

**Приложение 1 к РПД**  
**Биоиндикация и биотестирование в Арктике**  
**05.03.06 Экология и природопользование**  
**Направленность (профиль) Природопользование и экологическая безопасность**  
**Форма обучения – очная**  
**Год набора – 2023**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1.	Кафедра	Естественных наук
2.	Направление подготовки	05.03.06 Экология и природопользование
3.	Направленность (профиль)	Природопользование и экологическая безопасность.
4.	Дисциплина (модуль)	Биоиндикация и биотестирование в Арктике
5.	Форма обучения	очная
6.	Год набора	2023

**I. Методические рекомендации**

Дисциплина предполагает следующие формы работы со студентами: лекционные, практические и лабораторные занятия (выполнение практических заданий, обсуждение вопросов на семинарах, проведение дискуссии, подготовку и обсуждение докладов).

Освоение каждого раздела дисциплины предполагает определенную степень самостоятельности: выполнение заданий, обсуждение презентационных лекционных материалов, доклады студентов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по совокупности набранных студентом баллов. При этом учитывается активность студентов на занятиях, выполнение практических работ, активная самостоятельная работа с литературными источниками, творческий подход к заданиям (в соответствии с технологической картой дисциплины).

**1.1. Методические рекомендации по организации работы студентов во время  
проведения лекционных занятий**

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях и изучения рекомендованной литературы.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

## **1.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Приступая к изучению дисциплины, студенту следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

Практическое занятие предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения студентов. Обсуждение сообщения совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам практического занятия, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим студентам. В целях контроля подготовленности студентов и привития им навыков краткого письменного изложения своих мыслей преподаватель в ходе практического занятия может осуществлять текущий контроль знаний в виде тестовых заданий.

При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем студенты вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

Алгоритм подготовки к выступлению на семинаре: определение темы выступления; определение цели выступления; подробное раскрытие информации; формулирование основных тезисов и выводов.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ. При оценке ответов студента оценивается, как студент глубоко и всесторонне усвоил материал темы; уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные знания с изученным материалом; обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; делает выводы и обобщения; свободно владеет понятиями.

Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.

## **1.3. Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям**

Лабораторные занятия по дисциплине завершают изучение наиболее важных тем. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков проведения расчетов, организации процедуры биотестирования и биоиндикации, для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине. Лабораторные занятия проводятся по методическим материалам, выдаваемым преподавателем на занятиях. Оценивается правильно оформленная в тетради лабораторная работа, которая сопровождается соответствующими выводами.

#### **1.4. Методические рекомендации по подготовке к контрольной работе**

На итоговой контрольной работе необходимо проявить полученные знания, решив поставленные задачи. Решение задачи предусматривает развернутый ответ с соответствующими примерами. Максимальный балл выставляется, если студент решил задание правильно, изложил и обосновал все варианты решения, аргументировал их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (там, где по содержанию это необходимо). Для правильного выполнения практической работы требуется работа с дополнительной литературой (по рекомендациям преподавателя).

#### **1.5. Методические рекомендации по подготовке к сдаче зачета**

Основным источником подготовки к зачету является рекомендуемая литература и конспекты лекций. Следует точно запоминать термины и категории, поскольку в их определениях содержатся признаки, позволяющие уяснить их сущность и отличить эти понятия от других.

Зачет предусматривает ответ студента на два вопроса, которые охватывают пройденный материал. По окончании ответа преподаватель, принимающий зачет, может задать студенту дополнительные и уточняющие вопросы.

При подготовке к ответу на зачете студенту рекомендуется составить план ответа на каждый вопрос. Положительным также будет стремление студента изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней.

### **II. Планы практических занятий**

#### **Практическое занятие 1.**

#### **Живые организмы как объекты биологического мониторинга состояния окружающей среды (семинарское занятие)**

План работы: подготовить конспект предложенных вопросов, подробное сообщение по одному вопросу на выбор, принять участие в обсуждении вопросов.

Вопросы для коллективного обсуждения:

1. Общая характеристика состояния окружающей среды и деятельности человека.
2. Биологический мониторинг и его роль в системе глобального мониторинга биосферы. Принципы организации биологического мониторинга.
3. Области применения живых организмов в мониторинге состояния окружающей среды.
4. Саморегуляция живых систем и их устойчивость к воздействиям окружающей среды. Понятие гомеостаза.
5. Понятие о реакционной способности организма (норма реакции).
6. Стресс-реакции живых организмов как ответ на раздражение со стороны внешней среды. Теория Г. Селье.
7. Адаптационные возможности организма. Зона оптимума и пессимума. Стено- и эврибионтные организмы и их потенциал для биологического мониторинга состояния окружающей среды.
8. Оценка накопления токсичных веществ в живых организмах. Типы ответной реакции живых организмов на действие загрязняющих веществ.
9. Материальная и функциональная кумуляция, кумулятивные биоиндикаторы. Особенности накопления загрязняющих веществ в живых организмах.

Литература: [1, С. 10, 46-47; 5, С. 175-180].

## Практическое занятие 2. Биологические методы анализа качества окружающей среды: биоиндикация (семинарское занятие)

План работы: подготовить конспект предложенных вопросов, подробное сообщение по одному вопросу на выбор, принять участие в обсуждении вопросов, связанных с биоиндикацией и биотестированием различных сред.

### Вопросы для коллективного обсуждения:

1. Понятие о биоиндикации. Основные требования к биоиндикаторам. Общие принципы использования биоиндикаторов.
2. Неспецифическая и специфическая, прямая и косвенная биоиндикация.
3. Уровни биоиндикационных исследований.
4. Методики проведения биоиндикационных исследований с использованием растений (фитоиндикация). Возможности фитоиндикации в арктической зоне.
5. Методики проведения биоиндикационных исследований с использованием животных. Возможности биоиндикации с использованием животных в арктической зоне.
6. Методики проведения биоиндикационных исследований с использованием микроорганизмов. Возможности биоиндикации с использованием микроорганизмов в арктической зоне.
7. Симбиотические методы в биоиндикации. Понятие о симбионтах и их потенциал для биоиндикационных исследований.

Литература: [1, С. 11-13, 47-49; 3, С. 6-9; 5, С. 173-185].

### Задания для самостоятельной работы студента:

1. Ответьте на предложенные вопросы:
  - Чем отличаются биоиндикаторы уровней загрязнения и биоиндикаторы состояния экосистем?
  - Перечислите основные преимущества живых биоиндикаторов перед химическими методами оценки состояния окружающей среды.
  - Назовите основные уровни биоиндикационных исследований.
  - Каким требованиям должен удовлетворять организм, чтобы использоваться в целях биоиндикации?
  - На каких уровнях (отдельный организм, популяция, сообщество, экосистема, биосфера) возможно проведение биоиндикационных исследований? Объясните почему.
  - Что понимают под терминами «редкие» и «исчезающие» виды. Какова роль данных видов при проведении биоиндикационных исследований?
  - Какие деформации у растений могут выступать индикаторными признаками?
  - В чем заключается основное преимущество использования позвоночных животных в качестве биоиндикаторов?
  - Как называется степень сопряженности индикатора с объектом индикации?
  - Какую информацию позволяет получить расчет индекса Жаккара при проведении биоиндикационных исследований?
  - Какие виды симбиологических биоиндикационных исследований Вам известны?
  - Для каких сред может быть рассчитан олигохетный индекс?
  - Приведите примеры флористических, физиологических, морфологических, фитоценологических индикаторных признаков у растений.
2. Заполните таблицу «Возможности использования растений в качестве биоиндикаторов»:

Показатель загрязнения среды	Растения-индикаторы
Общее загрязнение	
Тяжелые металлы	
Диоксид серы	
Фтористый водород	
Хлористый водород	
Аммиак	
Сероводород	
Фотосмог	
Полициклические ароматические углеводороды	
Повышенная кислотность почв	

3. Впишите пропущенные термины: «Существует две формы отклика живых организмов, используемых в целях биоиндикации: 1) одинаковые реакции организма могут быть вызваны различными факторами среды (..... биоиндикация); 2) изменения реакции чётко связаны с изменением конкретного фактора (..... биоиндикация). В зависимости от типа ответной реакции биоиндикаторы подразделяются на ..... (реагируют на стресс значительным отклонением от жизненных норм) и ..... (накапливают антропогенное воздействие)».

### **Практическое занятие 3. Биологические методы анализа качества окружающей среды: биотестирование (семинарское занятие)**

План работы: подготовить конспект предложенных вопросов, подробное сообщение по одному вопросу на выбор, принять участие в обсуждении вопросов, связанных с биоиндикацией и биотестированием различных сред.

Вопросы для коллективного обсуждения:

1. Задачи и приемы биотестирования окружающей среды.
2. Понятие о биотестах. Тест-функция. Виды биотестирования.
3. Достоинства и недостатки биотестирования.
4. Биохимический подход в биотестировании.
5. Генетический подход в биотестировании.
6. Морфологический подход в биотестировании.
7. Физиологический подход в биотестировании.
8. Биофизический подход в биотестировании.
9. Иммунологический подход в биотестировании.
10. Возможности для использования различных групп организмов для проведения биотестирования. Понятие о БИОСОТ.
11. Опыт применения биотестирования в Арктике.

Литература: [1, С. 13-14, 49-66; 3, С. 8-11; 4, С. 140-141; 5, С. 171-173].

Задания для самостоятельной работы студента:

1. Ответьте на предложенные вопросы:
  - Для чего необходим расчет «балла интегральной токсичности (БИТ)»?
  - Как называется параметр организма, который изменяется при проведении процедуры биотестирования?
  - Что представляет собой люменометр? Для чего он используется?

2. Впишите пропущенные термины: «Постоянное присутствие вредных веществ в окружающей среде, даже в весьма малых ..... (в том числе ниже ПДК) и только потенциально опасных, всегда создает некоторую степень ..... для ..... человека».

3. Обсуждение результатов расчета: Определение степени закисленности воды по изменению видового состава модельной водной экосистемы.

4. Обсуждение результатов расчета: Определение степени нарушенности модельной наземной экосистемы по коэффициентам размножения индикаторных видов.

5. Выберите из предложенного списка наиболее удобный тест-объект для анализа качества природных вод: дафнии (*Daphnia magna*), форель радужная (*Salmo gairdneri*), кресс-салат (*Lepidium sativum*), мидии (*Mytilus edulis*), водоросли (*Chlorella vulgaris*). Обоснуйте свой выбор.

#### **Практическое занятие 4. Биологическая оценка качества атмосферного воздуха**

План работы: проанализировать предлагаемые методики, принять участие в обсуждении полученных результатов.

Вопросы для коллективного обсуждения:

1. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха с помощью лишайников. Экологические группы лишайников. Жизненные формы лишайников.
2. Требования к абиотическим факторам среды. Конкурентные отношения у лишайников.
3. Антропогенные воздействия и их влияние на лишайнофлору. Картирование распространения лишайников.
4. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха с помощью лишайников. Шкала витальности для оценки состояния лишайнофлоры.
5. Лишайники Мурманской области.
6. Сосна в качестве тест-объекта в радио- и общеэкологических исследованиях.
7. Исследования состояния хвойных на территории Мурманской области.
8. Флуктуирующая асимметрия древесных и травянистых форм растений как тест-система оценки качества среды.
9. Использование флуктуирующей асимметрии животных для оценки качества среды.
10. Опыт оценки флуктуирующей асимметрии в Арктике.

Литература: [3, С. 59-80].

#### **Практическое занятие 5. Биологическая оценка качества водных объектов и почвенного покрова**

План работы: проанализировать предлагаемые методики, принять участие в обсуждении полученных результатов.

Вопросы для коллективного обсуждения:

1. Определение общего микробного числа в водоеме.
2. Биологический контроль водоема методом сапробности.
3. Биологический анализ активного ила.
4. Оценка трофических свойств водоема с использованием высших растений.
5. Определение качества воды в пресноводном водоеме по видовому разнообразию макрофитов.
6. Определение качества воды в пресноводном водоеме по видовому разнообразию зообентоса.
7. Биотестирование вод с помощью тест-культуры *Chlorella vulgaris* Beijer.

8. Биотестирование вод с помощью культуры *Paramecium caudatum* Ehrbg.
9. Характеристика качества почвы с помощью растений-индикаторов.
10. Использование цианобактерий в биоиндикации состояния почв.
11. Использование микровицетов для индикации загрязнения почв.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем заключается принцип определения общего микробного числа в водоеме?
2. Какое оборудование необходимо для определения общего микробного числа в водоеме?
3. Какие выделяют классы качества воды природных водоемов по бактериальным показателям?
4. Какие существуют способы стерилизации посуды и сред?
5. Как приготовить питательную среду для определения общего микробного числа в водоеме?
6. В чем заключается принцип биологического контроля водоема методом сапробности?
7. Какие типы сапробности водоемов Вы знаете?
8. Какие организмы могут выступать индикаторами сапробности в водоемах?
9. Как проводится биологический анализ активного ила?
10. Как проводится оценка трофических свойств водоема с использованием высших растений?
11. Каким образом осуществляют определение качества воды в пресноводном водоеме по видовому разнообразию макрофитов?
12. Каким образом проводится определение качества воды в пресноводном водоеме по видовому разнообразию зообентоса?
13. Какие культуры можно использовать для биотестирования вод?
14. Какие растения-индикаторы применяют для характеристики качества почвенного покрова?
15. Как можно использовать цианобактерии и микровицеты в биоиндикации состояния почв?

Задания для самостоятельной работы:

1. Предложите идеи, каким образом можно минимизировать неточности, возникающие в ходе биотестирования.
2. Перечислите индикаторные организмы активного ила.
3. Составьте блок-схему: «Характеристика ила по индикаторным видам».

Литература: [1, С. 55-58; 3, С. 85-138].

**Практическое занятие 6. Оценка качества среды методами биотестирования:  
биохимический и генетический подходы**

План работы: проанализировать предлагаемые методики, принять участие в обсуждении полученных результатов.

Вопросы для коллективного обсуждения:

1. Биохимический подход. Лизоцимный микробиологический метод оценки состояния водных биоценозов.
2. Метод привитой сополимеризации с использованием в качестве тест-объекта дафний (*Daphnia magna* Straus).

3. Исследование нарушений развития эмбрионов водных животных с применением метаболического критерия.
4. Биодиагностика почв по ферментативной активности.
5. Биотестирование водоемов по уровню белков-металлотioneинов в мягких тканях двустворчатых моллюсков.
6. Генетический подход. Тест-система Эймса для анализа мутагенной и канцерогенной активности химических соединений в окружающей среде.
7. Аберрации хромосом в клетках корневой меристемы растений под действием мутагенов.
8. Использование традесканции для оценки мутагенного и токсического действия факторов окружающей среды.
9. Частота хромосомных аберраций в лимфоцитах периферической крови человека.
10. Частота бинуклеарных клеток с микроядрами в культуре лимфоцитов человека после  $\gamma$ -облучения.

Литература: [1, С. 52-53; 3, С. 139-187].

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем заключается лизоцимный микробиологический метод оценки состояния водных биоценозов?
2. В чем основной принцип метода привитой сополимеризации?
3. Опишите основные этапы исследования нарушений развития эмбрионов водных животных с применением метаболического критерия.
4. Каким образом проводят биодиагностику почв по ферментативной активности?
5. Каким образом осуществляют биотестирование водоемов по уровню белков-металлотioneинов в мягких тканях двустворчатых моллюсков?
6. Какие тест-системы Вам известны в рамках генетического подхода?
7. В чем заключается принцип метода Б.Н. Эймса?

Задания для самостоятельной работы:

1. Приведите примеры использования биохимического и генетического подходов для контроля загрязнения водных объектов.

**Практическое занятие 7. Оценка качества среды методами биотестирования:  
морфологический и физиологический подходы**

План работы: проанализировать предлагаемые методики, принять участие в обсуждении полученных результатов.

Вопросы для коллективного обсуждения:

1. Морфологический подход. Биотестирование загрязнения воды с помощью ряски малой (*Lemna minor* L.).
2. Нарушение эмбрионального морфогенеза амфибий в условиях техногенного загрязнения среды.
3. Физиологический подход. Определение качества воды по изменению биомассы хлореллы.
4. Влияние токсикантов на кислородную продуктивность водорослей.
5. Определение загрязнения среды тяжелыми металлами по ростовым свойствам отрезков колеоптилей.
6. Изменение спонтанной двигательной активности инфузории спиростомы под влиянием антропогенных факторов.



7. Проведение токсикологических исследований на дафниях.
8. Биотестирование с использованием рыб.
9. Сперматозоиды костистых рыб как тест-объект в эколого-эмбриологических исследованиях.
10. Газохроматографический анализ биологической активности почв.

Литература: [1, С. 52-53; 3, С. 188-239].

Вопросы для самоконтроля:

1. Опишите процедуру биотестирования загрязнения воды с помощью ряски малой.
2. В чем заключается принцип метода оценки эмбриотоксичности воды?
3. Какие тест-системы в рамках физиологического подхода Вам известны?
4. Каким образом влияют токсиканты на кислородную продуктивность водорослей?
5. Как проводят определение загрязнения среды тяжелыми металлами по ростовым свойствам отрезков колеоптилей?
6. Какие изменения в двигательной активности инфузорий наблюдаются под влиянием антропогенных факторов?
7. Какие виды рыб используют в биотестировании?
8. В чем суть газохроматографического анализа биологической активности почв?

Задания для самостоятельной работы:

1. Приведите примеры использования морфологического и физиологического подходов для контроля загрязнения вод и почв.

**Практическое занятие 8. Оценка качества среды методами биотестирования:  
биофизический и иммунологический подходы**

План работы: проанализировать предлагаемые методики, принять участие в обсуждении полученных результатов.

Вопросы для коллективного обсуждения:

1. Биофизический подход. Оценка потенциальной опасности химических веществ по их способности снижать фильтрационную активность гидробионтов.
2. Оценка качества среды инструментальными методами с использованием фототрофных организмов.
3. Измерение биOLUMИнесцентной активности исследуемых образцов с использованием биосенсоров.
4. Люминесцентный мониторинг древесных пород в условиях антропогенного стресса.
5. Оценка токсичности воды по фильтрационной активности дафний, регистрируемой с помощью флуоресценции хлорофилла микроводорослей.
6. Иммунологический подход. Исследование параметров врожденного иммунитета беспозвоночных животных в ответ на неблагоприятное воздействие. Реакция гемагглютинации.
7. Исследование гуморальных факторов врожденного иммунитета беспозвоночных и позвоночных гидробионтов методом электрофореза.
8. Определение концентрации белка в биологических жидкостях гидробионтов в ответ на изменение среды обитания.
9. Определение концентрации лизоцима в биологических жидкостях гидробионтов в ответ на изменение среды обитания.

Литература: [1, С. 52-53; 3, С. 240-271].

Вопросы для самоконтроля:

1. Как проводится оценка потенциальной опасности химических веществ по их способности снижать фильтрационную активность гидробионтов?
2. Каким образом в биологическом мониторинге применяют инструментальные методы с использованием фототрофных организмов?
3. Как проводят измерение биолуминесцентной активности исследуемых образцов с использованием биосенсоров?
4. Что такое люминесцентный мониторинг древесных пород в условиях антропогенного стресса?
5. Как проводится оценка токсичности воды по фильтрационной активности дафний?
6. Какие методики биотестирования в рамках иммунологического подхода Вы знаете?
7. Что такое реакция гемагглютинации?

Задания для самостоятельной работы:

1. Приведите примеры использования биофизического и иммунологического подходов для контроля загрязнения в городских условиях.

**Практическое занятие 9. Итоговая контрольная работа.**

**III. Тематика лабораторных работ**

**Лабораторная работа 1. Оценка состояния древостоя**

План работы: выполнить расчет основных показателей, используя предложенные методические указания и табличные данные, выданные преподавателем на занятии.

Методические указания:

*Цель работы:* ознакомиться с методикой оценки состояния древесной растительности.

*Материалы:* табличные и фотоматериалы (информация о древостое, собранная во время полевой практики).

*Порядок выполнения работы:*

1. С помощью шкалы визуальной оценки деревьев по внешним признакам определяются баллы состояния отдельных деревьев каждого вида –  $b_1, b_2, b_3$  и т.д.
2. Вычисляется средний балл состояния для каждого вида деревьев.
3. Коэффициент состояния лесного древостоя в целом ( $K$ ) определяется как среднее арифметическое средних баллов состояния различных деревьев на пробной площадке.
4. Состояние древостоя оценивается по следующим критериям:  
 $K < 1,5$  – здоровый древостой (I);  
 $K = 1,6-2,5$  – ослабленный древостой (II);  
 $K = 2,6-3,5$  – сильно ослабленный лес (III);  
 $K = 3,6-4,5$  – усыхающий лес (IV);  
 $K > 4,6$  – погибший лес (V).

Литература: [1, С. 14-17].

**Лабораторная работа 2. Лихеноиндикационные исследования загрязнения окружающей среды**

План работы: оценить проективное покрытие, произвести расчет экологических индексов, используя предложенные методические указания и табличные данные.

Методические указания:

Цель работы: ознакомиться с методикой лишеноиндикационных исследований.

Материалы: методические материалы, коллекция лишайников, палетка.

Порядок выполнения работы:

1. Для предложенных учетных площадей определите балл проектного покрытия с использованием шкалы Браун-Бланке.
2. Оцените степень загрязнения окружающей среды по биотическому индексу.
3. Исходя из табличных данных, определите жизненные формы лишайников и рассчитайте индекс относительной чистоты атмосферы.
4. Изготовьте полиэтиленовую палетку 10×10 см.
5. С использованием палетки оцените проективное покрытие представленных лишайников.

Литература: [1, С. 17-20].

**Лабораторная работа 3. Биологическая оценка качества атмосферного воздуха с использованием хвойных растений**

План работы: оценить состояние хвои, используя предложенные методические указания и табличные данные.

Методические указания:

Цель работы: ознакомиться с методикой биоиндикационного исследования с использованием хвойных растений.

Материалы: табличные и фотоматериалы (модельные образцы хвои, методические материалы), линейка.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите 30 хвоинок, произведите замеры длины и ширины с помощью линейки, занесите данные в таблицу.
2. Рассмотрите повреждения хвои (определите класс повреждения и класс усыхания хвоинок), внесите данные в таблицу.
3. Рассчитайте среднее значение полусферической и общей поверхности хвоинок по выборке.
4. Проведите оценку состояния окружающей среды, используя таблицу.
5. Постройте график по классам повреждения хвои.
6. Сформулируйте выводы по итогам проведенного исследования.

Литература: [1, С. 20-23].

**Лабораторная работа 4-5. Биологическая оценка состояния окружающей среды по флуктуирующей асимметрии**

План работы: определить степень асимметрии листовых пластин растений, используя предложенные методические указания и табличные данные.

Методические указания:

Цель работы: ознакомиться с интегральной экспресс-оценкой качества среды по флуктуирующей асимметрии листовой пластины.

Материалы: табличные и фотоматериалы (гербарий листьев растений, транспорт, методические материалы).

Порядок выполнения работы:

1. Рассмотрите гербарные образцы / схемы-иллюстрации листовых пластинок, измерьте жилки по 5-ти параметрам с левой и правой сторон в соответствии с методикой.
2. Изучите изогнутость верхушки листа.
3. Занесите полученные данные в таблицу.
4. Рассчитайте коэффициент флуктуирующей асимметрии по формуле, предложенной В.М. Захаровым.
5. Качественные признаки рассчитайте по проценту суммы асимметричных листьев.
6. Для балльной оценки используйте таблицу соответствия баллов качества среды значениям коэффициента асимметрии.
7. Сформулируйте вывод по итогам исследования.

Литература: [1, С. 23-26].

#### **IV. Методические рекомендации по выполнению курсовых работ**

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены.

#### **V. Методические рекомендации по подготовке доклада к практическим занятиям:**

Алгоритм создания доклада:

- 1 этап – определение темы доклада
- 2 этап – определение цели доклада
- 3 этап – подробное раскрытие информации
- 4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.