светособирающих ловушек, площади светособирающих мембран.

Фототрофные м/о различаются по отношению к освещенности – от светолюбивых (например, образующая пятна цветения цианобактерия *Anabaena flos-aquae*, симбионты лишайников, растущих на поверхности скал; обитающие в мелких, ярко освещенных прудах-испарителях галобактерии) до обитающих при низкой освещенности на глубине водоемов. Низкая освещенность характерна и для пещер, заселенных типичным обитателем – цианобактерией *Scytonema julianum*.

Рассматривая свет как экологический фактор, важно отметить и антимикробное действие коротковолнового излучения. Одним из универсальных механизмов адаптации к свету высокой интенсивности и защиты от токсических форм фотосенсибилизированного кислорода является синтез каротиноидных пигментов. Характерным примером может служить яркая окраска м/о, живущих в условиях высокой освещенности (в воздухе, на поверхности скал, обнажений горных пород, в высокогорье и т.д.).

(далее о концентрации питательных веществ в среде обитания и о местоположении).

### **Занятие 6**

#### **Систематизация микробно-растительных взаимоотношений**

Микробно-растительные взаимодействия классифицируют с разных точек зрения. Различают специфические, эволюционно закрепленные, даже облигатные и неспецифические, временные и случайные. Оценивая пространство или среду, где имеют место такие взаимодействия, нужно отметить надземные и внутрипочвенные. Можно было бы говорить и о воде как среде взаимодействия м/о и растений, но так как даже в почве м/о фактически обитают в водных пленках, то с учетом этого факта вода как самостоятельная среда и пространство взаимодействия м/о и растений не расценивается.

Взаимодействие м/о и растений следует рассматривать как со стороны м/о, так и со стороны растений. Такой подход является редуccionистским (замена целого его частями), но он оправдан, если за изучением разных сторон одной проблемы не забывается главным, что в результате возникает микробно-растительный комплекс. Рассмотрение проблемы с этих двух позиций не совсем равнозначно, так как взгляд со стороны микроорганизмов является более историческим, чем со стороны растений.

К м/о относят и царство грибов. Грибо-растительные взаимодействия составляют важную часть биологии. Здесь так же имеются свои особенности, обусловленные разным уровнем организации. Грибы и растения относятся к эукариотам, т.е. формально принадлежат к уровню клеточной организации. Именно благодаря высокой обоюдной организации грибов и растений их взаимодействия носят более широкий и часто более драматический характер. По разным оценкам, известно от 120 000 до 250 000 видов грибов и среди них свыше 8000 видов фитопатогенных тогда как среди бактерий известно только около 200 фитопатогенных видов. Среди взаимодействий одноклеточных и многоклеточных грибов с растениями

имеются общие закономерности, но есть и различия. Например, разные стадии развития грибов могут проходить как на одном растении-хозяине, так и на разных.

Вирусы, другие микроскопические биологические объекты так же вписываются в систему микробно-растительных взаимодействий. Однако положение вирусов в иерархии живого остается спорным, и они скорее воздействуют на растения, чем взаимодействуют с ними, хотя при движении вирусных частиц в плазмодесмах растений можно говорить и о вирусно-растительных взаимодействиях. В любом случае, отношения вирусов и растений представляется очень специфичной областью науки.

К сфере микробно-растительных взаимодействий относятся так же взаимодействия микроскопических животных (простейшие, нематоды) и растений. Часто они носят паразитический характер, где растения выполняют роль хозяина.

При систематизации микробно-растительных взаимодействий необходимо отметить уровни способов взаимодействия с точки зрения организации материи. Наиболее важным является химический уровень взаимодействий. На этом уровне имеют место такие взаимодействия, как «узнавание» хозяина, обмен «информацией», восприятие или отторжение молекул и организмов и другие. Физический уровень – это физический контакт м/о и растения. Биологический уровень – это и молекулярно-генетический уровень взаимодействий и клеточный уровень, который для многих м/о является уже и организменным. В микробно-растительных взаимодействиях имеет место и уровень сообщества, который наиболее сложен. Этот уровень взаимодействий обычно связывают с эпидемиологией. Однако в связи с попытками выделить и использовать в качестве биоконтролирующих агентов против некоторых фитопатогенных грибов бактериальные сообщества вместо монокультуры становится очевидным, что этот уровень взаимодействий гораздо шире, чем считалось.

## Занятие 7

### Роль микроорганизмов в жизни растений

М/о в жизни растений выполняют функцию средообразования и общего питания. Они осуществляют разложение и минерализацию растительных остатков и органического вещества в целом, высвобождая и возвращая в почву минеральные элементы, необходимые для роста растений, а в атмосферу –  $\text{CO}_2$  и некоторые другие газы. Продуцируют стимуляторы роста и токсические для растений вещества. М/о фактически, создают почву.

Бактерии играют ключевую роль в обеспечении экосистем азотом. Активными и наиболее изученными азотфиксаторами являются симбиотические азотфиксирующие бактерии, особенно представители родов **Rhizobium**, **Bradirisobium**, **Asospirillum**. Этот список еще дополняется. Роль этих бактерий заключается не только в фиксации азота, но и в других разносторонних воздействиях на растения. Бактерии, а именно грибы, играют существенную роль в обеспечении растений фосфором. Грибами обрастают корни растений с образованием микоризы.

Существуют бактерии – стимуляторы роста растений. К ним относятся м/о рода *Pseudomonas*, которые защищают растения от заморозков, предотвращая кристаллообразование на надземных частях растения при кратковременном, резком понижении температуры. Представители родов **Bacillus**, **Agrobacterium** и *pseudomonas* являются «поставщиками» биоконтролирующих агентов.

М/о оказывают на растения и негативное воздействие. Кроме прямого паразитизма м/о на растениях имеют место и опосредованные негативные воздействия, например, создание м/о анаэробнозона в переувлажненных почвах. Если такие почвы богаты органическим веществом, то иногда имеет место массовое развитие сульфатредуцирующих бактерий, один из продуктов метаболизма которых – сероводород крайне ядовитый для всего живого. В качестве менее драматического непрямого воздействия микроорганизмов на растения можно привести взаимодействие растений риса и метаногенных архей. Растение риса служит «трубами» выводящими метан из анаэробной зоны в атмосферу, а с другой стороны, в таких экосистемах растения служат проводниками кислорода в почву.

### Роль растений в жизни микроорганизмов

Растения являются источниками питания для м/о, в первую очередь для гетеротрофных, как аэробных, так и анаэробных. В некоторых случаях в переувлажненных почвах корневые выделения растений служат непосредственными источниками углерода и энергии не только для «первичных» анаэробных прокариот – некоторых метаногенов.

Растения оказывают в определенной степени селективирующее влияние на окружающее его и находящееся на нем микробное сообщество. Например,  $\text{C}_4$  – растения, которым, в частности, принадлежат злаковые, с большей эффективностью колонизируются такими азотфиксирующими бактериями, как **Azospirillum**, **Enterobacter**.

Растения осуществляют физическую защиту м/о, а так же участвуют в их распространении. Во время роста растений м/о переносится как в глубь почвы, так и на поверхность, и поэтому, они служат переносчиками, или как еще называют векторами для м/о. При поедании растений животными, м/о попадают в ЖКТ последних. При этом, часть м/о погибает, а часть с экскрементами опять попадает на поверхность растений и в почву. Поэтому можно говорить о цикле м/о, где растения исполняют роль и переносчиков и субстратов одновременно. Такой цикл отмечен как на поверхности почвы, где происходит

поедание корней растений животными и возвращение части м/о с экскрементами в почву. Значимость и глобальность этого цикла пока еще до конца не оценена.

## Занятие 8

### Микробно-растительные взаимодействия в ризосфере и ризоплане

М/о и растения встречаются в почве, начиная прямо с семени, далее с корневой системой и надпочвенной частью. Корень контактирует со специфическими и неспецифическими м/о (т.е. инфицирующими и неинфицирующими).

Пространство и почву, окружающие формирующийся корень называют ризосферой. В настоящее время под **ризосферой** понимают пространство вокруг корня от 0 до 2-8 мм в диаметре, в котором имеет место более обильное развитие м/о из-за стимулирования их роста корневыми экссудатами (выделениями), а в более широком смысле – корневыми депозитами. Иногда это пространство называют **эндоризосферой**, включая в это понятие и ткани самого корня, в противовес **ризоплане**, под которой подразумевают только то, что находится непосредственно на поверхности корня и прикреплено к корню. **Корневые экссудаты** – это низкомолекулярные органические вещества, продукты фотосинтеза и метаболизма растения. К ним относятся сахара, органические и аминокислоты, спирты, гормоны, витамины и т.д. Эти вещества выходят в зону вблизи кончика корня, точнее зоны «растяжения» корня в процессе его роста и развития.

Корневые ризодепозиты – более широкое понятие включающее не только экссудаты, но и все другие вещества – высокополимерные слизи полисахаридной и белковой природы, ферменты, отмирающие и слущивающиеся поверхности клетки с их содержимым, куски ткани, в частности, кортекс верхних стареющих участков корня, корневой чехлик, корневые волоски, летучие органические вещества и другие. Считают, что в виде ризодепозитов растение теряет более 30-40% продуктов фотосинтеза.

Кроме химического воздействия на почву и м/о, растущий корень оказывает и чисто механическое действие на окружающую эконишу.

Феномен более высокой плотности м/о вокруг корня за счет потребления экссудатов и ризодепозитов называется **ризосферным эффектом**. Численность м/о в ризосфере может превышать их численность в окружающей почве от нескольких процентов до десятков процентов и даже на порядок. Общая численность м/о может доходить от млн до сотен млрд клеток на грамм, в зависимости от типа почвы, растения и т.д.

Пространственно-временная организация микробного сообщества ризосферы имеет специфическую структуру. Микробное сообщество развивается вдоль растущего корня волнообразно, т.е. зоны с более высокой плотностью м/о чередуются с зонами низкой плотности. При этом пики разной плотности м/о смещаются во времени вдоль корня, и следовательно, можно говорить о форме «движущейся волны» развивающегося микробного сообщества ризосферы. Волнообразное развитие микробных популяций наблюдали и в ризоплане, и в перпендикулярном корню направлении, т.е. явление волнообразного роста м/о в ризосфере представляет собой всеобщую форму развития микробного сообщества ризосферы.

### Микробно-растительные взаимодействия в филлосфере и филлоплане

Пространство, окружающее надпочвенную поверхность растения, включая ткани этого растения, называют **филлосферой**, а поверхность растения – **филлопланой**. М/о колонизирующие надземные поверхности растений, называют эпифитными м/о (**эпи** – вокруг, **фитос** – растение). Количество м/о обнаруживаемых на поверхности листьев может достигать  $10^8$  клеток на  $\text{см}^2$ , что вполне сопоставимо с их численностью в почве. Численность зависит от вида растения, его местообитания, климата, погодных условий и некоторых других обстоятельств. Здесь чаще всего встречаются представители родов **Pseudomonas, Erwinia, Xantomonas, Agrobacterium, Enterobacter, Klebsiella, Methylobacterium** и многих других. Имеются различия в микробном сообществе верхней стороны листа и нижней. Существенную роль в этом играют свет и температура. Поэтому растения пустынь гораздо скуднее м/о на единицу площади.

При прорастании растение выносит на своей поверхности из почвы типично почвенные м/о. Качественный состав со временем меняется. Одни бактерии преимущественно локализуются на поверхности эпидермальных клеток, тогда как другие группируются вокруг устьиц.

Устьица служат главными местами газообмена ( $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ ) растений с окружающей средой и одновременно – местами выделения некоторых других веществ, в частности **ЛОВ** (летучие органические вещества), которые в свою очередь, могут служить субстратами для м/о. Существенную часть нелетучих веществ составляют сахара и органические вещества (кислоты), а к ЛОВ относятся эфирные масла, высшие спирты и другие. Именно устьица чаще всего служат «входными воротами» для инфекций.

Не все органические вещества, выделяемые растениями, и не всегда являются субстратами и полезны для м/о. Некоторые из них – фитонциды – оказывают ингибирующее действие. К ним относятся гликозиды, терпеноиды и т.д.

## Занятие 9

### Биологическая обработка органических отходов

«Отходы в доходы» - так кратко можно обозначить стратегию по очистке окружающей среды от продуктов жизнедеятельности человека. Тактика современной (био)технологии окружающей среды определяется словами «не вреди природе». Концентрация населения в городах и промышленных районах

привела к перепроизводству отходов, превышающему способность минерализации м/о окружающей почвы и водоемов.

Проблема чистой воды на сегодня считается одной из актуальнейших проблем наступившего века. Стремительный рост населения Земли, развитие промышленности и сельского хозяйства, которые помимо полезной продукции производят большое количество отходов, вырубка лесов и распашка земель ведут к нарушению экологического равновесия и загрязнению водоемов и грунтовых вод – источников питьевой воды. Для поддержания чистоты мест забора питьевой воды необходима качественная очистка сточных вод. Эти проблемы тесно взаимосвязаны, тем более что производство сточных вод в России достигает в настоящее время 500 л в сутки на душу городского населения.

Огромный вклад в загрязнение грунтовых и поверхностных вод вносят свалки твердых бытовых и промышленных отходов, сброс навозных стоков, бесконтрольное применение удобрений, а так же загрязнение целых территорий нефтью и другими химическими продуктами, выработка полезных ископаемых. С ростом использования бумаги, упаковочных материалов, одноразовой посуды и т.д., количество твердых бытовых отходов (ТБО) на душу городского населения в индустриальных странах достигло 300 (Россия) – 650 (США) кг в год. Практически единственным методом утилизации ТБО до последнего времени является его захоронение на специальных полигонах и последующая анаэробная деградация спонтанной микробной популяции. При этом вследствие атмосферных осадков, потоков поверхностных и грунтовых вод происходит вымывание загрязненных грунтовых вод и водоемов.

В настоящее время наибольший интерес представляют естественные и самые дешевые биологические методы очистки, представляющие собой интенсификацию природных процессов разложения органических соединений микроорганизмами в аэробных или анаэробных условиях. Наряду с ними развиваются физико-химические методы фильтрации, осаждения, флотации, электрокоагуляции и другие, которые применяют для очистки стоков различных видов промышленности с извлечением (по возможности) из них полезных продуктов.

В соответствии с источником органические отходы подразделяются на бытовые, промышленные, сельскохозяйственные, а по физическому состоянию – на жидкие (сточные воды), полужидкие текучие (осадки сточных вод). Для характеристики отходов используются следующие определения:

- **абсолютно сухая масса (АСМ)** – для твердых и полужидких отходов (%), или общие взвешенные вещества (ОВВ) – для сточных вод (г/кг, мг/л) – масса сухих веществ (орг-х и неорг-х) в отходах, определенная при высушивании образца до постоянной массы при 110<sup>0</sup> С.

- **летучие вещества (ЛВ)** (г/кг, мг/л) – часть загрязнений удаляемых сжиганием при 600-650<sup>0</sup> С представляемые в основном органическими веществами и включают микробную биомассу

- **зольность** (г/кг, мг/л) – оставшаяся после сжигания часть – зола (мин. соли). В сумме зольность и ЛВ дают АСМ.

- **химическое потребление кислорода (ХПК)** – количество кислородных эквивалентов, необходимое для полного химического окисления органических и неорганических загрязнений до СО<sub>2</sub>, например бихромат калия в концентрированной серной кислоте при 160<sup>0</sup> С.

- **биологическое потребление О<sub>2</sub> (БПК)** – (мг/л) – количество кислородных эквивалентов, необходимое для окисления органических и неорганических загрязнений до СО<sub>2</sub> м/о активного ила при 25<sup>0</sup> С, за определенное время, обычно 5 (БПК<sub>5</sub>) или 20 дней (БПК полное).

#### **Принципы биологической обработки отходов**

Обработка отходов подразумевает биологическое разложение органических соединений. По существующим нормам содержание органических веществ в очистной воде не должно превышать 10 мг/л.

Деградация органических веществ осуществляется м/о как в аэробных, так и в анаэробных условиях с разными энергетическими балансами суммарных реакций. При аэробном окислении глюкозы, 59% энергии, содержащейся в ней, расходуется на прирост биомассы, 3% составляют тепловые потери, 89% переходит в метан.

Аэробное микробное сообщество составляют бактерии окисляющие различные органические вещества в большинстве случаев независимо друг от друга, хотя окисление некоторых веществ осуществляется путем самоочищения.

Анаэробная деградация органических веществ при метаногенезе осуществляется как многоступенчатый процесс в котором необходимо участие, по меньшей мере 4-х групп м/о-в: гидролитиков, бродийщиков, ацетогенов и метаногенов.

Преимущество аэробного процесса состоит в высокой скорости и использовании веществ в низких концентрациях, а недостаток – в образовании большого количества микробной биомассы. Аэробный процесс используется при очистке бытовых, некоторых промышленных и свиноводческих сточных вод с ХПК не выше 2000 мг/л.

Преимущество анаэробного процесса заключается в относительно незначительном образовании микробной биомассы, возможности обработки концентрированных стоков, а так же в образовании энергоносителя – метана. К недостаткам – невозможность удаления органических загрязнений в низких концентрациях, и для глубокой очистки анаэробную обработку следует использовать в комбинации с последующей аэробной стадией.

## Занятие 10

### Биоремедиация загрязненных почв и грунтов

Интенсивный рост промышленности и городов в последние 50-100 лет привели к необратимому загрязнению почв и грунтов на значительных территориях. Загрязненные места должны быть рано или поздно подвергнуты очистке – **ремедиации** (лечению). Это крайне сложная задача, так как почва и грунты гетерогенны и геологическая структура загрязненных территорий разнообразна. Растворимые или частично растворимые продукты могут транспортироваться на значительные расстояния в горизонтальном направлении. Загрязнения могут накапливаться в разных участках, что требует специфических подходов к разработке методов ремедиации загрязненных территорий. В настоящее время существует 2 основных подхода к очистке загрязненных почв и грунтов – обработка на месте (*in situ*) или экскавация, т.е. вывоз и обработка на специальных предприятиях (*ex situ*).

Большинство загрязненных территорий обрабатывают на месте. Для этого используют 3 метода:

1. Вымывание загрязняющих веществ применяется в случае загрязнения почвы растворимыми веществами. Почву промывают поливом сверху с помощью различных ирригационных приемов, часто с использованием циркуляции воды. Промывные воды собирают, обрабатывают *ex situ* биологическими и физико-химическими методами. При такой обработке металлорастворимые соединения остаются в почве.

2. Внесение химических веществ, стимулирующих развитие деградирующих загрязнений м/о, применяется наиболее часто. Для активации автохтонной микробной популяции в почву вносят окислители ( $O_2$ ,  $NO_3$ ) или ко-субстраты (мелассу, этанол, фосфора, эмульгаторы для ускорения транспорта и разрушения структуры липофильных загрязнений). Для улучшения аэрации производится вспашка почвы, в более глубокие слои кислород или воздух подаются под давлением через систему перфорированных труб. Этот способ широко используется для очистки мест, загрязненных нефтепродуктами из почвы ее промывают водой с необходимыми добавками. Снабжение кислородом и вытеснение промывной воды может осуществляться одновременно в циркуляционном процессе.

3. Внесение в загрязненные почвы м/о, способных разлагать соответствующие специфические вещества, применяется не часто и не всегда дает существенный эффект. Как правило одновременно необходимо применение и выше сказанных методов. Тем не менее, к настоящему времени выделено и описано большое количество бактерий способных использовать нефтяные загрязнения, ксенобиотики, токсические соединения. Необходимо обеспечить доступность загрязняющих веществ для использования их м/о-ми. Здесь важную роль играют дисперсия и растворение загрязнителей, а так же снабжение м/о источниками азота и фосфора.

4. Обработка удаленных почв и грунтов используется когда по тем или иным причинам очистка загрязненных территорий *in situ* невозможна. Почвенный слой удаляют и в большинстве случаев производят выемку (экскавацию) грунта для последующей обработки или сжигания. Обычно так поступают при особо опасных загрязнениях, если они проникли или захоронены на глубине и существует серьезная опасность попадания загрязнений в поверхностные и грунтовые воды. Окисление воздухом производят в снятой почве, уложенной в виде штабеля, конуса или тонкого слоя, которую аэрируют обычно с помощью перфорированных труб.

Промывка водой с последующей ее биологической и физико-химической очисткой используется в случае растворимых загрязнений.

Сжигание загрязненной почвы является быстрым, но дорогостоящим методом. Кроме того почва перестает быть таковой, превращаясь в минерализованный продукт – золу.

#### *Примерные лабораторные занятия по экологии растений:*

##### **Занятие 1. Экологическая морфология растений.**

###### *Оборудование и материалы:*

1. Гербарий и живые растения (козелец, смолевка, качим, камнеломка, крупка, калужница болотная, ветреница лютиковая, овсяница луговая, осока волосистая, земляника, лапчатка, щавелек и др.)
2. Таблицы.

###### *Общие замечания.*

Под влиянием комплекса условий окружающей среды растения в процессе эволюции приобрели различные приспособительные черты, выражающиеся в особенностях обмена веществ, в строении, в способах нарастания, в динамике жизненных процессов. Все это отражается во внешнем облике растений. Часто такие признаки бывают конвергентными, т.е. развиваются в сходной экологической среде у растений совсем не родственных, принадлежащих к разным семействам, и даже классам. Такие группы растений, характеризующиеся определенным внешним обликом, который создается совокупностью наиболее бросающихся приспособительных физиономических признаков, называют жизненными формами. По определению И.Х.Шаровой, жизненная форма - это сходная морфоэкологическая группа организмов на любой фазе жизненного цикла с разной степенью родства, отражающая характерные черты их образа жизни в определенной экосистеме. В отличие от экологических групп растений, отражающих приспособленность растений к отдельным факторам среды, жизненные формы отражают приспособленность ко всему комплексу экологических факторов, т.е. к специфике данного местообитания в целом. Представители одной и той же жизненной формы могут принадлежать к разным экологическим группам (например, манжетка и копытень -

представители жизненной формы короткокорневищных растений, но по отношению к свету относятся к разным экологическим группам: манжетка-гелиофит, копытень-сциофит). Одна и та же жизненная форма может быть представлена у разных видов. В то же время один и тот же вид в разных условиях может приобретать разные жизненные формы (например, стелющиеся формы лиственницы, ели на крайнем севере).

Многообразие условий на Земле повлекло за собой формирование большого разнообразия жизненных форм. При классификации жизненных форм разные авторы используют разные признаки и различные принципы построения. Одна из наиболее распространенных классификаций жизненных форм была предложена в 1907 году датским ботаником К.Раункиером. В основе ее лежит очень важный с приспособительной точки зрения признак - положение и способ перезимовки почек возобновления у растений в течение неблагоприятного периода (холодного или сухого). По этому признаку Раункиер выделил 5 крупных категорий жизненных форм.

*Фанерофиты* – почки зимуют или переносят засушливый период открыто, достаточно высоко над землей (деревья, кустарники, деревянистые лианы, эпифиты или полуэпифиты), они обычно защищены почечными чешуями. По высоте растений фанерофиты делят на мега-, мезо-, микро- и нанофанерофиты.

*Хамефиты* – почки возобновления располагаются чуть выше уровня почвы – на высоте 20-30см (кустарнички, полукустарнички, полукустарники, многие стелющиеся растения, растения – подушки). Почки зимуют под снегом.

*Гемикриптофиты* – травянистые многолетники, у которых почки возобновления находятся на уровне почвы или погружены неглубоко – в подстилку.

*Криптофиты* – почки возобновления располагаются под землей (геофиты) или под водой (гидрофиты). Различают по характеру подземных органов луковичные геофиты (пролески, луки, тюльпаны), клубневые (чистяк, картофель), корневищные (ландыш, ирис, купена), корневые (вьюнок полевой).

*Терофиты* – однолетники, у которых все вегетативные части отмирают к концу сезона и зимующих почек не остается, а неблагоприятный период переживают в виде семян или спор.

Большой вклад в изучение жизненных форм внес И.Г.Серебряков. Система жизненных форм И.Г.Серебрякова, разработанная в основном для древесных и кустарниковых форм, построена на эколого-морфологическом принципе и является иерархической, т.е. построена по принципу соподчинения. Отделы и типы выделены в ней по характеру структуры и длительности жизни надземных скелетных осей; классы, группы, секции выделены по признакам формы роста, строения надземных и подземных органов, вегетативного размножения и т.д.

Рассмотрим подробнее разнообразие жизненных форм растений в отделе наземных трав. Отдел делится на типы: *травянистые поликарпики* и *травянистые монокарпики*. *Травянистые поликарпики* широко распространены от экватора до Арктики и Антарктики. Для них, несмотря на большое разнообразие облика, биологии и экологии, характерно то, что в конце вегетационного сезона надземные побеги их отмирают. Подземные части побегов функционируют как органы возобновления или как запасующие. Среди травянистых поликарпиков по характеру многолетних подземных органов выделяют несколько основных групп жизненных форм.

## Занятие 2. Свет как экологический фактор.

Фактор света в жизни растений.

*Оборудование и материалы.*

1. Микроскопы.
2. Микропрепараты: поперечные срезы листьев растений гелиофитов и сциофитов.
3. Гербарий (листовая мозаика, "компасное растение" латук, весенние и летние растения медуницы, экземпляры одуванчика, выросшие на свету и в тени и др.).
4. Таблицы.

*Общие замечания.*

Среди факторов внешней среды свет является для растений одним из основных, т.к. без него невозможен фотосинтез. Но свет оказывает на растения и значительное формообразующее действие, определяя такие особенности строения растений, как форма роста, внутренняя структура тканей листа, величина, количество и расположение хлоропластов в клетке и др. Световой режим оказывает определенное влияние на географическое распространение растений, связанное с фотопериодической реакцией растений.

В соответствии с разнообразием световых условий, при которых обитают растения, различают 3 основные группы: светлюбивые растения, или гелиофиты, тенелюбивые, или сциофиты, и теневыносливые. Примерами гелиофитов могут быть многие луговые травы (костер, тимофеевка), растения степей и пустынь, лесные высокостебельные деревья первого яруса, а также лесные травы, являющиеся весенними эфемерами и эфемероидами (хохлатки, гусиные луки, ветреницы, и др.). Тенелюбивые растения имеют экологический оптимум в области слабой освещенности и не выносят сильного освещения. Они произрастают в нижних ярусах хвойных и широколиственных лесов (кислица, майник, копытень, вороний глаз и др.), а также в пещерах, расщелинах скал, глубоких водоемах, верхних слоях почвы. Теневыносливые растения имеют широкую экологическую амплитуду по отношению к свету, т.е. очень пластичны. Теневыносливы многие виды умеренных зон: лесные и луговые травы (земляника, мятлик луговой, ежа сборная), деревья (липа,

черемуха и др.). Следует, однако, заметить, что степень теневыносливости или светолюбия не всегда является неизменным видовым признаком. Она может меняться даже у одной и той же особи (весенние и летние побеги медуницы, "световые" и "теневые" листья у сирени). В этом проявляется формообразующее действие света. Основные признаки гелиофитов и сциофитов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характерные признаки гелиофитов и сциофитов

Органы	Свойства светолюбивых	Свойства тенелюбивых
Корневая	Обычно сильно разветвлена	Развита слабо
Стебли, крона	Междоузлия короткие. Кроны ажурные, слабо облиственные.	Междоузлия вытянутые. Кроны плотные, густые.
Листья	<p>Листовые пластинки часто мелкие, толстые, жесткие. Эпидермис многослойный, межклеточный без хлоропластов.</p> <p>Кутикула хорошо развита. Мезофилл листа четко дифференцирован на столбчатый и губчатый. Столбчатый мезофилл развит сильно, многорядный, может располагаться и на нижней стороне листа.</p> <p>Хорошо развита механическая ткань – листья жесткие.</p> <p>Хлоропласты мелкие, в большом количестве.</p> <p>Устьица мелкие, их много. Часто устьица погруженные или прикрытые волосками. На 1мм<sup>2</sup> листа около 300 (иногда 1000) устьиц.</p> <p>Густая сеть жилок: на 1см<sup>2</sup> – более 1000 мм.</p> <p>Листья располагаются под углом или ребром к свету. Листья обладают своеобразными движениями (суточный ритм движения).</p> <p>Наибольшая интенсивность фотосинтеза – при полном солнечном освещении.</p> <p>Много хлорофилла <i>a</i>.</p> <p>Соотношение молекул хлорофилла <i>a</i> и хлорофилла <i>b</i> примерно 5:1.</p> <p>Дыхание очень энергичное, поэтому при уменьшении освещения наступает отрицательный баланс газообмена.</p> <p>Осмотическое давление очень высокое.</p>	<p>Обычно крупные, широкие, тонкие, мягкие.</p> <p>Эпидермис однослойный, крупный, часто содержит хлоропласты.</p> <p>Кутикула часто отсутствует. Мезофилл слабо дифференцирован.</p> <p>Столбчатый мезофилл развит слабо или отсутствует. Губчатый – с крупными межклетниками.</p> <p>Механическая ткань развита слабо – листья мягкие.</p> <p>Хлоропласты крупные, но их не очень много. Хлоропласты содержат много хлорофилла, поэтому окраска листьев темная.</p> <p>Устьиц сравнительно мало, они крупные, могут быть выпуклыми. На 1мм<sup>2</sup> листа от 15 до 80 устьиц.</p> <p>Сравнительно редкая сеть жилок: на 1см<sup>2</sup> – 200-300 мм.</p> <p>Листья располагаются перпендикулярно к падающему свету. Листья образуют «листовую мозаику».</p> <p>Наибольшая интенсивность фотосинтеза – при умеренном освещении. Хлорофилла <i>b</i> больше.</p> <p>Соотношение хлорофилла <i>a</i> и хлорофилла <i>b</i> примерно 3:2.</p> <p>Дыхание менее интенсивно.</p> <p>Осмотическое давление сравнительно небольшое.</p>

При анализе признаков гелиофитов и сциофитов следует обратить внимание на то, что имеется тесная зависимость между влиянием света и условий водоснабжения на структуру растений. Приспособления растений к свету и связанному с ним освещению и нагреванию тела во многом сходны с теми, которые помогают выжить при недостатке влаги. Вот почему у растений гелиофитов формируется ряд признаков так называемой ксероморфной структуры. Интересно строение листа олеандра - классический пример сочетания всех ксероморфных признаков (изопалисадный мезофилл, хорошо развитая гиподерма, углубленные и защищенные волосками устьица и др.). Но эти особенности строения листа являются приспособлением не к недостатку влаги (олеандр – типичный мезофит), а к избытку инсоляции. Таким образом, необходимо помнить, что в природе свет, тепло и влага комбинируются так, что одна и та же структура может служить приспособлением к влиянию нескольких факторов. Так, толстая кутикула предохраняет не только от транспирации, но и от перегрева, т. к. частично отражает солнечные лучи. Гелиофиты часто являются одновременно и термофитами и ксерофитами. А сциофиты часто сходны с гигрофитами.

#### Выполнение работы.

##### 1. Строение листьев гелиофитов.

Признаки световой структуры листа изучают на примере олеандра - вечнозеленого субтропического растения с листьями, функционирующими несколько лет. На микропрепарате поперечного среза листа олеандра видно, что защитный покров листа состоит из нескольких слоев клеток. Наружный слой является эпидермой с хорошо развитой кутикулой. Клетки следующих под эпидермой слоев (гиподермы) имеют

тонкие стенки, бесцветное содержимое и, по-видимому, выполняют роль фильтра, задерживающего тепловые лучи и предохраняющего ассимиляционную ткань от перегрева. Столбчатая паренхима имеет несколько хорошо развитых слоев клеток почти без межклетников. Характерная особенность листа - наличие слоев клеток столбчатой паренхимы не только у верхней, но и у нижней стороны листа (изопалисадный лист). Устьица очень характерного строения - погруженные в ямки (так называемые крипты). У олеандра в каждую большую крипту погружена целая группа устьиц, а полость крипты заполнена волосками, как бы заткнута ватной пробкой. Эти признаки способствуют снижению транспирации, которая на свету идет интенсивно. При большом увеличении микроскопа обращают внимание на относительно большее количество хлоропластов в клетках столбчатого мезофилла по сравнению с губчатым.

Зарисовывают схематично поперечный срез листа олеандра. Обозначают эпидерму, гиподерму, кутикулу, столбчатый и губчатый мезофилл, крипту с устьицами и волосками.

## 2. Строение листьев сциофитов.

Признаки теневой структуры листа изучают на примере листа кислицы или майника. Отличительными особенностями листьев сциофитов являются: однослойный эпидермис без кутикулы, слабое развитие палисадной паренхимы, клетки которой не являются настоящими палисадными (узкими и длинными), а часто имеют характерную треугольную форму с большими межклетниками и мало отличаются от клеток губчатой паренхимы. Зарисовывают схематично поперечный срез листа с соответствующими обозначениями.

3. Сравнение структуры листьев гелиофитов и сциофитов. На основании изучения строения листьев олеандра и кислицы составить и заполнить таблицу, внося в нее названия исследованных растений и характеристики отдельных признаков строения листьев.

Таблица 2

Анатомические особенности листьев гелиофитов и сциофитов		
Детали строения листьев	Олеандр	Кислица
<i>Поперечный срез:</i> толщина листа развитие механической ткани толщина эпидермиса палисадная паренхима		
<i>Эпидерма</i> форма клеток эпидермиса развитие кутикулы число устьиц в поле зрения		

## 4. Морфологические особенности гелиофитов и сциофитов.

На гербарном материале изучают морфологическую структуру светолюбивых и тенелюбивых растений. Сравнивают растения одного вида, выросшие в различных условиях освещения (одуванчик, медуница), отмечают признаки световой и теневой структуры.

## 5. Влияние внешних условий на процесс фотосинтеза

Для выполнения опытов необходимы: элодея или другое водное растение, колбы на 500 мл, пробирки, стеклянные цилиндры, ножницы, секундомер, эл. плита или водяная баня, растворы аммиака, медного купороса (4%), двуххромовокислого калия (1).

### Опыт а). Зависимость фотосинтеза от интенсивности света.

1) Отбирают веточки элодеи с неповрежденной верхушечной почкой длиной 6-8 см, подрезают под водой и помещают в стеклянный цилиндр (пробирку) срезанным концом вверх. Пробирку с веточкой помещают в стеклянный цилиндр с водой. Температура должна быть постоянной во все время опыта;

2) вначале выставляют ветку на яркий свет. На свету из срезанного конца ветки начинают выделяться пузырьки газа. Когда их ток станет равномерным, подсчитывают количество пузырьков, выделяющихся в течение минуты и берут среднее значение;

3) переносят веточку в неглубокую тень и вновь делают подсчет пузырьков;

4) сравнивают количество пузырьков на ярком и рассеянном свету и делают вывод о влиянии интенсивности света на фотосинтез. Данные заносят в таблицу.

Таблица 3

	Количество пузырьков в минуту			
	1 опыт	2 опыт	3 опыт	Среднее
Яркий свет				
Рассеянный свет				

### Опыт б). Влияние различных лучей спектра на фотосинтез.

Известно, что не все лучи видимого света имеют одинаковое значение для процесса фотосинтеза. В опыте определяют, в каких лучах спектра фотосинтез идет наиболее интенсивно.

1) Берут банки одинаковой формы и объема и наливают в них растворы химических веществ, которые служат цветными экранами. В качестве таких веществ используют: а) раствор биохромата калия, который поглощает сине-зеленую часть спектра и пропускает красную, б) 4% аммиачный раствор медного купороса, который поглощает красную и пропускает сине-фиолетовую часть спектра (для приготовления раствора 4% раствор медного купороса насыщают аммиаком пока образовавшийся вначале осадок не растворится и жидкость не станет сине-фиолетовой), в) чистую воду – бесцветный экран;

2) в этих банках с помощью проволоки укрепляют пробирки. В пробирку вносят побег элодеи и, когда установится равномерный ток пузырьков газа, производят их подсчет за 1 минуту. При этом сначала пробирку с веточкой опускают в банку с чистой водой – бесцветный экран, потом – медный купорос – синий экран, снова бесцветный и т.д. В каждом случае производят несколько подсчетов и берут среднее значение. Данные заносят в таблицу 4.

Таблица 4

№№ п/п	Лучи спектра	Количество пузырьков газа в 1 минуту		
		2	3	среднее
1.	Белые			
2.	Красные			
3.	Синие			

При этом в 1 и 2 случаях наблюдается наиболее энергичное выделение пузырьков, а в 3 – очень малое.

Сделать вывод о том, в каких лучах наблюдается наиболее высокая интенсивность фотосинтеза.

*Опыт в). Влияние температуры на процесс фотосинтеза.*

Интенсивность фотосинтеза зависит от температуры окружающей среды. Низкая температура замедляет фотосинтез, а с повышением ее интенсивность фотосинтеза возрастает.

1) Пробирку с веткой элодеи помещают в банки с водой разной температуры: 10°, 15°, 25°;

2) проводят наблюдения на прямом и рассеянном свете. Сравнивают количество выделенных за 1 минуту пузырьков при разных температурах и делают вывод о влиянии температуры на интенсивность фотосинтеза. Данные заносят в таблицу 5.

Таблица 5

№№ п/п	Температура	Количество пузырьков газа за 1 минуту		
		2	3	среднее
1.	10°			
2.	15°			
3.	25°			

*Вопросы для обсуждения.*

1. Значение света для растений.
2. Влияние света на распространение растений. Фотопериодизм.
3. Свет и фотосинтез: а) пигменты пластид и их функции, б) световые и темновые фазы фотосинтеза, в) особенности C<sub>4</sub> и САМ-путей фотосинтеза.
4. Продуктивность фотосинтеза.
5. Зависимость фотосинтеза от интенсивности света ("световая кривая" фотосинтеза).
6. Анатомическое строение листьев гелиофитов и сциофитов.
7. Физиологические адаптации к условиям освещения.
8. Сезонные адаптации к световому режиму (эфemerность).
9. Изменчивость отношения растений к свету.

**Занятие 3. Тепло как экологический фактор.**

*Оборудование и материалы.*

1. Микроскопы.
2. Микропрепараты: поперечный срез хвои сосны.
3. Гербарий: багульник, вереск, дриада, осоки, овсяница пестрая, белоус, гипсолубка, смолевка

бесстебельная, камнеломки, юринелла, полярная ива, береза, брусника и др.

#### 4. Таблицы.

##### *Общие замечания.*

Тепло влияет на рост и развитие растений, на ход их жизненных процессов. Разнообразие тепловых условий на Земле в значительной степени обуславливает географическое распространение растений, а изменение температурного режима в течение года определяет сезонные изменения у растений.

По отношению к температуре различают растения термофильные, криофильные и мезотермные. *Термофитами* являются растения жарких тропических районов. Они гибнут уже при 0°C и способны переносить очень высокую температуру (верблюжья колючка – до +70°C). Но большинство растений не переносят даже +40°C, а при 45-50°C многие погибают. Это объясняется во многом отравляющим действием аммиака, который накапливается в тканях при распаде белков и аминокислот, а также токсическим действием других веществ, отравляющих цитоплазму. При температуре от +50°C и выше происходит свертывание цитоплазмы, что ускоряет процесс отмирания. У жаростойких же растений лучше проявляется способность накапливать органические кислоты, которые связывают аммиак, делая его неопасным для растений. У термофильных растений эволюционно выработались разнообразные адаптации, помимо жаростойкости клеток и тканей, служащие для предотвращения перегрева. Это густое опушение, появление эфирных железок (эфирные масла, испаряясь в жару, охлаждают растения), блестящая поверхность листьев, уменьшение поверхности, поглощающей радиацию (редукция листьев). Среди физиологических адаптации следует указать на высокую транспирацию, высокое содержание защитных веществ (слизей, органических кислот), сдвиги температурного оптимума активности важнейших ферментов, переход в состояние покоя и др. Жароустойчивость растений во многом зависит от продолжительности действия высоких температур: кратковременное влияние высоких температур так же губительно, как продолжительное действие менее высоких температур.

В группе *криофилов* выделяют *криофиты* – растения холодных и сухих местообитаний и *психрофиты* – растения холодных и влажных местообитаний (северных широт и высокогорий), хотя резкой грани между этими группами нет. Растения способны переносить очень сильные морозы до -70°C. Такая высокая морозоустойчивость обеспечивается их способностью проходить закаливание, а также зависит от происхождения вида. Например, выходцы с востока обычно более морозостойки, чем виды западные или южные. При закаливании в надземных органах растений обычно откладываются сахара и масла, а в подземных – крахмал. Их растение использует в течение зимы на дыхание, а в начале весны на рост. В процессе закаливания растений происходят и другие изменения – вода в цитоплазме переходит в связанную форму, что также повышает морозостойкость. Но, помимо физиологических адаптации, у растений имеется целый ряд анатомо-морфологических особенностей, помогающих выжить зимой. Это особые формы роста (подушковидные, стелющиеся, низкорослые), контрактильные корни, листопадность, развитие мощного слоя пробки, опушение и засмоление почечных чешуи, белоствольность, а у вечнозеленых растений – жестколистность, толстая кутикула, свертывание листьев и др. Многие из названных признаков являются признаками ксероморфной структуры. Это объясняется тем, что опасность низких температур для растений проявляется не только в том, что образование кристаллов льда механически повреждает цитоплазму клетки, но и вытягивает воду из клетки и обезвоживает цитоплазму, что было показано исследованиями Н.А. Максимова. Но и при менее низких температурах холод неблагоприятно сказывается на растениях, т.к. тормозит основные физиологические процессы. Отрицательное действие холода усиливается при увеличении продолжительности его воздействия.

##### *Выполнение работы*

###### *1. Строение хвои сосны.*

На поперечном срезе хвои сосны изучают признаки ксероморфной структуры в строении листьев растений-психрофитов. Сначала рассматривают срез при малом увеличении и зарисовывают его контуры. В центральной части листа, окруженной эндодермой, расположены два проводящих пучка. Мезофилл листа пронизан смоляными ходами. Затем рассматривают лист при большом увеличении: защитный покров хвои состоит из двух слоев клеток - эпидермы и гиподермы. Эпидерма покрыта толстым слоем кутикулы. Все стенки клеток эпидермы сильно утолщены. У старых листьев стенки клеток эпидермы одревесневают. Гиподерма состоит из одного, в углах двух-трех слоев клеток с утолщенными одревесневевшими стенками. Устьица располагаются в углублениях на уровне гиподермы. Под устьицами имеются большие воздушные полости. Под гиподермой находится мезофилл, состоящий из однородных клеток. Обращают внимание на то, что стенки клеток местами врастают в полость клетки, образуя складки (складчатая паренхима). Это значительно увеличивает площадь прилегающего к стенке слоя цитоплазмы с хлоропластами, а, следовательно, и ассимилирующую поверхность. Складчатая паренхима пронизана многочисленными смоляными ходами. Смоляные ходы внутри выстланы тонкостенными клетками, выделяющими внутрь смолу, а снаружи имеют обкладку из тонкостенных клеток. В центре хвои между проводящими пучками расположена механическая ткань – склеренхима. Остальное пространство центральной части занято толстостенными паренхимными клетками.

На схематичном рисунке хвои обозначают: эпидерму, устьичный аппарат, гиподерму, складчатую паренхиму, смоляные ходы, эндодерму, проводящие пучки, склеренхиму, паренхиму центральной части.

###### *2. Морфологический анализ криофильных растений.*

На гербарном материале внимательно изучают внешний облик растений, отмечают характерную жизненную форму (растение-подушка, стланник, карликовость растения – нанизм). Затем рассматривают особенности строения корневых систем, стеблей, листьев. Отмечают признаки, обеспечивающие холодостойкость растений: мелколистность, опушение, смоляные пробки, толстая кутикула, кожистость листьев и др.

### 3. *Определение жаростойкости растений.*

Для выполнения опыта необходимы: 0,2 НСl раствор соляной кислоты, подогретая водяная баня, термометр, пинцет, кристаллизатор.

- 1) Нагреть водяную баню до 40°C и опустить в воду листья испытуемых растений на полчаса;
- 2) взять первую пробу листьев на жаростойкость и поместить их в кристаллизатор с холодной водой;
- 3) поднять температуру воды в бане на 5°C и через 5 минут взять вторую пробу листьев, перенести их в холодную воду;
- 4) поднимать постепенно температуру до 60°C и брать пробы через каждые 5°C;
- 5) холодную воду в кристаллизаторе заменить 0,2 НСl раствором соляной кислоты и через 20 минут учесть результаты. Живые листья жаростойких растений остаются зелеными, а мертвые бурют. Различную степень повреждения определяют по появлению на листьях большего или меньшего числа бурых пятен;
- 6) составить таблицу, характеризующую степень жаростойкости исследованных растений;

Таблица 1

№ п/п	Исследуемые растения	40°	45°	50°	55°	60°	Степень жаростойкости
1.							
2.							

Сделать вывод о степени жаростойкости исследованных растений.

7) отметить характерные анатомо-морфологические признаки жаростойкости растений (густое опушение, блестящая поверхность листьев, свертывание листовых пластинок, редукция листьев и др.).

Этот метод основан на свойстве цитоплазмы противостоять действию в высокой температуры. При отмирании клетки проникающая в нее соляная кислота вытесняет магний из молекулы хлорофилла и образуется феофитин, который придает бурую окраску тканям листа, что и служит критерием повреждения цитоплазмы. У растений с кислым клеточным соком побурение может происходить и без обработки соляной кислотой, т.к. клеточный сок проникает в мертвую цитоплазму и под действием его кислотности происходит образование феофитина.

### *Вопросы для обсуждения.*

1. Как влияет температура на различные процессы жизнедеятельности растений?
2. В чем причины гибели растений от низких температур?
3. Каковы адаптации растений к холоду?
4. Закаливание растений, его стадии, значение.
5. Покой растений, его фазы и значение глубокого покоя.
6. В чем опасность для растений высоких температур?
7. Анатомо-морфологические и физиологические адаптации растений к высоким температурам.
8. Экологические группы растений по отношению к температуре.
9. Психрофиты, характер их адаптации к среде.
10. В чем причины ксероморфной структуры психрофитов.
11. Термоустойчивость, ее компоненты.
12. Что такое зимостойкость растений?

## Занятие 4. **Вода как экологический фактор.**

### *Оборудование и материалы:*

1. Микроскопы
2. Микропрепараты: поперечный срез липы, ковыля, поперечный срез стебля рдеста.
3. Гербарий растений склерофитов: (полынь, верблюжья колючка, ковыль, иглица, метельник, аспарагус, эremosпартоп и др.) и гигрофитов (кислица, калужница, недотрога и др.).

### *Общие замечания.*

У растений в процессе эволюции выработались многообразные черты приспособления к условиям увлажнения. По отношению к влажности различают следующие основные группы растений.

*Гидрофиты* (от греч. гидор - вода) - растения, приспособившиеся к водному образу жизни и растущие полностью или частично погруженными. В узком смысле гидрофитами называют только

полупогруженные, т.е. живущие и в водной и в воздушной среде. Полностью погруженные называют гидатофитами. К экологической группе гидрофитов относятся кувшинки, кубышки, рдесты, лотосы, стрелолисты, ряски и др. гигрофиты (от греч. гигра - влага) - растения, обитающие при повышенной влажности, преимущественно атмосферной. Они встречаются часто на заливных лугах, болотах, вдоль рек и озер, и сырых тенистых местах леса. К ним можно отнести чистяк лютичный, калужницу болотную, болотную фиалку, сердечник луговой и др.

Мезофиты (от греч. мезос - средний) - растения умеренно увлажненных местообитаний. К мезофитам относятся луговые травы (клевер средний, клевер ползучий, лисохвост, тимофеевка, ежа сборная и др.), большинство лесных трав (ландыш, зеленчук, адамов корень и др.), многие лиственные деревья (клен, липа, вяз), а также многие культурные (рожь, картофель, капуста, яблоня, смородина и др.) и сорные растения (крапива, осоты, звездчатка и др.).

Ксерофиты (от греч. ксерос - сухой) - растения, приспособившиеся к значительному постоянному или временному недостатку влаги в почве или в воздухе. Они широко распространены в степях, полупустынях и пустынях. Все ксерофиты подразделяются на две группы - суккуленты и склерофиты.

Суккуленты (от лаг. суккулентус - сочный, толстый) - это многолетние растения с сочными, мясистыми стеблями, (стеблевые суккуленты) или листьями (лиственные суккуленты), в которых запасается вода. К стеблевым суккулентам относятся представители семейств Кактусовые, Молочайные, Ластовневые, к листовым - многие виды семейств Агавовые, Толстянковые, Лилейные.

*Склерофиты* (от греч. склерос – жесткий) – растения засушливых местообитаний, имеющие суховатые, жесткие листья с плотной кутикулой и опушением или с редуцированными листьями. К склерофитам относятся ковыли, джугун, испанский дрок, эфедра, олеандр, иглица и др.

Приспособление к недостатку или избытку влаги вызывает те или иные отклонения от средней нормы, т.е. представители каждой экологической группы имеют черты анатомической, морфологической структуры, различаются и своими физиологическими адаптациями.

Таблица 1

Характерные признаки ксерофитов, гигрофитов, гидрофитов

Экологические группы	Ксерофиты	
	Склерофиты	Суккуленты
Признаки		
Корневая система	Имеет большой объем, мощная, часто уходит на большую глубину. Иногда имеются «корневые шишки».	Слабая, лежит в поверхностных слоях почвы. Быстро растет, но в засуху часто отмирает.
Стебли	Твердые, жесткие, обычно одревесневают. Часто низкорослы.	У листовых — развиты слабо, у стеблевых — выполняют функцию фотосинтеза. Как правило, голые, покрытые, толстым эпидермисом, кутикулой и восковым налетом.
Листья	Кожистые, плотные, жесткие, часто редуцированы, редко листья мягкие, мелкие, или сильно рассеченные, часто опушенные. Устьица мелкие, часто погруженные. Внутренние ткани листа мелкоклеточны и с мелкими межклетниками склерофицированы. Кутикула хорошо развита. Сильно развита склеренхима (тяжи или слои, прилегающие к эпидерме), иногда весь лист превращен в колючку. Ассимилирующие ткани представлены многорядной палисадной паренхимой. У многих склерофитных злаков способны к свертыванию в трубку при недостатке влаги – благодаря особой анатомической структуре (моторные клетки).	У стеблевых превращены в колючки или чешуйки. У листовых – мясистые, толстые, при сравнительно большом объеме имеют малую поверхность. Устьиц мало, они часто погружены в ткань листа и большую часть времени закрыты.  Кутикула толстая, есть восковой налет.  Ассимилирующие ткани представлены губчатой паренхимой. Развита водозапасающая паренхима.
Физиологические адаптации	Высокое осмотическое давление. Высокая вязкость и эластичность цитоплазмы. Низкая транспирация или колебания ее интенсивности. Особые ритмы сезонного развития с периодом летнего покоя.	Низкое осмотическое давление. Низкая транспирация. САМ - путь фотосинтеза. Большое количество связанной воды. Медленный рост и слабая конкурентоспособность.
	Гидрофиты	Гигрофиты

Корневая система	Слабо развита вплоть до полного исчезновения у отдельных видов. Ее функцию иногда выполняют толстые и прочные корневища	Слабо развита, без корневых волосков. Иногда есть «дыхательные» корни.
Стебли	Имеют хорошо развитую систему воздушных полостей, аэренхиму. Хорошо развита сосудисто-волокнистая система. Слабо развиты механические ткани. Элементы механических тканей располагаются в центральных частях стебля, обеспечивая гибкость и прочность	Хорошо развита сосудисто-волокнистая система, что обеспечивает быструю подачу воды к надземным органам. Развита система воздушных полостей, у некоторых хорошо развита аэренхима.
Листья	Тонкие, крупные, часто рассечены на нитевидные доли. Покрываются слизью. Выражена гетерофилия. Слабо развит эпидермис, нет кутикулы. У погруженных листьев мезофилл не дифференцирован на палисадный и губчатый, сильно развиты межклетники. У погруженных листьев сильно развиты межклетники, отсутствуют устьица, у плавающих - устьица расположены на верхней стороне листовой пластинки. У плавающих листьев ярко выражена световая структура.	Крупные, широкие, с хорошо развитой хлоренхимой. Нет кутикулы и опушения. Мало устьиц, большей частью они широко открыты. Имеются гидатоды, через которые удаляется избыточная вода при гуттации. Столбчатая паренхима не развита, губчатая - с крупными межклетниками, которые создают большую испаряющую поверхность.
Физиологические адаптации	Очень низкое осмотическое давление. У погруженных листьев нет транспирации, но есть гуттация. У плавающих листьев транспирация очень высокая. Фотосинтез у погруженных растений резко снижается с глубиной. Световая кривая фотосинтеза с низким плато насыщения. Наблюдается явление хроматической адаптации.	Низкое осмотическое давление. Очень высокая транспирация. Высокая оводненность тканей. Низкая водоудерживающая способность. Способность к гуттации.

#### *Выполнение работы.*

##### *1. Строение листьев склерофитов.*

На примере листа ковыля изучают признаки ксероморфной структуры. На микропрепарате поперечного среза листа ковыля при малом увеличении видно, что верхняя сторона листовой пластинки гофрирована. Одни ребра более крупные, другие - мелкие. Нижняя сторона листа всегда гладкая. На нижней стороне листа под эпидермой залегает многослойная склеренхима - механическая ткань. Она входит и в крупные ребра и на поперечном срезе тяжи склеренхимы имеют вид двутавровых балок, что придает листу прочность. При большом увеличении видно, что эпидерма покрыта кутикулой, особенно толстой с нижней стороны. На верхней эпидерме имеются простые волоски. Все устьица расположены на верхней стороне листа (на боковых сторонах крупных ребер в углублениях) и защищены волосками. В углублениях между ребрами находятся моторные (или шарнирные) клетки - большие тонкостенные живые клетки, способные изменять объем. При уменьшении тургора они спадаются, что способствует свертыванию листа в трубку, при этом устьица оказываются внутри замкнутой полости, что ведет к снижению транспирации. Мезофилл листа состоит из однородных паренхимных клеток (изолатеральные листья). Проводящие пучки окружены обкладочными клетками, в которых собираются продукты фотосинтеза.

Зарисовывают схематично контуры листа и расположение отдельных тканей. Обозначают ребра (крупные и мелкие), эпидерму, склеренхиму, проводящие пучки с обкладочными клетками, моторные клетки, мезофилл.

##### *2. Строение стебля гидрофитов.*

На примере стебля рдеста изучают строение стебля гидрофитов. На микропрепарате поперечного среза стебля водного растения рдеста видна система хорошо развитых межклетников, через которые органы, погруженные в воду, снабжаются кислородом. Система межклетников образует хорошо выраженную аэренхиму - воздухоносную ткань, которая, кроме аэрации органов гидрофитов, обеспечивает им и хорошую плавучесть. Аэренхима в стебле рдеста расположена под тонкой эпидермой. Механические элементы и проводящие пучки сосредоточены в центре стебля, что обеспечивает им способность изгибаться при движениях воды.

Зарисовывают схематично поперечный срез стебля рдеста. Обозначают эпидерму, аэренхиму с крупными межклетниками в первичной коре, кольцо механической ткани, сосуды центрального цилиндра.

##### *3. Морфологические особенности склерофитов и гидрофитов.*

На гербарном материале изучают морфологическую структуру корневых систем, стеблей и листьев различных склерофитов и гидрофитов. Отмечают следующие признаки склерофитов - сильное развитие корневой системы (полынь, василек песчаный, верблюжья колючка), листья мелкие, узкие (ковыль), часто

рассеченные (полынь) или редуцированные (метельник, эremosпартон), иногда функцию листа выполняют черешки (аспарагус) или фотосинтезирующие стебли (метельник, иглица), листья часто опушены (полынь, василек), могут свертываться в трубку (ковыль).

Характерные признаки гигрофитов: слабые корневые системы (недотрога), тонкие, крупные, мягкие и нежные листья (калужница и др.).

#### *Вопросы для обсуждения.*

1. Значение воды в жизни растений.
2. Водный режим растений. Интенсивность, продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент.
3. Водный баланс растений. Основные его типы.
4. Почему у склерофитов очень глубокие корневые системы, а сами они низкорослы?
5. Почему у склерофитов листья очень разнообразны: могут быть с мягкими пластинками, редуцированными до чешуек или видоизмененными в колючки?
6. Почему растение-склерофит, утратившее листья ради экономии воды, развивает широкие листовидные стебли (иглица) или черешки (акация)?
7. Почему у многих склерофитов есть длительный период летнего покоя или "жаропокоя" (джузгун, астрагалы)?
8. Какие приспособления есть у суккулентов для снижения транспирации?
9. Почему стебли и листья гидрофитов очень гибкие и прочные и чем это достигается?
10. Почему у гидрофитов слабо развиты корни?
11. Почему рост надземных частей растений идет в основном ночью?

#### **Занятие 5. Почвенные факторы в жизни растений.**

##### *Оборудование и материалы.*

1. Коллекция плодов и семян анемохорных растений.
2. Гербарный материал: солянки, сведа, солерос, петросимония, тамарикс, франкения, полыни, лох, вьюнок персидский, джузгун безлистный, песчаная акация, осока вздутая, мать-и-мачеха, горчица отиток едкий, щавель, вереск, белоус, лютик едкий, колосняк, сфагнум и др.

##### *Общие замечания.*

Из химических почвенных факторов для растений очень существенна реакция почвенного раствора, или степень кислотности, т.к. она определяет доступность для растений многих макро- и микроэлементов, влияет на протекание обменных реакций, а также состав и жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. Растения, произрастающие на щелочных почвах, называются *базифилами*, на кислых почвах – *ацидофилами*, на нейтральных – *нейтрофилами*. Базифилы и ацидофилы могут служить индикаторами кислотности почв.

На жизнедеятельность растений влияет и засоленность почвы. Растения засоленных почв – галофиты приспосабливаются к высокому содержанию солей в почве благодаря наличию ряда анатомо-морфологических особенностей. В зависимости от путей адаптации к засолению выделяют несколько групп галофитов. *Эугалофиты*, или настоящие солянки, которые благодаря повышенной проницаемости клеток для солей накапливают их до 10% без вреда для себя. Они имеют характерный внешний облик: многие имеют суккулентные черты – мясистые членистые фотосинтезирующие стебли, очень мелкие, редуцированные, или утолщенные – суккулентные листья, крупные клетки. *Криногалофиты*, способные избыток солей выделять наружу в виде солевого раствора или через особые железки на листьях. И, хотя проницаемость цитоплазмы для солей у них высока, но они содержат в своем теле меньше солей, чем эугалофиты. Иногда криногалофиты избавляются от избытка солей путем сбрасывания листьев (франкения, лимониум, статице). *Гликогалофиты* – солепроницаемые растения, т.к. корневая система их малопроницаема для солей и соли в тканях не накапливаются. Многие из них имеют склероморфный облик. Иногда к этим трем группам добавляют еще "солелокализирующие" галофиты, у которых соли локализуются в пузырьвидных волосках листьев, и псевдогалофиты – растения, избегающие засоления благодаря глубокой корневой системе. Особую группу составляют приморские галофиты, растущие на засоленных приморских песках, - галопсаммофиты, имеющие ксероморфные черты (колосняк гигантский, вьюнок персидский). Растения-галофиты используются для индикации засоления почвы, которая проводится по появлению галофитов, их обилию, по количественному соотношению разных групп галофитов,

Для нормальной жизнедеятельности растений необходимы макроэлементы (азот, калий, фосфор, кальций, магний и др.) и микроэлементы (бор, медь, цинк и др.). Растения, требовательные к повышенному содержанию азота, называются *нитрофилами*. К ним относятся многие рудеральные, или мусорные растения, произрастающие там, где есть дополнительные источники органических отходов (чистотел, щирица, крапива и др.). При недостатке азота у растений появляются признаки внешнего облика в анатомическом строении, отчасти напоминающие ксероморфоз. Они получили название пейноморфоза.

На жизнедеятельность растений влияет и механический состав почвы. Растения сыпучих песков – *псаммофиты* имеют ряд адаптации для существования в условиях особого теплового режима (резкие суточные колебания температуры), неблагоприятного водного режима, низкого содержания солей и

органических веществ, большой подвижности, сыпучести, бесструктурности субстрата. Поэтому псаммофиты имеют ряд адаптаций для защиты от погребения под слоем песка (быстрый рост и способность образовывать придаточные корни, устойчивость семян к высокой температуре и способность даже при засыпании песком долго сохранять жизнеспособность), для защиты от возможного оголения корней (образование на них защитных футляров из пробковой ткани или из песчинок – корневых чехликов), для закрепления в подвижном субстрате (длинная, сильно разветвленная корневая система экстенсивного типа), для распространения ветром плодов и семян (перистые ости, парусные выросты), для экономного расходования воды (суккулентность, беслистные фотосинтезирующие стебли, сбрасывание листьев и сочных ветвей в жаркое время, мощные, глубокие корневые системы).

*Выполнение работы.*

#### *1. Морфологические особенности галофитов.*

На гербарном материале изучают характерные черты морфологии различных галофитов. Отмечают у эугалофитов суккулентные черты строения (редукция листьев, мясистые, членистые, фотосинтезирующие стебли), у гликогалофитов — склероморфные (рассеченные листья или их нет, наличие воскового налета, опушения, мощная корневая система). Делают эколого-морфологическое описание растений галофитов по следующему плану: жизненная форма, характер роста и расположения подземных и надземных органов, высота и толщина стебля, особенности строения листовой пластинки (форма, цвет, длина, ширина, толщина), характер строения эпидермиса (степень развития кутикулы или волосков, восковой налет), особенности строения плодов.

*2. Морфологические особенности псаммофитов.* Изучив гербарный материал, отмечают особенности строения корневых систем псаммофитов (корневые чехлики, несколько ярусов корней, поверхностная корневая система), ксероморфные признаки в строении листьев (густое опушение, восковой налет, редукция листьев и др.). Рассмотрев коллекцию плодов псаммофитов, отмечают их особенности, способствующие распространению с помощью ветра (анемохория). Делают морфолого-экологическое описание растений псаммофитов.

*Вопросы для обсуждения.*

1. Экологическое значение кислотности почвенного раствора.
2. Влияние на растения засоления почв.
3. Галофиты, их группы. Экологические особенности галофитов.
4. Влияние на растения механического состава почвы.
5. Экологические особенности псаммофитов.
6. Растения – индикаторы почвенных условий.

### **Занятие 6. Биотические факторы.**

*Оборудование и материалы.*

1. Лупы.
2. Коллекция плодов зоохорных растений.
3. Гербарий (лишайники, повилыка, вьюнок, хмель, росянка и др.).

*Общие замечания.*

На жизнь растений влияют не только абиотические факторы, но и живущие рядом с ними растения, животные и микроорганизмы, а также человек. Влияние сообитателей сообществ выделяют в группу биотических факторов. Это влияние может осуществляться в форме прямого или косвенного действия, носить положительный или отрицательный характер. Все многообразие взаимоотношений между растениями (фитогенные факторы) подразделяется на прямые взаимоотношения (механические и физиологические), косвенные трансбиотические и косвенные трансбиотические. Примеры прямых механических взаимоотношений - растения эпифиты и лианы. *Эпифиты* – автотрофные растения, поселяющиеся на других растениях и использующие их только как субстрат. Они широко распространены в условиях теплого влажного климата тропиков и субтропиков. Эпифитами являются лишайники, поселяющиеся на коре деревьев и представляющие собой симбиоз гриба и водоросли (пример прямых физиологических взаимоотношений). *Лианы*, как и эпифиты, используют в качестве опоры стволы деревьев и кустарников для роста вверх, к свету. Хотя взаимоотношения лиан с растением-опорой рассматривают как комменсализм, но, безусловно, лианы влияют на растение-опору и непосредственно (создавая нагрузку на стволы деревьев), и косвенно (через изменение окружающей среды). Для прикрепления к растению-опоре лианы имеют различные приспособления: усики (виноград, тыква), воздушные корни (филлодендрон), присоски (плющ, камписис), колючки (ежевика) и др. Прямые физиологические взаимоотношения между организмами проявляются в форме симбиоза и паразитизма. Симбиоз микроскопических грибов и корней вивших растений представляет собой *микориза*. При этом высшее растение благодаря микоризе использует огромную всасывающую поверхность гриба для поглощения воды, фосфора и других элементов. Поэтому микориза очень широко распространена (ее имеют до 79% растений), а многие растения не могут расти без нее (орхидеи, ель, сосна, дуб и др.). Симбиоз высших растений с бактериями – *бактериотрофия* – также широко распространён в природе. Хорошо известны бактерии-азотфиксаторы, образующие клубеньки на корнях бобовых. *Паразитизм* связан с переходом растений к гетеротрофному питанию. На сорных местах

повсеместно распространена повилика, паразитирующая на крапиве, льне, клевере и многих других растениях.

Взаимоотношения растений и животных (зоогенные факторы) осуществляется в основном через пищевые цепи: продуценты-консументы. Животные-фитофаги оказывают огромное влияние на растительный покров. Особенно сильное воздействие происходит, когда фитофаги объедают листья растений (шелкопряды, насекомые-листовертки, лоси) и корни (кроты и другие землерои), что сокращает фотосинтез и сильно ослабляет растения. У растений выработались механизмы, снижающие вред, наносимый фитофагами: выработка ядовитых или отпугивающих веществ (репелентов), выделение смол и камедей, образование каллюсов, "вооруженные" плоды и др. Тропические связи животных с растениями проявляются в устройстве ими на растениях гнезд, в использовании дупел деревьев и т.п. Важнейшими формами взаимодействия растений и животных являются зоохория и энтомофилия. *Зоохория* – распространение плодов и семян растений животными. У *эпизоохорных* растений плоды "вооруженные" (с шипами, колючками, прицепками, выростами), которые разносятся на поверхности тела животных. *Эндозоохорные* растения имеют плоды с яркой окраской и сочным околоплодником. *Энтомофилия* – опыление растений насекомыми. Сопряженная эволюция цветковых растений и насекомых выработала множество приспособлений для привлечения к цветам насекомых, и, с другой стороны, предохраняющих цветки от самоопыления. Не только животные питаются растениям. Как хищники проявляют себя и некоторые растения. Росянка, адьдрованда, непентес и другие *насекомоядные растения* привлекают насекомых с помощью сладкого секрета, а затем переваривают попавшееся насекомое под действием ферментов многочисленных желез. Большинство насекомоядных растений встречается на бедных азотом почвах, иногда - в водоемах.

#### *Выполнение работы.*

##### *1. Морфологические особенности растения-паразита повилики.*

На гербарном материале изучают внешнее строение повилики. Отмечают желтоватую или красноватую окраску тела, отсутствие корней. Обращают внимание на присоски, которыми повилика плотно присасывается к телу растения-хозяина. Рассматривают в лупу красноватые чешуйки на стебле – редуцированные листья, и мелкие белые, собранные в соцветия цветки. Зарисовывают повилику и растение-хозяин.

##### *2. Экологические особенности энтомофильных растений.*

Изучив гербарий различных энтомофильных растений, выявляют разнообразие приспособлений растений для привлечения насекомых. Записывают характер приспособлений и названия растений, имеющих их.

##### *3. Зоохорные растения.*

Рассмотрев коллекцию плодов и семян, отмечают особенности плодов эпизоохорных растений (шалфея, липучки, лопуха, якорцев и др.) и эндозоохорных растений (калины, бересклета, бирючины и др.). Рассматривают в лупу плоды фиалки или хохлатки, имеющие особые, съедобные для муравьев выросты – элайсомы. Зарисовывают плоды и семена, имеющие приспособления для распространения насекомыми.

##### *4. Насекомоядное растение росянка.*

Внимательно рассматривают гербарный экземпляр росянки. Обращают внимание на мелкие, округлые, красноватые листья, покрытые многочисленными чувствительными волосками-щетинками (щетинка-ножка с головкой, в которой находилась жидкость). Волоски служат у росянки ловчим аппаратом: реагируют на прикосновение или химические раздражители. Прикоснувшись к щетинкам, насекомое вязнет в липкой жидкости, щетинки сгибаются у основания и лист складывается по центру. Насекомое переваривается под действием пищеварительного фермента, а затем лист вновь раскрывается. Зарисовывают внешний вид растения и строение щетинки.

##### *5. Редкие и исчезающие виды растений Дагестана.*

Изучают по рисункам и таблицам внешний вид редких и исчезающих видов растений Дагестана, занесенных в Красную книгу РД. Составляют эколого-морфологическую характеристику 2-3 редких эндемичных растений своего района.

#### *Вопросы для обсуждения.*

1. Основные формы взаимоотношений между растениями.
2. Экологические особенности лиан и эпифитов.
3. Экологические особенности растения-паразита повилики и его хозяина.
4. Фитофагия. Адаптации растений, препятствующие поеданию и повреждению животными.
5. Экологические особенности эпизоохорных и эндозоохорных растений.
6. Энтомофилия. Разнообразие приспособлений растений к привлечению насекомых.
7. Основные формы косвенных взаимоотношений между растениями. Аллелопатия. Средообразующее влияние растений.
8. Основные формы влияния человека на растительный покров.
9. Редкие и исчезающие виды флоры Дагестана.

## **Занятие 7. Экологические группы растений Дагестана.**

### *Оборудование.*

## Гербарий растений Дагестана.

### *Общие замечания.*

Разнообразная флора Дагестана (более 4000 видов) включает почти все известные экологические группы растений. Причинами этого являются:

1. Большое разнообразие природных условий республики, где четко выражена вертикальная поясность, сильно расчленен рельеф, пестрый состав почв и т.п.

2 Флора Дагестана формировалась как из местных кавказских, в том числе дагестанских видов, так и из видов других географических регионов.

В Низменном равнинном Дагестане с засушливым климатом развита преимущественно полупустынная растительность. Здесь широко представлены типичные ксерофиты (склерофиты) и галохсерофиты, приуроченные к засоленным почвам, такие, как полынь белая, полынь таврическая, кохия стелющаяся, ковыли, петросимонии, солянки (мясистая, древесная, содовая), сведы, солеросы, франкения и др. На подвижных и малоподвижных песках Низменного Дагестана широко распространены псаммофиты: вьюнок персидский, полынь песчаная, рожь лесная, колосняк кистистый, ситник береговой, кумарчик песчаный, донник каспийский, кохия шерстистоволосистая и др. На засоленных песках встречаются и кустарники: тамарикс многоветвистый, лох узколистный, джугун безлистный, селитрянка Шобера и др. Наряду с ксерофитами, галофитами и псаммофитами в Низменном Дагестане распространена и водно-болотная растительность, приуроченная к заболоченным низинам побережий Кумы, Терека, Сулака, Акташа, Акса с типичными гигро- и гидрофитами: тростником, рогозами, камышами, роголистниками, рдестами, кувшинками, рясками и др. На приплавневых лугах распространены мезофиты: мятлик луговой, осоки, алтей лекарственный, подмаренник болотный и др. Здесь встречаются и редкие термофильные злаки – эриантус Ровенны и императа цилиндрическая. В травяном покрове лесов встречаются растения – сциофиты: подлесник европейский, осока лесная, кирказон обыкновенный, гравилат городской и др. А для лесов низовий Самура характерно обилие лиан, таких, как ежевика кровавая, сассапарель высокий, виноград лесной, жимолость каприфоль, хмель, повой, ломоносы, марена грузинская и др. На вырубках, возникших под влиянием антропогенных воздействий появляются и широко распространяются сорные растения. В их числе свинорой, пырей ползучий, куриное просо, марь белая, бешеный огурец, канатник Теофраста, вьюнок полевой и др. (более 600 видов).

Во Внешнегорном Дагестане с умеренно теплым климатом и 360-600 мм осадков в год представлены разнотравно-полынно-злаковые степи и заросли ксерофитных кустарников. Типичными склерофитами являются синаголовник Биберштейна, дубровник белойочный, держи-дерево, вишня седа, миндаль низкий, жестер Палласа и др. На каменистых склонах предгорий растут литофиты: дуб пушистый и скальный, скумпия кожевникая, кизильник кистецветный, можжевельник продолговатый. А на известняках в районе Талгов – базифилы: груша иволистная, сумах дубильный, шалфей дагестанский, катран бугорчатый, гипсолюбка головчатая и др. Весной в условиях достаточного увлажнения и освещения здесь обычны эфемеры и эфемероиды: мятлик луковичный, люцерна маленькая, бурачок пустынный, костер японский, а в дубовых лесах предгорий - пролеска сибирская, хохлатка таркинская, чистяки и др. В травяном покрове буковых и буково-грабовых лесов (выше 500м) распространены тенелюбивые растения - сциофиты: подлесник европейский, купена кавказская, адамов корень, шалфей клейкий, валериана липолистная, герань Роберта, ландыш закавказский, толстостенка широколистная, купена кавказская и др.

В Нагорном Дагестане с сухим континентальным климатом представлены горные степи, леса из березы и сосны, субальпийские и альпийские луга, большие площади занимают скалы и осыпи. Из растений Нагорного Дагестана многие относятся к таким экологическим группам, как ксерофиты, литофиты, хасмофиты, психрофиты, базифилы. Среди нагорных ксерофитов много эндемов Дагестана. Это, например, ячмень дагестанский, люцерна дагестанская, колокольчик дагестанский, копеечник дагестанский, скабиоза гумбетовская, юринея Рупрехта, а также занесенные в "Красную книгу" ромашник Акинфиева, эдрайант Оверина. На щебнистых склонах южного сланцевого Дагестана преобладают хасмофиты, среди которых трагакантовые астрагалы, шалфей Беккера, акантолимон шемахинский. В зарослях рододендрона, занимающих большие площади по северным склонам Андийского, Аварского Койсу и Самура, распространены психрофиты: черника, водяника, папоротники и мхи. На сухих почвах, преимущественно южных склонов развиты субальпийские остепененные луга и степи с криофитами: осочка низкая, овсяница пестрая, тонконог кавказский и др. На субальпийских лугах широко распространены мезофиты: вейник тростниковый, клевера (розовый, луговой, волосистоголовый), лядвенец кавказский, буквица крупноцветная, девясил восточный, герани и др. На альпийских лугах на маломощных торфянистых почвах произрастают криофильные растения: манжетка кавказская, тмин кавказский, подорожник скальный, лапчатка Рупрехта, одуванчик Стевена, овсяницы и др. На скалах и осыпях преобладают жизненные формы в виде плотных подушек, дерновин, розеточных, многостебельных растений: камнеломки (Рупрехта, хрящевидная), крупки (моховидная, мягкоопушенная), молодило кавказское, очитки и др. В непосредственной близости от ледников поселяются типичные криофилы и литофиты: хохлатка альпийская, вероника малая, минуарции, манжетки, лисохвост ледниковый и др.

### *Выполнение работы.*

#### *1. Эколого-морфологический анализ растений.*

На гербарном материале внимательно изучают внешний облик растений, отмечают характерную жизненную форму. Затем рассматривают особенности строения корневых систем, стеблей, листьев и на основании анализа этих признаков делают вывод о том, к какой экологической группе относится изученное растение. Записывают название растения, к какой экологической группе оно относится и характерные морфологические признаки.

*Вопросы для обсуждения.*

1. В чем причины разнообразия растительного покрова Дагестана?
2. Назвать экологические группы растений, представленные во флоре Дагестана.
3. Представители каких экологических групп растений преобладают в Низменном Дагестане? Почему? В Нагорном Дагестане?
4. Назвать и охарактеризовать псаммофиты Дагестана.
5. Назвать и охарактеризовать галофиты Дагестана.
6. Назвать и охарактеризовать литофиты и хасмофиты Дагестана.
7. Назвать и охарактеризовать нагорные ксерофиты Дагестана.
8. Назвать и охарактеризовать представителей экологической группы базифилы. Где они встречаются в Дагестане?
9. Назвать и охарактеризовать криофильные растения Дагестана. Где они распространены?
10. Назвать растения-сциофиты. Где они встречаются в Дагестане?
11. Назвать редкие и исчезающие виды растений Дагестана. К каким экологическим группам они относятся?

*Примерные лабораторные занятия по экологии животных:*

№№ и названия разделов и тем	Цель и содержание лабораторной работы	Результаты лабораторной работы
<b>Лабораторная работа № 1</b> Правило оптимума		
Раздел 1. Окружающая среда и адаптации организмов. Экология особей. <u>Тема 16.</u> Окружающая среда и общие принципы адаптации организмов.	Ознакомление с методикой определения оптимальных значений экологических факторов для тех или иных групп животных	Определение оптимальных значений экологических факторов для тех или иных групп животных
<b>Лабораторная работа № 2</b> Определение содержания тяжелых металлов в наземных моллюсках окрестностей г. Махачкала		
Раздел 1. Окружающая среда и адаптации организмов. Экология особей. <u>Тема 16.</u> Окружающая среда и общие принципы адаптации организмов.	Определение содержания некоторых видов тяжелых металлов в раковинах наземных моллюсков окрестностей г. Махачкала	По результатам расчетов сделать выводы о содержании исследуемых видов тяжелых металлов в раковинах наземных моллюсков окрестностей г. Махачкала. Сделать выводы о биоиндикационном значении малакофауны при определении состояния наземных экосистем.
<b>Лабораторная работа № 3</b> Экологические группы рыб по обитанию в толще воды		
Раздел 1. Окружающая среда и адаптации организмов. Экология особей. <u>Тема 17.</u> Среды жизни. Вода как среда жизни.	Анализируя особенности внешнего строения (форму и длину тела, окраску, расположение рта и количество плавников) рыб определить адаптивные особенности у их экологических групп по обитанию в толще воды.	Определение адаптивных особенностей у экологических групп рыб по обитанию их в толще воды.
<b>Лабораторная работа № 4</b> Экологические группы птиц по обитанию в наземно-воздушной среде		
Раздел 1. Окружающая среда и адаптации организмов. Экология особей. <u>Тема 18.</u> Наземно-воздушная среда жизни.	Анализируя особенности внешнего строения (форму и длину крыльев, строение лап, особенности окраски и силуэта) птиц определить адаптивные особенности у их экологических групп по обитанию в наземно-воздушной среде.	Определение адаптивных особенностей у экологических групп птиц по обитанию их в наземно-воздушной среде.
<b>Лабораторная работа № 5</b> Особенности терморегуляции у животных.		
Раздел 1. Окружающая среда и	На основе представленных	Анализируются механизмы

адаптации организмов. Экология особей. <u>Тема 18.</u> Наземно-воздушная среда жизни.	данных анализируются особенности терморегуляции у стриженных и нестриженных белых овец.	терморегуляции у животных.
<b>Лабораторная работа № 6</b> Экологические группы млекопитающих по обитанию в различных средах.		
Раздел 1. Окружающая среда и адаптации организмов. Экология особей. <u>Тема 17-19.</u> Среда жизни.	Анализируя особенности внешнего строения (лап, хвоста, окраски, длины ног, размеров, способности рыть норы, органов чувств) млекопитающих определить адаптивные особенности у их экологических групп по обитанию в различных средах.	Определение адаптивных особенностей у экологических групп млекопитающих по обитанию их в различных средах.
<b>Лабораторная работа № 7</b> Питание животных и его основные типы		
Раздел 2. Питание и энергетика животных. <u>Тема 20.</u> Формы, особенности и типы питания животных.	Классификация животных по типам питания.	Ознакомление с основными типами питания животных.
<b>Лабораторная работа №8</b> Особенности питания жвачных животных.		
Раздел 2. Питание и энергетика животных. <u>Тема 20.</u> Формы, особенности и типы питания животных.	На примере любого жвачного животного изучить особенности их пищеварения.	Знание особенностей питания жвачных животных необходимо для понимания экологии питания различных видов животных и их связей с различными типами пастбищной растительности.
<b>Лабораторная работа №9</b> Особенности экологии и энергетического обмена кедровки в зимний период.		
Раздел 2. Питание и энергетика животных. <u>Тема 21.</u> Экологические особенности питания и энергетический обмен животных.	На основе представленных данных экологических характеристик зимующих птиц проводится анализ приспособительного поведения кедровки в зимний период	Анализируется адаптивное поведение живых организмов в зависимости от особенностей их экологии и энергетического обмена в разные периоды жизни.

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Экология растений, животных и микроорганизмов» применяются такие виды технологий, как неимитационные (проблемные лекции и семинары, тематические дискуссии, презентации, круглый стол) и имитационные: игровые (исследовательские игры, учебные игры) и неигровые (анализ конкретных ситуаций).

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов заключается в систематическом изучении рекомендуемой литературы, в подготовке к выполнению промежуточных и итогового тестовых заданий, написании рефератов и выступлениях с докладами. Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

Самостоятельная работа, предусмотренная учебным планом в объеме 114 часа, соответствует более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать на умение применять теоретические знания на практике.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
<i>Раздел 1. Морфологическое и трофическое разнообразие микроорганизмов. Особенности различных сред</i>	

<i>обитания для микроорганизмов.</i>	
Тема 1. Предмет, задачи и место экологии микроорганизмов в системе экологических наук. Морфологическое и трофическое разнообразие микроорганизмов	- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;
Тема 2. Экология водных микроорганизмов и их общая характеристика. Экология почвенных микроорганизмов. Экология микроорганизмов атмосферы.	- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
<i>Раздел 2. Взаимодействие микроорганизмов с представителями других групп животного мира. Биосферная роль микроорганизмов и особенности их географического распределения.</i>	
Тема 3. Формы взаимоотношений бактерий. Взаимоотношения бактерий с беспозвоночными животными. Особенности паразитизма микроорганизмов. Значение симбиозов с участием микроорганизмов в питании растительноядных животных. Симбиозы микроорганизмов и морских животных; микроорганизмов и растений	- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях; - поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
Тема 4. Роль микроорганизмов в глобальных циклах элементов	
<i>Раздел 3. Микробные процессы и биотехнологии окружающей среды. Методы экологии микроорганизмов</i>	
Тема 5. Микроорганизмы и биоразрушения. Аэробная очистка сточных вод. Процессы с использованием активированного ила или централизованная очистка сточных вод Анаэробная обработка концентрированных стоков. Биоготехнология металлов.	- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях; - поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
Тема 6. Методы забора воздуха для исследования. Исследование воды, воздуха, почвы	
<i>Раздел 4. Экология растений как раздел экологии. Механизмы адаптации растений к абиотическим факторам.</i>	
Тема 7. Предмет и методы экологии растений, ее краткая история, задачи и связь с другими науками. Взаимодействие растений с окружающей средой.	- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;
Тема 8. Внутривидовые и экологические подразделения. Экологическая морфология растений.	- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
Тема 9. Свет и тепло, как экологические факторы.	
Тема 10. Вода и воздух как экологические факторы.	
Тема 11. Почвенные и орографические факторы.	
<i>Раздел 5. Биологические и технологические аспекты экологии растений</i>	
Тема 12. Биотические факторы. Периодические явления в жизни растений.	- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;
Тема 13. Экологические основы культивирования растений. Влияние человека на растения.	- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
Тема 14. Экологические группы растений Дагестана.	
<i>Раздел 6. Окружающая среда и адаптации организмов. Экология особей.</i>	
Тема 15. Экология животных, как раздел экологии и история ее становления.	- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;
Тема 17. Среды жизни. Вода как среда жизни.	- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
Тема 18. Наземно-воздушная среда жизни.	
Тема 19. Почва как среда жизни. Организм как среда жизни.	
<i>Раздел 7. Питание и энергетика животных.</i>	
Тема 20. Формы, особенности и типы питания животных.	- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях;
Тема 21. Экологические особенности питания и энергетический обмен животных.	- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
Тема 22. Периодические явления в жизни животных	

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для студента.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводятся: экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **7.1. Типовые контрольные задания**

#### ***Примерный перечень тестовых заданий для текущего, промежуточного и итогового контроля.***

1. Механическое загрязнение окружающей среды – это
  - 1) изменение естественного физического состояния среды
  - 2) появление необычно большого количества микробов, связанное с массовым их распространением на антропогенных субстратах или средах, измененных в ходе хозяйственной деятельности человека
  - 3) засорение среды агентами, оказывающими механическое воздействие без физико-химических последствий
  - 4) нарушение естественной освещенности местности в результате воздействия искусственных источников света, приводящее к аномалиям в жизни растений и животных

#### ***Примерный перечень тестовых заданий по экологии микроорганизмов:***

1. Чем обусловлено движение микроорганизмов в магнитном поле?
  - а) электрическим зарядом
  - б) силами Ван дер Ваальса
  - в) магнитосомами
  - г) магнитотаксисом
2. Какими кардинальными точками характеризуется температурный диапазон для микроорганизмов?
  - а) экстремальными
  - б) максимумом, оптимумом и минимумом
  - в) постоянными
  - г) переменными
3. Какие микроорганизмы развиваются при температурах от 5 до 20 – 35°C?
  - а) мезофилы
  - б) термофилы
  - в) галофилы
  - г) психрофилы
  - в) выше 50°C
6. Оптимум температуры для термофилов – это...
  - а) 45°C
  - б) 50°C
  - в) 60°C
  - г) 70°C
7. Какие микроорганизмы относятся к термотолерантным?
  - а) максимум роста которых 35°C
  - б) максимум роста которых 45 – 50°C
  - в) минимум роста которых менее 20°C
  - г) оптимум роста которых 70°C

8. Какие микроорганизмы более чувствительны к высокой температуре?
- а) мезофилы
  - б) термотолерантные
  - в) гипертермофилы
  - г) психрофилы
9. Чему способствуют осмопротекторы?
- а) регуляции осмотического равновесия клетки со средой
  - б) укреплению цитоплазматической мембраны
  - в) повышению пропускной способности оболочки клетки
  - г) гибели клетки
10. Группу осмофильных микроорганизмов, растущих в средах с высокой концентрацией солей, называют...
- а) экстремальными мезофилами
  - б) кислотоустойчивыми
  - в) щелочеустойчивыми
  - г) галофилами

Примерный перечень тестовых заданий по экологии растений:

1. К фотосинтетически активной радиации относится
- а) ультрафиолетовые лучи;
  - б) видимые лучи;
  - в) инфракрасные лучи.
2. С увеличением содержания CO<sub>2</sub> в воздухе интенсивность фотосинтеза
- а) увеличивается до определенного значения;
  - б) не увеличивается;
  - в) уменьшается.
3. Какие растения называются эфемероидами?
- а) многолетние растения с коротким вегетационным периодом;
  - б) длительно цветущие растения;
  - в) однолетние злаки.
4. Летальная температура для субтропических растений
- а) -20° С;
  - б) 10°С;
  - в) 0° С.
5. Основная причина гибели растений от мороза
- а) нехватка влаги;
  - б) нарушение метаболизма;
  - в) образование льда в межклетниках.
6. Широколиственные леса в Дагестане встречаются
- а) в предгорных условиях;
  - б) во внутреннегорном Дагестане;
  - в) в равнинных условиях.
7. К пойкилотермным растениям относятся
- а) водоросли;
  - б) голосеменные;
  - в) покрытосеменные.
8. К листовым суккулентам относится
- а) алоэ;
  - б) опунция;
  - в) саксаул.
9. Интродуцентами называются
- а) растения, перенесенные на новые местообитания;
  - б) красивоцветущие растения;
  - в) кустарники.
10. В экологии растений наименьшей синтаксономической единицей считается
- а) биом;
  - б) формация;

в) ассоциация.

Примерный перечень тестовых заданий по экологии животных:

1. В своей книге этот немецкий зоолог-эволюционист впервые ввел термин экология. Назовите автора, год издания и название его известного труда.
2. Назовите имена ученых, внесших большой вклад в развитие экологических исследований в области экологии животных
3. К экологическим факторам окружающей среды относят:
  - 1) биотические;
  - 2) статистические;
  - 3) абиотические;
  - 4) антропогенные.
4. Сосредоточение жировых запасов в локальных образованиях характерно для
  - 1) водных видов
  - 2) пустынных видов
  - 3) полярных видов
4. Приспособлениями гидробионтов к условиям высокой плотности не являются:
  - 1) богатые слизью покровы
  - 2) обтекаемая форма тела
  - 3) наличие жаберных крышек
5. К гомойотермным животным относятся:
  - 1) птицы
  - 2) млекопитающие
  - 3) рептилии
  - 4) амфибии
6. Добывание и поглощение пищи называют:
  - 1) питание
  - 2) размножение
  - 3) борьба за выживание
7. Постройте цепочку, состоящую из первичных, вторичных и третичных потребителей.
8. Основоположником учения о популяции является
  - 1) Ч. Элтон;
  - 2) Э. Геккель;
  - 3) А. Тенсли;
  - 4) Ч. Дарвин.
9. Соотнесите: интенсивный и экстенсивный типы использования территории:
  - 1) строительство убежищ
  - 2) стадный образ жизни
  - 3) наличие системы ориентиров
  - 4) запасание кормов
  - 5) отсутствие постоянного жилища
10. К какой группе относятся головастики лягушек:
  - 1) предрепродуктивная
  - 2) репродуктивная
  - 3) пострепродуктивная

Примерный перечень вопросов к зачету по экологии микроорганизмов:

13. Предмет и задачи экологии микроорганизмов
14. Краткая историческая справка развития экологии микроорганизмов
15. Основные направления развития экологии микроорганизмов
16. Влияние земного тяготения на микроорганизмы
17. Влияние магнитного поля на микроорганизмы
18. Мезофильные микроорганизмы
19. Термофильные бактерии
20. Психрофильные микроорганизмы
21. Экстремально-термофильные бактерии

22. Влияние осмотического давления на микроорганизмы
23. Осмопротекторы, галофилы.
24. Влияние гидростатического давления на микроорганизмы
25. Влияние влажности и света на микроорганизмы. Значение кислорода воздуха и углекислого газа для микроорганизмов
26. Основные факторы, определяющие состав и численность микроорганизмов в воде
27. Роль микроорганизмов в продуктивности водоемов
28. Биологическое самоочищение воды
29. Принципы очистки сточных вод
30. Микроорганизмы атмосферы
31. Методы исследования микроорганизмов атмосферы и критерии оценки загрязненности воздуха.
32. Почва как гетерогенная среда обитания микроорганизмов
33. Микроорганизмы как почвообразователи
34. Классификация микроорганизмов почвы
35. Роль микроорганизмов в образовании гумуса
36. Источники и характер загрязнения природных водоемов
37. Химическое загрязнение воды (классификация, общая характеристика)
38. Эвтрофикация. Условия и критерии оценки процесса эвтрофикации
39. Биологические загрязнения (общая характеристика)
40. Зоны сапробности водоемов
41. Роль гидробионтов в самоочищении воды
42. Химические факторы, способствующие очищению воды в естественных водоемах
43. Физико-химические факторы, способствующие очищению воды в естественных водоемах
44. Конкуренция микроорганизмов
45. Синтрофия микроорганизмов
46. Антагонизм микроорганизмов
47. Бактерии – паразиты микробов и «бактерии – хищники»
48. Классификация симбиозов микроорганизмов с другими обитателями живой природы
49. Взаимоотношения бактерий с простейшими
50. Роль микроорганизмов в глобальных циклах элементов
51. Значение симбиозов с участием микроорганизмов в питании растительных животных
52. Симбиозы микроорганизмов и морских животных
53. Особенности паразитизма микроорганизмов
54. Систематизация микробно-растительных взаимоотношений
55. Значение микроорганизмов в жизни растений и роль растений в жизнедеятельности бактерий
56. Микробно-растительные взаимоотношения в ризосфере и ризоплане, в филосфере и филоплане
57. Симбиотические формы микробно-растительных взаимодействий
58. Микроорганизмы и биоразрушения
59. Биологическая обработка органических отходов
60. Аэробная очистка сточных вод
61. Анаэробная очистка сточных вод, полужидких и твердых отходов
62. Ремедиация загрязненных почв
63. Биотехнология металлов
64. Методы экологии микроорганизмов

Примерный перечень вопросов к зачету по экологии растений:

1. Краткий курс истории экологии растений.
2. Метод пробных площадей и учебных площадок.
3. Качественное описание растительных ассоциаций.
4. Количественный учет растений в сообществах.
5. Классификация экологических факторов.
6. Абиотические, биотические и антропогенные факторы.
7. Взаимодействие факторов. Закон минимума Либиха. Закон толерантности Шелфорда.
8. Ценопопуляция. Связь ценопопуляции с сообществом.

9. Экологическая дифференциация вида. Экотипы.
10. Типы построения классификации жизненных форм.
11. Происхождение и эволюция жизненных форм.
12. Свет и жизненные функции растений.
13. Фототропизм, его экологическое значение.
14. Экологические группы растений по отношению к свету.
15. Значение зеленых растений для биосферы.
16. Экологические группы растений по отношению к температуре.
17. Термоустойчивость и ее компоненты.
18. Водный режим растений. Значение воды в жизни растений.
19. Основные типы водного баланса. Адаптации растений к поддержанию водного баланса.
20. Пойкилогидрические и гомойогидрические виды.
21. Роль растений в балансе компонентов воздуха.
22. Влияние на растения содержания в почве важнейших элементов питания.
23. Экологическое значение микроэлементов для растений.
24. Роль растений в формировании гумуса.
25. Влияние на растения засоления почв.
26. Псаммофиты, их экологические особенности.
27. Орографические факторы и экологические особенности высокогорных растений.
28. Основные формы отношений между растениями.
29. Средообразующее влияние растений. Растения-эдификаторы.
30. Распространение животными плодов и семян. Эпизоохория и эндозоохория.
31. Симбиоз растений с животными.
32. Сезонная периодичность в жизни растений. Адаптации растений к сезонным изменениям среды.
33. Пути адаптации растений к абиотическим и биотическим факторам среды.
34. Возрастные этапы растений и методы их регулирования.
35. Биотехнологии: результаты и перспективы. Синантропные растения.
36. Интродукция. Акклиматизация и натурализация.
37. Экологические группы растений Низменного Дагестана
38. Экологические группы растений Внешнегорного Дагестана.
39. Экологические группы растений Нагорного Дагестана.
40. Экологические группы растений Высокогорного Дагестана.

Примерный перечень вопросов к экзамену по экологии животных:

1. Краткий очерк истории экологии животных.
2. Экология животных и хозяйство (животноводство, сельское и лесное хозяйство, здравоохранение, охотничье и рыбное хозяйство).
3. Структура и задачи современной экологии животных.
4. Окружающая среда и среды жизни.
5. Факторы окружающей среды и их классификация.
6. Правило оптимума. Экологический оптимум и экологическая валентность вида.
7. Общие принципы адаптации организмов. Две адаптивные системы и механизмы их функционирования.
8. Вода как среда жизни.
9. Общие приспособительные реакции к жизни в воде.
10. Поддержание водно-солевого обмена (пресноводная осморегуляция, осморегуляция в море, осморегуляция у хрящевых и осетровых рыб).
11. Общие условия и многообразие жизненных форм в наземной среде.
12. Роль света в жизни наземных животных. Суточные (циркадные) и сезонные (цирканнуальные) ритмы активности. Свет как необходимое условие видения.
13. Теплообмен животных и температура среды. Пойкилотермия и гомойотермия. Теплоотдача и физическая и химическая терморегуляция.
14. Водообеспечение в наземно-воздушной среде и ее динамика. Пути ограничения дегидратации. Поддержание водного баланса наземных амфибий.
15. Воздух, как газовая среда. Газообмен водных и сухопутных животных.
16. Особенности почвы как среды жизни. Население почвы.

17. Основные адаптивные отличия почвенных организмов.
18. Особенности организма как среды жизни.
19. Виды и формы паразитизма. Адаптации паразитических видов.
20. Питание как основа обеспечения жизнедеятельности организма. Первичные, вторичные и третичные потребители.
21. Типы питания и морфо-физиологические особенности, особенности, связанные с питанием. Возрастные, сезонные особенности питания.
22. Особенности пищеварительной система животных. Специализация по типам кормов. Переваримость кормов.
23. Экологические механизмы, определяющие уровень потребления пищи. Избирательность питания.
24. Размеры тела животных и их значение.
25. Воспроизводство себе подобных как ведущая функция жизненного цикла животных. Особенности процессов размножения.
26. Миграции, спячка, линька.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 20 баллов,
- выполнение лабораторных заданий - 40баллов,
- устный или письменный ответ – 40 баллов,

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- коллоквиум - 100 баллов.

## **8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.**

а) адрес сайта курса

<http://cathedra.dgu.ru/EducationalProcess.aspx?Value=18&id=1497>

б) основная литература:

1. ЭБС ДГУ. Гарицкая, М.Ю. Экология растений, животных и микроорганизмов : учебное пособие / М.Ю. Гарицкая, А.А. Шайхутдинова, А.И. Байтелова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург: ОГУ, 2016. - 346 с. : ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 330-333. - ISBN 978-5-7410-1492-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467218> (29.08.2020)
2. Экология микроорганизмов : [учеб. по специальности 012400 "Микробиология" и другим биол. специальностям / А.И.Нетрусов, Е.А.Бонч-Осмоловская, В.М.Горленко и др.]; под ред. А.И.Нетрусова. - М. : Академия, 2004. - 266,[1] с. ; 22 см. - (Высшее образование). - Указ. латин. назв.: с. 261-265.
3. ЭБС ДГУ. География животных: учебное пособие / Д.А. Шитиков, А.В. Шариков, А.А. Мосалов, В.Г. Бабенко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский педагогический государственный университет». - Москва: МПГУ, 2014. - 256 с. - ISBN 978-5-4263-0138-2; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275037> (29.08.2020).
4. Березина, Н.А. Экология растений : [учеб. пособие для студентов вузов] / Березина, Наталья Александровна, Н. Б. Афанасьева. - М. : Академия, 2009. - 399,[1] с. -

(Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - Допущено УМО. - ISBN 978-5-7695-5161-1: 475-20.

в) дополнительная литература:

1. Степановских, А.С. Экология: учеб. для вузов / Степановских, Анатолий Сергеевич. - М.: ЮНИТИ, 2003. - 703 с. - ISBN 5-238-00284-X: 256-00.
2. ЭБС ДГУ. Ковалев Н.А. Мир микроорганизмов в биосфере [Электронный ресурс] / Н.А. Ковалев, П.А. Красочко, В.Ф. Литвинов. - Электрон. текстовые данные. - Минск: Белорусская наука, 2014. - 532 с. - 978-985-08-1693-1. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29476.html>
3. ЭБС ДГУ. Калашникова Л.М. Лабораторный практикум по экологии растений [Электронный ресурс] / Л.М. Калашникова. - Электрон. текстовые данные. - Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет, 2013. - 47 с. - 2227-8397. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47679.html>

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1) eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. - Москва, 1999 – . Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 28.08.2020). – Яз. рус., англ.

2) Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 28.08.2020).

3) Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 28.08.2020).

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, лабораторных работ курса «Экология растений, животных и микроорганизмов», и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы. Методические указания не должны подменять учебную литературу, а должны мотивировать студента к самостоятельной работе.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам, для подготовки к занятиям представлен в разделе «Учебно-методическое обеспечение. Литература»

Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Изучение данной дисциплины не предполагает использование информационных технологий и специального программного обеспечения.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Учебная аудитория, оборудованная мультимедийным проектором для проведения лекционных занятий.

Учебные аудитории для проведения практических занятий.