

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»  
Институт естественных наук  
Кафедра ботаники, зоологии и биоэкологии

**А. В. Рубцова**

## **БИОМОНИТОРИНГ**

Учебно-методическое пособие



Ижевск  
2025

УДК 57(075.8)

ББК 28я73

P827

*Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ*

**Рецензенты:** начальник отдела подготовки и отбора проб РЦ ГЭКМ УР АУ «Управление Минприроды УР» **И. В. Сырых**, кан. биол. наук, доцент, зав. каф. экологии и природопользования ИЕН ФГБОУ ВО «УдГУ» **Г. Р. Дюкина**.

**Рубцова А. В.**

P827 Биомониторинг : учеб.-метод. пособие / А. В. Рубцова. – Ижевск : Удмуртский университет, 2025. – 1,5 Мб. – Текст : электронный.

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Биомониторинг» предназначено в помощь студентам, обучающимся по направлению подготовки бакалавров Биология. Оно включает в себя требования к результатам освоения дисциплины, содержание курса, темы лабораторных занятий, вопросы и тесты для самостоятельной работы, список рекомендуемой литературы и информационных источников, контрольные вопросы к зачету.

Учебно-методическое пособие может быть полезно преподавателям и специалистам естественнонаучного профиля.

**Минимальные системные требования:**

Celeron 1600 Mhz; 128 Мб RAM; Windows XP/7/8 и выше, 8x DVD-ROM разрешение экрана 1024×768 или выше; программа для просмотра pdf.

© Рубцова А. В., 2025

© ФГБОУ ВО «Удмуртский

государственный университет», 2025

**Рубцова Анна Викторовна**

**Биомониторинг**

Учебно-методическое пособие

---

Подписано к использованию 29.12.2025

Объем электронного издания 1,5 Мб

Издательский центр «Удмуртский университет»

426034, г. Ижевск, ул. Ломоносова, д. 4Б, каб. 021

Тел. : +7(3412)916-364 E-mail: editorial@udsu.ru

---

## Содержание

<b>Введение</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1.</b> Дисциплина «Биомониторинг» – цели и задачи, место дисциплины в структуре ОПОП, общая трудоемкость, перечень планируемых результатов.	<b>4</b>
<b>Глава 2.</b> Рекомендуемая литература	<b>6</b>
<b>Глава 3.</b> Содержание лекционных занятий	<b>8</b>
<b>Глава 4.</b> Лабораторный практикум	<b>10</b>
<b>4.1.</b> Правила выполнения и оформления практических работ по курсу «Биологический мониторинг»	<b>9</b>
<b>4.2.</b> Практические работы по курсу «Биомониторинг»	<b>10</b>
<b>Раздел I. Биоиндикация загрязнения атмосферы</b>	
<i>Практическая работа №1 «Оценка состояния атмосферного воздуха на наличие некоторых загрязнителей по растениям-индикаторам»</i>	<b>10</b>
<i>Практическая работа №2 «Определение загрязнения окружающей среды пылью по ее накоплению на листовых пластинках растений»</i>	<b>12</b>
<i>Практическая работа №3 «Оценка качества воздуха по состоянию хвои сосны»</i>	<b>13</b>
<i>Практическая работа №4 «Биоиндикация загрязнения воздуха с помощью лишайников»</i>	<b>17</b>
<i>Практическая работа №5 «Комплексная оценка состояния природной среды по интегральным показателям состояния древесных насаждений»</i>	<b>22</b>
<b>Раздел II. Биоиндикация почвы</b>	<b>26</b>
<i>Практическая работа №6 «Индикация кислотности почв по видам растений»</i>	<b>27</b>
<i>Практическая работа №7 «Оценка солевого загрязнения почвы по листьям липы»</i>	<b>28</b>
<i>Практическая работа №8 «Оценка состояния древостоя смешанного леса»</i>	<b>29</b>
<i>Практическая работа №9 «Биоиндикация рекреационной нагрузки»</i>	<b>31</b>
<i>Практическая работа №10 «Определение степени увлажнения почвы по морфологии корневой системы одуванчика лекарственного»</i>	<b>32</b>
<b>Глава 5. Контролирующие материалы</b>	<b>34</b>
<b>5.1</b> Вопросы для самостоятельной работы	<b>34</b>
<b>5.2</b> Тесты для самостоятельной работы	<b>36</b>
<b>5.3.</b> Темы реферативных работ по дисциплине	<b>44</b>
<b>5.4.</b> Вопросы для подготовки к экзамену	<b>44</b>
<b>Список использованной литературы</b>	<b>46</b>
<b>Приложения</b>	<b>47</b>
<i>Приложение 1. Словарь терминов и определений</i>	<b>47</b>
<i>Приложение 2 Пример оформления титульного листа отчета по практической работе</i>	<b>49</b>

## **Введение**

Мониторинговые исследования, благодаря которым можно оценить состояние среды, факторы воздействия и степень экологического риска, играют не последнюю роль в решении задачи по снижению последствий природных и антропогенных экологических проблем. Характерными чертами таких проблем являются масштабность их проявления и неоднозначность воздействия как на отдельные регионы, так и на планету в целом.

Существует несколько подходов к индикации экологических условий, которые основаны на использовании либо абсолютных стандартов сравнения (контрольные экосистемы), либо относительных стандартов (корреляции с пространственно-временными изменениями антропогенных факторов среды). Для реализации этих задач используются разнообразные средства, объекты и материалы, применение которых зависит от типа анализируемой среды, экосистемы, а также возможностей исследователей. Поэтому понимание роли биомониторинга, его объектов, особенностей и методов необходимо для целостного развития ученых-биологов.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для бакалавров очной формы обучения по специальности «Биология» для упрощения и лучшего понимания материалов курса «Биомониторинг».

В учебно-методическом пособии представлены темы лекционных занятий с краткими аннотациями. Практические работы по освоению методов проведения биоиндикационных исследований включают 2 раздела – биоиндикация почвы и атмосферы. Биоиндикация вод отсутствует по причине достаточной специфичности данных работ и особенностей сроков проведения занятий (осень-зима). Практические работы приводятся по пособию: «Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие / под. ред. проф. И.С. Белюченко, проф. Е.В. Федоненко, проф. А.В. Смагина. – Краснодар: КубГАУ, 2014» с необходимыми исправлениями и дополнениями. Также приводится список рекомендуемой литературы, контролирующие материалы (вопросы для самостоятельной работы, зачета, тесты и темы рефератов) и словарь терминов (приложение 1).

### **Глава 1. Дисциплина «Биомониторинг» – цели и задачи, место дисциплины в структуре ОПОП, общая трудоемкость, перечень планируемых результатов.**

Дисциплина «Биомониторинг» входит в профессиональный цикл вариативной части ОП бакалавриата по профилю «Биология». Изучению дисциплины предшествуют общие курсы по ботанике, зоологии, экологии, основам геологии, географии и почвоведения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2,0 зачетных единицы, 72 академических часов. Объем контактной работы обучающихся с преподавателем составляет 30 часов, аудиторная работа: лекций – 10 академических часов, практических – 20. Объем самостоятельной работы составляет 42 академических часа. Промежуточная аттестация – зачет.

**Цель дисциплины:** формирование у студентов экологического мировоззрения и получение полного представления о возможностях использования разных форм биоиндикации, биотестирования и биомониторинга в экологических исследованиях, а также формирование способности оценивать состояние экосистем с помощью этих методов.

**Задачи изучения дисциплины:**

- изучение принципов и этапов организации биологического мониторинга;
- освоение стандартных унифицированных методов исследования экосистем и их компонентов;
- изучение показателей и критериев состояния окружающей среды;
- оценка комплексности воздействия стрессоров на организмы и дифференцированности их ответных реакций;
- изучение принципов выбора биоиндикаторов и тест-объектов.
- отработка навыков интерпретации, оформления, представления и презентации (докладов) результатов исследований.

В результате изучения дисциплины студент должен (ОПК-4):

**Знать:**

- теоретические и практические основы методов биомониторинга состояния водных, почвенных и наземных экосистем;
- методологические принципы планирования и проведения исследований естественных и искусственных экосистем.

**Уметь:**

- пользоваться литературой и владея первичной информацией, выбирать необходимые методы исследования для данной конкретной экосистемы;
- применять статистические методы оценки результатов лабораторных и полевых изысканий, и на этом основании правильно оформлять, интерпретировать, представлять и докладывать результаты исследований.

**Владеть:**

- навыками использования методов биомониторинга состояния водоемов, атмосферного воздуха и почв;
- навыками выбора и работы с тест-объектом для проведения биомониторинга состояния водоемов, атмосферного воздуха и почв.

## Глава 2. Рекомендуемая литература

Алексеев С.В. Изучаем экологию экспериментально: практикум по экологической оценке состояния окружающей среды. – Санкт-Петербург, 1993. – 98 с.

Антонова Ж.А. Биомониторинг: учебно-методическое пособие для лабораторных работ и самостоятельной работы студентов экологического факультета направления подготовки бакалавриата 05.03.06 – Экология и природопользование. – Ульяновск: УлГУ, 2019. – 18 с.

Антонова Ж.А. Рассадина Е.В. Методы экологических исследований [Электронный ресурс]: электрон. учеб. курс: учеб. пособие. – Ульяновск: УлГУ, 2015.

Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: учебное пособие для вузов / под. ред. Р. Шуберта. – М.: «Мир», 1988. – 65 с.

Биологический мониторинг: учебное пособие / Т.А. Евстифеева, Л.Г. Фабарисова. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 119 с.

Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование: учебное пособие / О.П. Мелехова [и др.]; ред.: О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева. – Москва: Академия, 2010. – 288 с.

Герасименко В.П. Практикум по агроэкологии [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

Климентова Е.Г. Громов Л.М. Биодиагностика и биоиндикация почв: учеб.-метод. пособие. – Ульяновск: УлГУ, 2004. – 64 с.

Конюшко В.С., Лешко А.А., Чубаро С.В. Биологические индикаторы как объект внеклассной работы в школе: учебное пособие для вузов. – Витебск, 1998. – 154 с.

Латышенко К.П. Экологический мониторинг [Электронный ресурс]: учебник и практикум. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru>.

Лихачев С.В. Биомониторинг: методические указания. – Пермь: ФГБОУ ВО ПГСХА, 2016. – 26 с.

Осипенко Г.Л. Биомониторинг и биоиндикация: практическое руководство. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 39 с.

Мусатова О.В. Биоиндикация и биоповреждения: методические рекомендации к лабораторным работам. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2006. – 32 с.

Мэннинг У.Дж., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 211 с.

Основы биологического мониторинга: учебное пособие / В.А. Жигульский, В.Ф. Шуйский, А.И. Потапов, Н.А. Соловей, Н.С. Царькова, Т.С. Былина. – СПб.: Нестор-История, 2012. – 70 с.

Пономаренко О.И., Ботвинкина М.А. Методы контроля природных объектов и мониторинг окружающей среды: учебно-методическое пособие. – Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2011. – 89 с.

Разяпов А.З. Методы контроля и системы мониторинга загрязнений окружающей среды: моногр. – М.: МИСиС, 2011. – 220 с.

Рассадина Е.В., Климентова Е.Г. Биодиагностика и индикация почв [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие. – Ульяновск: УлГУ, 2016.

Ступин Д.Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

Экологический мониторинг: учеб.-метод. пособие / под ред. Т. Я. Ашихминой. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва; Киров: Академ. проект: Константа, 2006. – 416 с.

### ***Периодические издания***

Экология; Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация ВИНТИ; Проблемы региональной экологии; Экологический вестник России; Экология и жизнь.

### ***Электронно-библиотечные системы:***

IPRbooks [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система / группа компаний Ай Пи Эр Медиа . Электрон. дан. Саратов, [2019]. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>.

База данных периодических изданий [Электронный ресурс]: электронные журналы / ООО ИВИС. Электрон. дан. Москва, [2019]. – Режим доступа: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>.

Консультант студента [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система / ООО Политехресурс. Электрон. дан. Москва, [2019]. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/pages/catalogue.html>.

Научная библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (НБ МГУ). – Режим доступа: <http://nbmgu.ru/>

Научная библиотека Пермского государственного университета (НБ ПГУ). – Режим доступа: <http://www.library.psu.ru>

Национальная электронная библиотека [Электронный ресурс]: электронная библиотека. Электрон. дан. Москва, [2019]. – Режим доступа: <https://нэб.рф>.

Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Российской академии наук (ЦНСХБ Россельхозакадемии). – Режим доступа:

<http://www.cnsnb.ru>

ЭБС издательского центра «Лань». <http://e.lanbook.com/>. Доступ не ограничен.

Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс]: электронная библиотека / ФГБУ РГБ. Электрон. дан. Москва, [2019]. – Режим доступа: <https://dvs.rsl.ru>.

Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукоонт». Коллекция «Электронная библиотека авторефератов диссертаций ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева» (массив документов с 1992 года по настоящее время) (Контракт №52 от 14 марта 2016 г.). – Режим доступа: <http://rucont.ru/>. Доступ не ограничен.

ЮРАЙТ [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. Электрон. дан. Москва, [2019]. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

### **Глава 3. Содержание лекционных занятий**

#### ***Лекция 1. Понятие биологического мониторинга. История развития науки. Диагностика стрессовых состояний живых организмов.***

Понятие биологического мониторинга как составной части экологического мониторинга. Объекты биологического мониторинга. Роль трудов ученых различных эпох в развитии и становлении науки. Метод фитоиндикации – суть, уровни применения. Определение понятий «диагностика», «симптом». Показатели нарушения нормальной жизнедеятельности. Эффекты воздействия (острый, хронический) и их примеры. Понятие «стресс». Классификация стресса. Стрессоры окружающей среды (химические, физические, механические, энергетические). Нагрузки, вызываемые стрессорами (обратимые и необратимые). Антропогенные стрессоры, их отличия и влияние на адаптивные способности организмов.

#### ***Лекция 2. Понятие биоиндикатора. Стандартизация индикаторных и аккумулирующих растений. Контроль в биоиндикации.***

Понятие «биоиндикатор». Виды биоиндикаторов (прямые, косвенные). Индикаторные признаки. Преимущества и недостатки биоиндикации. Фитоиндикационные методы и их свойства. Биоиндикаторы, применяемые в различных научных областях. Объекты биоиндикации. Понятие индикаторных и аккумулирующих растений. Антропотолерантность, ее признаки и свойства. Роль стандартизации в биоиндикаторных исследованиях. Правила выбора фитоиндикаторов. Соответствие фитоиндикатора, условий и целей исследования. По-

нятие «контроль». Анализ биологического материала – типы, способы, методы. Морфологический (визуальный) анализ. Гистологический анализ. Химический анализ. Дистанционные методы в биоиндикации.

### ***Лекция 3. Биоиндикация атмосферы. Особенности поведения загрязняющих веществ в окружающей среде.***

Выведение загрязняющих веществ из атмосферы. Способы проникновения загрязняющих веществ в растения. Понятие облачного и подоблачного вымываний, сухого выпадения. Эффективность выпадения загрязняющих веществ. Накопление загрязняющих веществ в пищевых цепях.

### ***Лекция 4. Биоиндикация почвы.***

Роль глинисто-гумусового комплекса и его роль в движении ионов в почве. Минерализация почв. Закисление и засоление почв. Основные показатели деградации почв. Роль реакции почвенной среды в минеральном питании растений. Понятие кислотности почв, ее типы (актуальная, потенциальная). Изменение реакции почвы. Оподзоливание и латеризация. Понятие засоления почв. Химические типы засоления и их влияние на растения. Типы засоленных почв. Засоление почв – происхождение, роль в нарушении минерального питания растений. Солеустойчивость, классификация, степень солеустойчивости различных растений. Галофиты – типы и их анатомо-морфологические признаки. Особенности засоления почв населенных пунктов.

### ***Лекция 5. Биоиндикация на различных уровнях организации живого.***

Биоиндикация на субклеточном и клеточном уровнях – преимущества и недостатки. Результат воздействия загрязнителей на субклеточном и клеточном уровнях. Организменный уровень биоиндикации. Морфологические параметры растений при организменном уровне биоиндикации. Животные-биоиндикаторы – изменение особенностей внешнего вида, физиологии и поведения. Популяционно-видовой уровень биоиндикации. Роль антропогенных факторов.

## **Глава 4. Лабораторный практикум**

### ***4.1. Правила выполнения и оформления практических работ по курсу «Биологический мониторинг»***

Для получения зачета по курсу «Биологический мониторинг» каждому студенту необходимо выполнить минимум 5 практических работ (выбор работ студент осуществляет самостоятельно, при этом среди выбранных работ должны быть темы из разделов «Биоиндикация почв» и «Биоиндикация атмосферы»).

Выполнение практических работ может осуществляться как индивидуально, так и группами по 2-5 человек. При выполнении практических работ обязательна фотофиксация работы – фотосъемка места проведения работы, участников группы в процессе исследования, объектов исследования, отобранных для исследования частей растений, и прочее.

Выполненные практические работы сдаются преподавателю в виде файлов-отчетов с расширением \*.doc, \*.docx, \*.ppt в срок до 1 ноября.

В файле-отчете должны обязательно присутствовать следующие элементы: 1. Титульный лист, содержащий название практической работы и список исполнителей (приложение 2); 2. Карта-схема территории, где проводилась работа, с привязкой к местности; 3. Фотографии выполнения основных этапов работы; 4. Таблицы, схемы, фотографии и прочее, подтверждающее выводы; 5. Выводы по проделанной работе.

#### ***4.2. Практические работы по курсу «Биомониторинг»***

### **Раздел I. Биоиндикация загрязнения атмосферы**

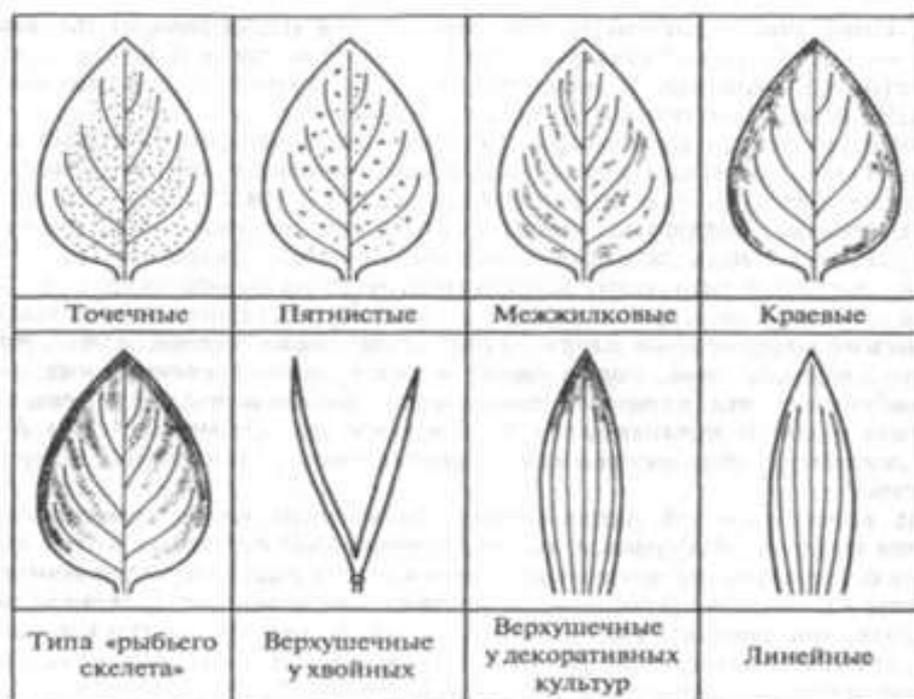
#### ***Практическая работа №1***

#### ***Оценка состояния атмосферного воздуха на наличие некоторых загрязнителей по растениям-индикаторам***

При ухудшении качества атмосферного воздуха и избыточном накоплении каких-либо газообразных загрязняющих веществ у некоторых наиболее чувствительных растений отмечаются различные визуальные изменения: изменение окраски, отмирание тканей (некрозы) и др. (рис. 1), что приводит к нарушению процесса фотосинтеза или полному его прекращению вплоть до отмирания клеток (табл. 1).

***Цель работы:*** Определить наличие загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

***Материалы и оборудование:*** определители и каталоги-атласы растений; лупа.



**Рис. 1. Формы некрозов на листьях цветковых растений и на хвое**  
(по: Шуберт, 1988)

Таблица 1

**Признаки повреждения некоторых древесных растений в зависимости от различных загрязняющих веществ**

Газообразный загрязнитель	Вид (порода)	Внешние признаки повреждения растения
Диоксид серы	Сосна обыкновенная	Побурение кончиков игл (хвоинок)
	Ель обыкновенная	Хвоя буреет и опадает
	Клен американский	Обширное межжилковое обесцвечивание листьев
	* Лишайники	Очень малое число видов, кроме самых устойчивых, или их полное отсутствие
Фтористый водород	Пихта европейская	Цвет поврежденных участков хвои меняется от зеленого до красновато-бурого
Озон	Сосна обыкновенная	Концы игл приобретают красновато-коричневый цвет, наблюдается крапчатость хвои
	Клен американский	Красновато-пурпурные точки на старых листьях

\* – эпифиты, обитающие на коре деревьев

**Ход работы**

1. Выбрать участки в разных районах населенного пункта с наличием указанных в табл. 1–2 видов (пород).

**Чувствительность некоторых древесных пород к длительному  
загрязнению воздуха**

<b>Виды растений</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>HF</b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>HCl, Cl<sub>2</sub></b>
Ель обыкновенная	+++	+++	++	+++
Сосна обыкновенная	+++	++	++	+++
Пихта сибирская	+++	+++	++	+++
Лиственница сибирская	++	++	++	++
Липа мелколистная	++	++	+++	?
Рябина обыкновенная	++	?	?	?
Береза повислая	++	+	++	?
Береза пушистая	++	++	?	?
Вяз шершавый	+	?	?	?
Осина (Тополь дрожащий)	+	?	?	+
Сирень обыкновенная	+	+	?	?
Шиповник собачий	+	+	?	?
Дуб черешчатый	-	-	-	++
Клен ясенелистный	-	+	+	-
Бузина красная	-	-	-	?
Бересклет европейский	-	?	-	?
Слива садовая	?	+++	?	?
Лещина обыкновенная	?	++	?	?
Яблоня домашняя	?	++	?	?
Каштан конский	?	+	?	?

Примечание: «-» – нечувствительные; «+» – малочувствительные; «++» – чувствительные; «+++» – очень чувствительные; «?» – реакция недостаточно изучена.

2. Описать состояние листьев на деревьях, отмечая возраст листьев, пораженность вредителями или болезнями; расположение относительно сторон света. Результаты по каждому виду растений-индикаторов представить в табличной форме.

3. По выявленным признакам повреждения растения сделать вывод о характере избыточного накопления газообразных загрязняющих веществ.

***Практическая работа №2***

**Определение загрязнения окружающей среды пылью по ее накоплению на  
листовых пластинках растений**

Пыль вызывает нарушение работы дыхательных путей вплоть до различных заболеваний верхних дыхательных путей и легких, провоцирует простудные и аллергические заболевания, кашель, слезотечение.

Косвенным показателем количества пыли, осаждающейся из воздуха на поверхность земли и содержащей целый ряд загрязняющих веществ (выбросы керамических, цементных, кирпичных заводов, частички шин и асфальтового покрытия, просто частички почвы и различных солей), может служить степень запыленности листовых пластинок лиственных древесно-кустарниковых пород

в различных местах исследований: у дороги, возле промышленных предприятий, жилых домов, в парке, у водоема.

**Цель работы** – определить степень запыленности воздуха по листьям листопадных пород различными методами.

**Материалы и оборудование:** клейкая лента (скотч); ножницы; листы белой бумаги; карта населенного пункта или его части.

### ***Ход работы***

1. При определенном точечном источнике загрязнения (автодорога, промышленное предприятие) модельные растения лучше брать через равные промежутки расстояния от него, учитывая розу ветров или направление ветра, предшествующее исследованию. Лучше проводить опыт несколько раз: после дождя, во время засухи и т.п.

2. Следует брать листья, незатененные другими частями растений, с обеих сторон – со стороны источника загрязнения и с обратной, на высоте 1,5–3,0 м (высота слоя воздуха на уровне дыхательных путей человека). При выборе следует исключить поражение листьев вредителями, фитопатогенными грибами, так как это даст абсолютно недостоверную картину. Одновременно следует отобрать листья с деревьев, произрастающих в чистой зоне (контроль).

3. Для определения количества пыли на листьях в выбранных участках, следует приложить к листьям клейкую ленту скотча, затем отрезать кусочек скотча и аккуратно отделить его от листа. Кусочки скотча прикрепить на лист белой бумаги типа альбомной, где заранее отметить № точки и сделать ее описание. Количество образцов – не менее трех с каждой стороны и не менее шести с каждого дерева точки-площадки. Деревья должны быть одной породы в количестве не меньше трех. Самая подходящая порода – тополь.

4. Сравнить результаты определения количества пыли на листьях и сделать вывод о степени запыленности атмосферного воздуха на данной территории и, соответственно, его качестве.

### ***Практическая работа №3***

#### **Оценка качества воздуха по состоянию хвои сосны**

Хвоя сосны – редуцированные листья со сниженной транспирацией, вследствие чего они не опадают на зиму и способны сохраняться на побегах сосны, в зависимости от чистоты воздуха и по разным данным, от трех до семи лет (обычно до четырех лет). Однако именно малая поверхность листьев и многолетний срок жизни («вечнозеленость») делает их уязвимыми к различным за-

грязнениям – химическим и механическим, которые приводят к снижению интенсивности фотосинтеза из-за разрушения хлорофилла и, как следствие, к хлорозам и некрозам.

Метод пригоден для больших и малых территорий в любое время года. При использовании многих биометрических показателей и переводе их в баллы возможно картирование больших территорий.

Сосновые леса в умеренной зоне являются «эталоном биодиагностики» по сравнению с другими хвойными породами (в порядке убывания чувствительности: ель обыкновенная – пихта – сосна – ель колючая – лиственница), так как хвоя сосны очень чувствительна к загрязнениям воздуха диоксидом серы ( $\text{SO}_2$ ), хлором ( $\text{Cl}_2$ ), хлористым водородом ( $\text{HCl}$ ), фтористым водородом ( $\text{HF}$ ), аммиаком ( $\text{NH}_3$ ), диоксидом азота ( $\text{NO}_2$ ) (загрязняющие вещества расположены в порядке убывания чувствительности к ним). При периодическом воздействии оксидов серы и азота, т.е. при очень сильном загрязнении, хвоя сохраняется только на побегах текущего года и приобретает темно-красный цвет.

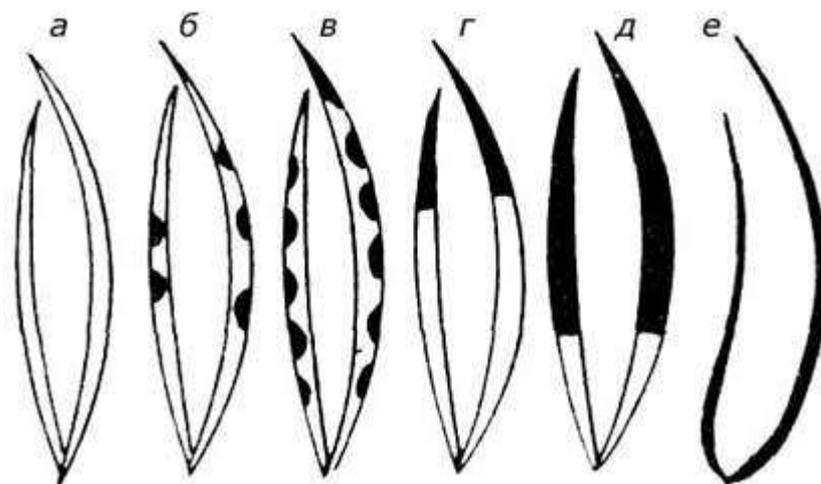
В сосновых лесах, окружающих крупные города или техногенные зоны, при хроническом загрязнении диоксидом серы отмечается снижение массы хвои на 30-60 % в сравнении с контрольными участками, а также преждевременное ее опадение.

**Цель работы** – определить качество воздуха по возрасту и степени повреждения хвои.

**Материалы и оборудование:** лупа; бумажные пакеты; линейка.

### **Ход работы**

1. Подобрать участки сосновых насаждений в условиях населенного пункта: в условиях загрязнения и на сравнительно чистой территории. Деревья для изучения лучше брать на относительно открытых местах, т.к. здесь повреждения наиболее выражены и заметны. Среди сосен лучше взять молодые растения высотой 1-1,5 м или использовать боковые побеги с четвертыми от его верха мутовками (4-й год жизни), осмотреть также участок предыдущего года – второй сверху на центральном побеге (рис. 2).



**Рис. 2. Повреждение и усыхание хвои сосны:**

**а** – хвоя без пятен (класс повреждения 1), нет сухих участков (класс усыхания 1); **б** – хвоя с небольшим числом мелких пятен (класс повреждения 2), нет сухих участков (класс усыхания 1); **в** – хвоя с большим числом черных и желтых пятен (класс повреждения 3), усох кончик хвои (класс усыхания 2); **г** – усохла треть хвои (класс усыхания 3); **д** – усохло более половины длины хвои (класс усыхания 4); **е** – вся хвоя желтая и сухая (класс усыхания 4).

2. Для получения достоверных результатов отобрать 200-300 хвоинок второго года жизни с каждого участка, разобрать хвою на несколько групп по степени повреждения (рис. 2).

*Классы повреждения хвои:* 1 – хвоя без пятен; 2 – небольшое число мелких пятен; 3 – большое число желтых и черных пятен.

*Классы усыхания хвои:* 1 – нет сухих участков; 2 – кончик усох на 2-5 мм; 3 – усохла треть хвоинки; 4 – усохло более половины длины; 5 – вся хвоя желтая и сухая (некроз).

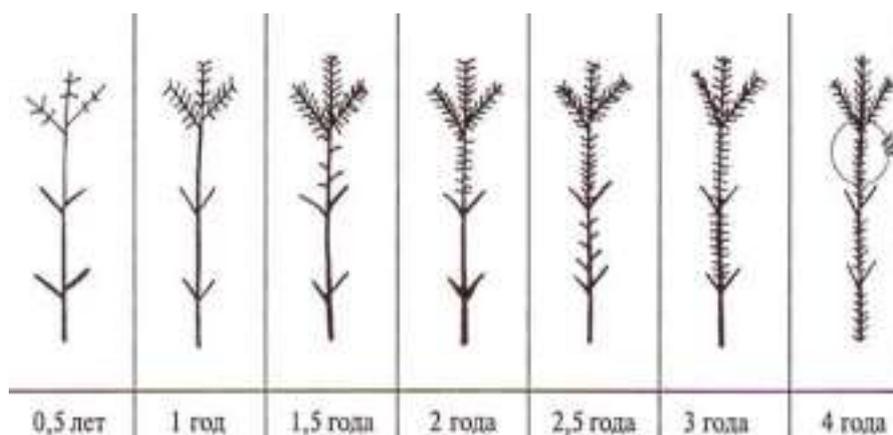
*Можно также провести статистическую обработку линейных размеров шишек (по 100-200 штук), собранных на разных участках или на одном участке, если мониторинг проводят в течение ряда лет с целью прогноза изменений среды.*

3. Определить классы усыхания и повреждения хвои. Занести полученные данные в таблицу 3.

4. Оценить продолжительность жизни хвои, зная, что каждая мутовка сверху – год жизни хвои. Считается также мутовка с небольшим количеством оставшейся хвои (доля остатка). Таким образом, полный возраст хвои равен числу участков ствола (мутовок) с полностью сохранившейся хвоей плюс доля сохранившейся хвои на плохо охвоенном участке (рис. 3).

## Состояние сосновой хвои на исследуемых участках

Участок	Класс усыхания хвои сосны				
	1	2	3	4	5
Количество/доля, %					
1					
2					
3					
...					



*Рис. 3. Участок побега, на котором проводят обследование хвои для экспресс-анализа качества воздуха*

## Оценка качества воздуха по возрасту и степени повреждения хвои

Возраст хвои	Класс повреждения хвои 2-го года жизни		
	1	2	3
4	I	I-II	III
3	I	II	III-IV
2	II	III	IV
2	-	IV	IV-V
1	-	IV	V-VI
1	-	-	VI

*Примечание:* I – очень чистый воздух; II – чистый; III – относительно чистый («норма»); IV – заметно загрязненный («тревога»); V – грязный («опасно»); VI – очень грязный («вредно»); «-» – невозможное сочетание.

5. По продолжительности жизни хвои и баллам повреждения оценить качество воздуха по таблице 4 для каждого участка:

6. Сделать вывод о качестве воздуха.

### **Биоиндикация загрязнения воздуха с помощью лишайников**

Лишайники – особая форма жизни, представляющая симбиоз водоросли и гриба. Поскольку лишайники лишены покровных тканей и гигроскопичны за счет мицелия, то водорослевый компонент очень чувствителен к загрязненности воздуха, особенно диоксидом серы. Лишайники, особенно эпифитные, – самый чувствительный индикатор общего загрязнения воздуха, т.к. получают питание непосредственно из окружающей среды – в составе атмосферных осадков, росы, туманов, пыли, которые оседают на слоевищах. Средний возраст лишайников от 30 до 80 лет, у некоторых – несколько сотен лет. Растут они очень медленно – 1–8 мм в год.

Лишайники выбраны объектом глобального мониторинга благодаря своей чувствительности, незначительной изменчивости по сравнению с другими организмами и широкому распространению по всему Земному шару и самым различным местообитаниям. В настоящее время методы лишайноиндикации достаточно хорошо разработаны и широко применяются, в частности, для картирования загрязненности атмосферного воздуха на основе изучения лишайниковых группировок и вычисления различных индексов.

Наиболее информативны методы лишайноиндикации при исследовании больших территорий и наличии мощного источника загрязнения воздуха. Следует также помнить, что лишайники довольно чувствительны к затенению.

Ответные реакции проявляются в уменьшении размера и изменении цвета талломов (разрушение пигментов водоросли), формы таллома (нарушение радиальности нарастания мицелия), консистенции (потеря упругости, хрупкость); в отсутствии или малом числе плодовых тел; наконец, в резком снижении числа видов вплоть до полного исчезновения (зона «лишайниковой пустыни» при среднегодовой концентрации диоксида серы более  $0,3 \text{ мг/м}^3$ ). По уменьшению обилия лишайников (степень покрытия коры деревьев) можно судить о величине стресса на сильно загрязненных территориях. Летальная доза для большинства лишайников составляет примерно  $52 \text{ мг/м}^3 \text{ SO}_2$  (таблица 5).

Кроме того, лишайники являются хорошими аккумуляторами загрязняющих веществ, в частности тяжелых металлов, и химический анализ содержания тяжелых металлов (кроме Mn) в талломах лишайников достаточно адекватно отражает их распределение в приземном слое атмосферы.

По степени чувствительности к антропогенным факторам было выделено 10 классов полеотолерантности (табл. 6): вид относится к тому классу, при антропогенных условиях которого он наиболее часто встречается, имеет наивысшие показатели покрытия и жизненности, т.е. является индикатором этих условий. Так, к 1-му классу относятся обитатели естественных местообитаний прак-

тически без антропогенного влияния: повсеместно это многие виды рода *Usnea*, а для 9-10-го классов при сильно и очень сильно измененных местообитаниях обычен, например, космополит *Xanthoria parietina* (ксантория настенная) или *Lepraria incana* (лепрария седая).

Таблица 5

**Встречаемость лишайников в разных частях города в зависимости от среднего количества диоксида серы в воздухе**

<b>Зоны лишайников</b>	<b>Район города</b>	<b>Концентрация диоксида серы</b>
«Лишайниковая пустыня» (лишайники практически отсутствуют)	Центр города и промышленные районы с сильно загрязненным воздухом	Свыше 0,3 мг/м <sup>3</sup>
«Зона угнетения» (флора бедна – фисции, леканоры, ксантории)	Районы города со средней загрязненностью	0,05-0,3 мг/м <sup>3</sup>
«Зона нормальной жизнедеятельности» (максимальное видовое разнообразие; встречаются и кустистые виды – уснеи, анаптихии, алектории)	Периферийные районы и пригороды	Менее 0,05 мг/м <sup>3</sup>

Безусловно, для многих видов класс полеотолерантности зависит от конкретных природных условий и специфики лишайнофлоры региона.

**Цель работы** – определить степень загрязнения воздуха по степени проективного покрытия лишайниками стволов деревьев.

**Оборудование и материалы:** атлас-определитель лишайников; лупа; палетка из плотного прозрачного пластика в виде квадрата размером 10 x 10 см (каждая сторона разбита на 10 частей).

**Классы полеотолерантности и типы местообитаний эпифитных лишайников  
(по Х.Х. Трассу, 1985)**

Классы полеотолерантности	Типы местообитаний лишайников и их встречаемость	Виды
I	Естественные, без ощутимого антропогенного воздействия	<i>Lecanora abietina</i> , <i>Parmeliella</i> spp., самые чувствительные виды рода <i>Usnea</i>
II	Естественные (часто) и слабо антропогенно измененные (редко)	<i>Evernia divaricata</i> , <i>Lecanora coilocarpa</i> , <i>Parmeliopsis aleurites</i> , <i>Ramalina calicaris</i>
III	Естественные (часто) и слабо антропогенно измененные (часто)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Pertusaria pertusa</i> , <i>Usnea subfloridana</i>
IV	Естественные (часто) и слабо (часто) и умеренно антропогенно измененные (редко)	<i>Cetraria pinastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>Usnea filipendula</i>
V	Естественные и слабо и умеренно антропогенно измененные с равной встречаемостью	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>Lecanora subfuscata</i> , <i>Parmelia olivacea</i> , <i>Physcia aipolia</i>
VI	Естественные (сравнительно редко) и умеренно антропогенно измененные (часто)	<i>Evernia prunastri</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Lecanora allophana</i> , <i>Usnea hirta</i> , <i>Hypocenomyce scalaris</i> , <i>Pertusaria discoidea</i>
VII	Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененные	<i>Lecanora varia</i> , <i>Parmelia sulcata</i> , <i>Pertusaria amara</i> , <i>Physcia ascendens</i>
VIII	Умеренно и сильно антропогенно измененные (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca cerina</i> , <i>Physconia grisea</i> , <i>Ramalina pollinaria</i>
IX	Сильно антропогенно измененные (часто)	<i>Phacophyscia orbicularis</i> , <i>Xanthoria parietina</i>
X	Очень сильно антропогенно измененные (встречаемость и жизнеспособность видов низкие)	<i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>Scoliciosponim chlorococcum</i>

### *Ход работы*

1. Выбрать не менее двух участков (для многолетнего мониторинга гораздо больше), различающихся по условиям местообитания: опытный и контрольный.

2. На участках, если они достаточно большие, подобрать пробные площадки.

3. На площадке выбрать модельные деревья – не менее трех (оптимально 10) – одной породы (с одинаковой структурой коры), возраста (диаметр ствола), не имеющих повреждений.

4. На каждом дереве с обеих сторон (в направлении источника загрязнения и противоположно, можно с четырех частей света) приложить прозрачную палетку к стволу на высоте 1,3 м (можно также дополнительно у основания ствола) – всего 2 (4 или 8 – см. выше) повторности. Описать виды лишайников и сделать оценку их проективного покрытия (ПП).

Оценку ПП можно делать с помощью шкалы – «на глаз» или по формуле – для каждого вида, для одного дерева, для каждой площадки (путем суммирования и усреднения).

*Шкала:* 1 балл – 1-3 %; 2 – 3-5 %; 3 – 5-10 %; 4 – 10-20 %; 5 – 20-30 %; 6 – 30-40 %; 7 – 40-60 %; 8 – 60-80 %; 9 – 80-100%.

*Формула:*

$$\text{ПП (\%)} = 100a + 50b / 100,$$

где «а» – число квадратов палетки с ПП больше 50 %, «в» – число квадратов палетки с ПП меньше 50 %, далее см. шкалу.

5. Заполнить таблицу (таблица 7) для каждого участка.

Таблица 7

#### **Проективное покрытие (ПП) лишайников для участка № 1**

Порода дерева №	Виды лишайников		
	Вид 1	Вид 2	...
1	ПП <sub>1</sub>		
	ПП <sub>2</sub>		
	...		
2			
Среднее			
Балл			

*Примечания:* ПП с индексами означает вариант измерения, например – для определенной высоты и стороны; число индексов и, соответственно, значений ПП будет зависеть от числа повторностей (измерений) для каждого дерева – см. выше описание работы

6. Выявить степень загрязнения воздуха с помощью индексов и проанализировать результаты по их значениям. Сделать вывод.

#### ***Вычисление индексов для оценки чистоты атмосферы.***

Индекс полеотолерантности (IP) соответствует определенной concentra-

ции газообразных соединений, загрязняющих атмосферу. Вычисляется по формуле:

$$IP = \sum \frac{a_i * c_i}{C_{in}}$$

где  $\Sigma$  – знак суммы;

$a_i$  – класс полеотолерантности  $i$ -го вида (в условиях города обычно 9-10);

$c_i$  – ПП вида;

$C_{in}$  – суммарное покрытие видов.

Рассчитывают IP для каждого участка. Показатели IP колеблются от 0 до 10. Чем выше значение IP, тем более загрязнен воздух (табл. 8).

Сложность метода IP заключается в определении видов лишайников и знании класса полеотолерантности для каждого вида в определенном регионе, без чего данные будут не совсем точные.

Таблица 8

### Значения IP и годовые концентрации SO<sub>2</sub>

Значение IP	Концентрация SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Зона по степени загрязнения воздуха
1-2	–	Нормальная
2-5	0,01-0,03	Относительно благополучная
5-7	0,03-0,08	- «» -
7-10	0,08-0,10	Критическая
10	0,10-0,30	- «» -
0	более 0,3	Лишайниковая «пустыня»

Таблица 9

### Оценка частоты встречаемости и степени ПП лишайников по 5-балльной шкале

Частота встречаемости	Степень ПП, %	Балл оценки
Очень редко	Очень низкая менее 5%	1
Редко	Низкая 5-20%	2
Довольно редко	Средняя 20-40%	3
Часто	Высокая 40-60%	4
Очень часто	Очень высокая 60-100%	5

*Индекс относительной чистоты атмосферы (ОЧА):* не требует знания видов и класса полеотолерантности. Проводится учет жизненных форм лишайников: накипные (Н), листоватые (Л) и кустистые (К). Оцениваются средние показатели встречаемости и ПП (см. выше) для каждой формы (таблица 9).

$$ОЧА = Н + 2Л + 3К / 30$$

Чем выше значение ОЧА – ближе к 5 – тем чище воздух.

## ***Практическая работа №5***

**Комплексная оценка состояния природной среды по интегральным показателям состояния древесных насаждений** (по Е.Г. Мозулевской и др., 1997).

В качестве надежных индикаторов состояния лесов и состояния природной среды можно использовать сумму признаков и интегральных показателей, характеризующих последовательно: 1) состояние деревьев, 2) состояние древостоев и других компонентов лесных биогеоценозов (экосистем), 3) лесных территорий и природно-территориальных комплексов разного ранга.

***Цель работы*** – оценить состояние деревьев и насаждений.

***Материалы и оборудование:*** определители и атласы-каталоги растений; рулетка; линейка.

### ***Ход работы***

1. Выбрать пробные площадки в древесных насаждениях в разных районах населенного пункта.

2. Описать состояние листьев или хвои на деревьях, отмечая признаки, указанные в таблице 10, рисунке 4. Результаты по каждому виду (породе) растений представить в табличной форме.

3. По соотношению выявленных категорий деревьев оценить состояние древостоя на изучаемой территории и выделить классы состояния насаждений.

Состояние деревьев определяется по сумме биоморфологических признаков: густоте и цвету кроны, ее охвоенности (облиственности), определяемых по четырем или пяти градациям; цвету и поврежденности хвои (листвы), некрозам инфекционного и неинфекционного характера, наличию членистоногих (насекомых и клещей) и патогенов, относительным приростам побегов и ствола, возрасту сохраняющейся на побегах хвои (среднему и предельному), наличию сухих ветвей, состоянию коры и луба.

На основании всех этих и некоторых других признаков, дополняющих перечисленные показатели, устанавливается категория состояния дерева, являющаяся его интегральной характеристикой (табл. 10).

### Характеристика категорий состояния деревьев

Категория деревьев	Основные признаки	Дополнительные признаки
1	2	3
<b>Хвойные породы</b>		
1 – без признаков ослабления	Хвоя зеленая блестящая, крона густая, прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий места произрастания и сезона	–
2 – ослабленные	Хвоя часто светлее обычного, крона слабо ажурная, прирост уменьшен не более чем наполовину по сравнению с нормальным	Возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей
3 – сильно ослабленные	Хвоя светло-зеленая или сероватая матовая, крона ажурная, прирост уменьшен более чем наполовину по сравнению с нормальным	Возможны признаки повреждения ствола, корневых лап, ветвей, объедания хвои, выраженные сильнее, чем у предыдущей категории деревьев; попытки поселения или удавшееся местное заселение стволовых вредителей на стволе или ветвях
4 – усыхающие	Хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая, крона заметно изрежена, прирост текущего года еще заметен или отсутствует	Признаки повреждения ствола и других частей дерева выражены сильнее, чем у предыдущей категории, возможны признаки заселения дерева стволовыми вредителями (смоляные воронки, буровая мука, насекомые на коре, под корой и в древесине)
5 – сухостой текущего года	Хвоя серая, желтая или бурая, крона часто изрежена, мелкие веточки сохраняются, кора сохранена или осыпалась лишь частично	Признаки предыдущей категории; в конце сезона возможно наличие на части дерева вылетных отверстий насекомых
6 – сухостой прошлых лет	Хвоя осыпалась или сохранилась лишь частично, мелкие веточки, как правило, обломались, большая часть ветвей и коры осыпалась	На стволе и ветвях имеются вылетные отверстия насекомых, под корой – обильная буровая мука и грибница дереворазрушающих грибов

1	2	3
<b>Лиственные породы</b>		
0 – без признаков ослабления	Листва зеленая, блестящая, крона густая, прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий места произрастания и сезона	-
1 – ослабленные (в кроне до 25 % сухих ветвей)	Листва зеленая; крона слабо ажурная, прирост может быть ослаблен по сравнению с нормальным	Могут быть местные повреждения ветвей, корневых лап и ствола, механические повреждения, единичные водяные побеги
2 – ослабленные (сухих ветвей 25-50 %)	Листва мельче или светлее обычной, преждевременно опадает, крона изрежена	Признаки предыдущей категории выражены сильнее, попытки поселения или удавшиеся местные поселения стволовых вредителей, сокоотечение и водяные побеги на стволе и ветвях
3 – сильно ослабленные (сухих ветвей 50-75 %)	Листва мельче или светлее обычной, преждевременно опадает, крона изрежена	Признаки предыдущей категории выражены сильнее; попытки поселения или удавшиеся местные заселения стволовых вредителей, сокоотечение и водяные побеги на стволе и ветвях
4 – усыхающие сухокронные (в кроне более 75 % сухих ветвей)	Листва мельче, светлее или желтее обычной, преждевременно опадает или увядает, крона сильно изрежена	На стволе и ветвях возможны признаки заселения стволовыми вредителями (входные отверстия, насечки, сокоотечение, буровая мука и опилки, насекомые на коре, под корой и в древесине), обильные водяные побеги, частично усохшие или усыхающие
5 – сухостой текущего года	Листва усохла, увяла или преждевременно опала, мелкие веточки и кора сохранились	На стволе, ветвях и корневых лапах часто признаки заселения стволовыми вредителями и поражения грибами
6 – сухостой прошлых лет (старый)	Листва и часть ветвей опали, кора разрушена или опала на большей части ствола	Имеются вылетные отверстия насекомых на стволе, ветвях и корневых лапах, на коре и под корой – грибница и плодовые тела грибов

При необходимости более детального изучения состояния древостоя с целью их подробной характеристики допускается введение дополнительных категорий деревьев. Так, ветровал и бурелом учитывают отдельно с указанием времени их образования (например, для хвойных деревьев 7-я категория – ветровал, 8-я – бурелом, индекс «а» – текущего года, индекс «б» – прошлых лет).

Состояние древостоя оценивается по его структуре, количественному соотношению деревьев разных категорий и их поврежденности вредителями, болезнями, поллютантами, огнем и другими факторами.

Состояние биогеоценоза (экосистем) определяют по составу и структуре всех его компонентов и их соответствию условиям местопроизрастания и этапам развития насаждения и по нарушенности лесной среды. Оценка включает в себя показатели состояния древостоя и лесной среды в целом, в том числе данные анализа видового состава и структуры дендрофильной энтомофауны и других компонентов лесного биогеоценоза.



**Рис. 4. Признаки дефолиации крон и ветвей сосны.**

*0 – нормальная крона и ветка; 1 – слабая дефолиация; 2 – умеренная дефолиация; 3 – сильная дефолиация.*

При оценке состояния насаждений в конкретных обстоятельствах места и времени, само состояние можно представить как мгновенную фиксацию положения насаждения на кривой перехода системы от устойчивого равновесия к утрате устойчивости и потере присущих этой системе свойств. Очевидно, что форма кривых изменения устойчивости лесов, испытывающих воздействие факторов разной природы и продолжительности, в различных ситуациях и на разных этапах развития экосистем будет индивидуальной.

Однако в пределах любой из них можно выделить типологически однородные зоны: 1 – зоны устойчивого равновесия, 2 – зоны нарушенной устойчи-

вости, 2.1 – с обратимыми и 2.2 – необратимыми изменениями свойств, 3 – зоны утраченной устойчивости, соответствующие гибели насаждений. Для каждого отрезка кривой можно выделить значения пороговых и предпороговых показателей и признаков состояния насаждений и указать участки зон риска.

Принято выделять три класса (категории) состояния насаждений: сохраняющих устойчивость или биологически устойчивых (1), с нарушенной устойчивостью (2) и утратившие устойчивость (3).

Принадлежность к тому или иному классу устойчивости определяют: 1) по величине текущего отпада и его характеру; 2) по размеру и положению в древостое отмирающих деревьев; 3) суммарной доле сухостойных, ветровальных и буреломных деревьев, образовавшихся на последнем по отношению к периоду наблюдения временном этапе жизни насаждения; 4) по степени ослабления живой части древостоя, поврежденности насаждений насекомыми и патогенами; 5) по нарушенности или сохранности лесной обстановки, о которой можно судить по снижению естественной полноты, свойственной данным условиям места произрастания, лесообразующей породе и возрастному этапу насаждения.

Опосредованно свидетельствуют о снижении устойчивости насаждения структура и расположение на площади скоплений сухостоя и валежа, изменение цвета хвои и листвы у основной или значительной части деревьев, наличие на них некрозов, пятен, налетов, преждевременность их опада или увядания, возрастная структура хвои.

4. Сделать выводы о состоянии насаждений на изучаемой территории.

## **Раздел II. Биоиндикация почвы**

Для биологической диагностики почв широкое распространение получили ботанические методы, или методы фитоиндикации. Так, путем анализа состава и структуры растительных сообществ, распространения растений-индикаторов или определенных индикационных признаков у отдельных видов растений можно установить тип почвы, степень ее гидроморфизма, развития процессов заболачивания, соленакопления и т.д. Среди растений обнаружены индикаторы на тот или иной механический и химический состав почв, степень обогащенности питательными элементами, на кислотность или щелочность, глубину протаивания мерзлотных почв или уровень грунтовых вод.

*Организация наблюдений за загрязнением почв.* Для определения загрязнений промышленного происхождения отбор проб почвы производится один раз в год в летний период. Для контроля выбираются почвы, занятые дикорастущими растениями (в ненарушенных естественных местообитаниях). Для определения точек отбора применяется азимутальный метод. Каждый год пробы отбираются вокруг промышленных центров по четырем румбам на расстоянии

1; 2; 3; 5; 10 км. Один раз в пять лет обследование почвы проводят более подробно по всем 16 румбам и на расстояниях 0; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 20; 30; 50 км. Положение точек отбора проб отмечается на карте.

### *Практическая работа №6*

#### **Индикация кислотности почв по видам растений**

Кислотность почвы влияет на усвояемость различных элементов минерального питания. Каждый организм существует при определенной величине рН среды, поэтому некоторые растения могут быть индикаторами почв. Зная эти растения, можно определить рН почвы.

Таблица 11

#### **Растения-индикаторы кислотности почв**

<b>Группа растений</b>	<b>Виды-индикаторы</b>	<b>Кислотность почвы, ед. рН</b>
Крайние ацидофилы	Сфагнум (белый мох), зеленые мхи (гилокомиум, ди-кранум), плауны, пушица, ожика волосистая, подбел многолистный, кошачья лапка, белоус, щучка дерни-стая, хвощ полевой, щавелек малый, лишайник цетрария	3,0-4,5
Умеренные ацидо-филы	Черника, брусника, багульник, калужница болотная, сушеница, толокнянка, седмичник европейский, бе-лозор болотный, фиалка собачья, сердечник луговой, вейник наземный	4,5-6,0
Слабые ацидофилы	Папоротники орляк и щитовник мужской, ветреница лютичная, медуница неясная, колокольчики крапиво-листный и широколистный, бор развесистый, осоки волосистая и ранняя, малина, смородина черная, ве-роника длиннолистная, горец змеинный, кислица	5,0-6,7
Ацидонеитрофилы	Ива козья, мох плеврозиум Шребера	4,5-7,0
Нейтрофилы	Сныть европейская, лисохвост луговой, клевер гор-ный и луговой, мыльнянка лекарственная, аистник цикутный, борщевик сибирский, мятлик луговой	6,0-7,3
Базонейтрофилы	Мать-и-мачеха, пупавка красильная, люцерна серпо-видная, келерия, осока мохнатая, лядвенец рогатый, лапчатка гусиная	6,7-7,8
Базофилы	Бузина сибирская, вяз шершавый, бересклет бородав-чатый	7,8-9,0

По отношению к кислотности почвы различают три основные группы рас-тений: 1) ацидофилы – растения кислых почв; 2) нейтрофилы – обитатели нейтральных почв; 3) базофилы – виды, характерные для щелочных почв. При обна-ружении нескольких видов или при высоком обилии в фитоценозе какого-либо вида

из определенной группы можно примерно оценить кислотность почвы (табл. 11).

**Цель работы** – охарактеризовать реакцию почвенной среды по видовому составу и обилию видов фитоценоза на выбранном участке.

**Материалы и оборудование:** определители и атласы растений; универсальная индикаторная бумага с цветовой шкалой; емкости для приготовления водных вытяжек из почвы.

**Задание:** сделать предварительную оценку кислотности почвы по видовому составу и обилию видов фитоценоза на выбранном участке; проверить правильность предположения с помощью универсальной индикаторной бумаги, приготовив почвенную вытяжку на основе воды с известной рН. Сделать вывод на основе полученных результатов.

### ***Ход работы***

1. На выбранном участке с помощью определителей и атласов, используя гербарный материал, дать название всем растениям.

2. Указать растения-индикаторы и выявить, к какой группе растений по отношению к кислотности почвы относятся данные виды растений (табл. 10).

3. Проверить правильность предположения о кислотности почвы с помощью универсальной индикаторной бумаги, приготовив водную вытяжку из почвы, и определить рН.

4. Сделать вывод на основе полученных результатов.

### ***Практическая работа №7***

#### **Оценка солевого загрязнения почвы по листьям липы**

В городах очень часто для борьбы с гололедом вместе с песком используют поваренную соль, т.к. она вызывает таяние льда. Накопление соли в почве сказывается на состоянии листьев липы, очень чувствительной к засолению почвы. Это проявляется в определенных типах хлорозов, которые можно оценить по следующей шкале:

- на крае листовой пластинки узкая желтая полоса: I стадия – следы;
- широкая краевая полоса: II стадия – среднее засоление;
- обширный краевой некроз с желтой пограничной полосой: III стадия – сильное засоление;
- большая часть листовой пластинки отмирает: IV стадия – количество соли в почве газонов граничит с пределами выносливости вида.

**Цель работы** – определить степень солевого загрязнения почвы по листьям липы.

**Материалы и оборудование:** бумажные пакеты; лупа.

### *Ход работы*

1. Выделить исследуемые участки в различных районах или частях микрорайона города.
2. Провести учет всех лип, фиксируя все повреждения в наружной части кроны со всех сторон.
3. Заполнить таблицу 12.
4. По результатам исследований сделать вывод о степени солевого загрязнения почвы на участках по преобладающей стадии засоления.
5. На карте-схеме города выделить участки, загрязненные солью.

Таблица 12

#### **Степень засоления почвы для участка № ...**

Место исследования	№ дерева	Преобладающий тип некроза	Стадия засоления
<b>Итог</b> (по преобладающей стадии засоления): ...			

### *Практическая работа №8*

#### **Оценка состояния древостоя смешанного леса**

Биоиндикация в этом случае неспецифичная, косвенная и оценивает влияние многих факторов в результате длительного действия на экосистему в целом. Эти методы могут использоваться в дополнение к методам лишеноиндикации, общей инвентаризации древесно-кустарниковых насаждений в урбоэкосистемах и др. методам общей оценки качества среды в самых различных экосистемах.

Оценка состояния древостоя производится для установления вредного влияния антропогенных факторов и прогнозирования судьбы исследуемой лесной экосистемы.

**Цель работы** – оценить состояние древостоя смешанного леса.

**Оборудование и материалы:** определители растений; рулетка.

Таблица 13

#### **Шкала визуальной оценки состояния деревьев по внешним признакам**

Характеристика состояния древостоя	Балл
Деревья здоровые, без внешних признаков повреждения, величина прироста соответствует норме	<b>I</b>
Ослабленные деревья. Крона слабо ажурная, отдельные ветви усохли. Листья или хвоя часто с желтым оттенком. У хвойных на стволе сильное смолотечение и отмирание коры на отдельных участках	<b>II</b>

Сильно ослабленные деревья. Крона изрежена, со значительным усыханием ветвей. Вершина сухая. Листья обычно мелкие, иногда увеличены, светло-зеленые; хвоя с бурым оттенком, держится на ветвях 1-2 года. Прирост снижен или отсутствует вовсе. Сильное смолотечение. Значительные участки коры отмерли	<b>III</b>
Деревья усыхающие, наблюдается усыхание ветвей по всей кроне. Листья мелкие, недоразвитые, бледно-зеленые с желтым оттенком. Отмечается ранний листопад. Хвоя повреждена на 60% от общего количества. Прирост отсутствует. На стволах отмечаются признаки заселения короedами и другими вредителями	<b>IV</b>
Деревья и крона сухие. Листьев нет; хвоя желтая или бурая, осыпается или уже осыпалась. Кора на стволах отслаивается или отпала. Стволы заселены ксилофагами (потребителями древесины)	<b>V</b>

### *Ход работы*

1. Выбрать ключевой (наиболее представительный) участок и заложить пробную площадку размером 100 м<sup>2</sup> (10x10 м).
2. Определить все виды деревьев, произрастающих на выбранной площадке. Составить формулу древостоя, например, 5ЛЗТ1К – на площадке произрастают 5 лип, 3 тополя и один клен (всего 9 деревьев).
3. По внешним признакам (см. шкалу визуальной оценки – таблица 13) определить балл состояния каждого отдельного дерева на площадке (С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> и т.д.);

Таблица 14

### **Критерии оценки состояния древостоя**

<b>Коэффициент состояния</b>	<b>Балл</b>	<b>Общая характеристика древостоя</b>
< 1,5	I	Здоровый
1,6-2,5	II	Ослабленный
2,6-3,5	III	Сильно ослабленный
3,6-4,5	IV	Усыхающий
> 4,6	V	Погибший

4. Вычислить средний балл состояния каждой породы по формуле: Сл равно сумме С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> и т.д. для всех лип, деленное на общее число лип на площадке:

$$Сл = С_1 + С_2 \dots + С_5 / 5;$$

5. Определить коэффициент состояния древостоя: К в целом – как среднее арифметическое средних баллов состояния различных деревьев на пробной площадке; К равно сумме средних С для каждой породы, деленное на общее число пород (N) на площадке, т. е.

$$К = С_1 + С_2 \dots + С_i / N.$$

6. Дать общую и более детальную характеристику (табл. 13, 14) древостоя.
7. Сделать выводы.

### **Биоиндикация рекреационной нагрузки**

Рекреация – место отдыха человека, обычно это парки, леса, водоемы. Рекреационная нагрузка тем выше, чем: а) выше плотность населения и б) меньше естественных привлекательных для отдыха ландшафтов. Особенно велика рекреационная нагрузка неорганизованного отдыха при использовании резко возросшего числа личного автотранспорта.

Основной прием учета рекреационной нагрузки – регистрация последовательных этапов разрушения растительности (аналог учета стадий пастбищной дигрессии): от совершенно здорового древостоя до полной гибели древесного яруса и отсутствия напочвенного покрова (в первую очередь исчезают эпигейные лишайники и мхи).

Стадии дигрессии лучше и быстрее всего оцениваются на открытой местности, а также в лесных насаждениях путем определения процента деградированных участков или площади, занимаемой дорогами и тропами (так наз. дорожно-тропическая сеть – ДТС). В этом случае выделяют 5 основных стадий дигрессии (по Е.Н. Шелоуховой, 1994):

*1 стадия.* ДТС выражена слабо, значительных изменений растительности по сравнению с контрольным участком, не посещаемым людьми совсем или только случайно, не обнаруживается.

*2 стадия.* ДТС занимает 5-10 %.

*3 стадия.* ДТС занимает 20-30 %.

*4 стадия.* ДТС занимает около 50 %; происходит исчезновение лесных травянистых видов – уменьшается ПП, отмечается внедрение луговых и сорных видов.

*5 стадия.* ДТС занимает около 90 %, преобладает луговая и сорная растительность.

Важными признаками при оценке стадии рекреации являются также:

1) соотношение лесных (теневыносливых растений: зеленчук, медуница, копытень, вороний глаз и др.), луговых (осоки, сныть, щучка и др.) и сорных (мятлик однолетний, клевер ползучий вплоть до амброзии и подорожника) видов;

2) общее снижение видового разнообразия при сильном и постоянном нарушении (на пограничных участках или в начальной стадии нарушений – наоборот, увеличение за счет встречи на одном участке разных фитоценотивов);

3) общее состояние древесных растений – разреженность, суховершинность, плохое ветвление или облиствение, заломы, сбитости коры и т.п.

**Цель работы** – определить стадию рекреационной дигрессии.

**Материалы и оборудование:** рулетка; определитель и гербарий растений.

### **Ход работы**

1. Выбрать опытные и контрольный участки в местах отдыха населения.
2. Сделать их общее описание: местообитание, площадь, характер использования и др. особенности.
3. Вычислить площадь ДТС в %:
  - при небольшом участке можно определить глазомерно аналогично ПП;
  - при большом участке выделить наиболее репрезентативную площадку и с помощью шагов или мерной ленты определить общую площадь ( $S_0$ ) участка и участков ДТС (тропинки, асфальтированные дорожки, вытопанные площадки и т.п.).
4. Определить индекс ДТС ( $S_{дтс}$ ), разделив  $S_{дтс}$  на  $S_0$  и умножив на 100, т.е. узнать соотношение площадей нарушенных участков и территории отдыха:

$$S_{дтс} = (S_{дтс} / S_0) * 100.$$

5. По значению ДТС (%) дополнительным признаком (см. выше) указать стадию рекреационной дигрессии каждого участка.
6. Сделать вывод и возможный прогноз с рекомендациями.

### **Практическая работа №10**

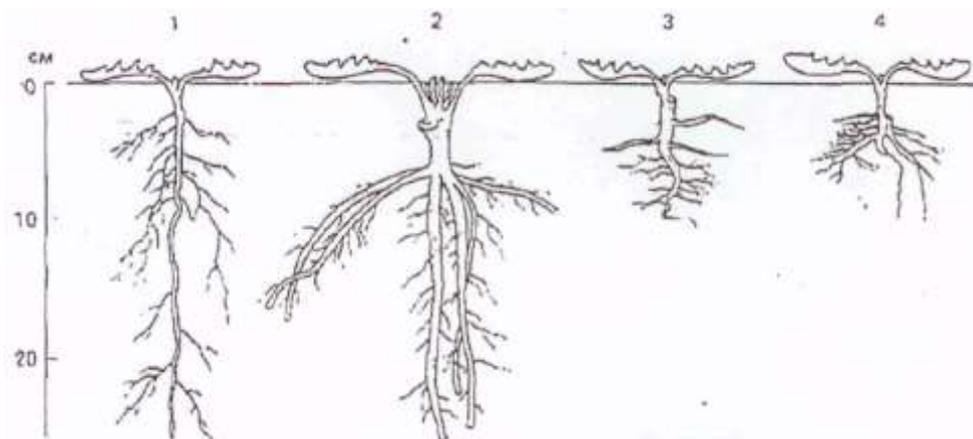
#### **Определение степени увлажнения почвы по морфологии корневой системы одуванчика лекарственного**

Одуванчик обыкновенный, или лекарственный, – широко распространенное на газонах, вдоль дорог, на лугах и пастбищах растение, многолетний розеточный корнеотпрысковый сорняк, имеющий так же, как и все растения из семейства Астровые, высокую семенную продуктивность. У одуванчика хорошо выраженная стержневая корневая система. Однако в зависимости от уровня залегания грунтовых вод внешний вид корневой системы может значительно различаться вследствие изменения направления и формы роста корней (главного и боковых) и в целом ветвления (рис. 5).

Так, на сухих местах (глубокое залегание грунтовых вод, водное питание в основном за счет атмосферных осадков) корневая система более экстенсивного типа с хорошо выраженным, длинным и относительно тонким главным корнем и более тонкими, почти равномерно расположенными короткими боковыми.

На свежем лугу – главный корень утолщенный, боковые почти равны по длине и толщине главному. На сыром и заболоченном лугах (близкое залегание

грунтовых вод) главный корень укорочен и нередко искривлен, корневая система довольно компактна.



**Рис. 5. Изменение направления роста корней у одуванчика (*Taraxacum*) в зависимости от уровня грунтовых вод (по Шуберт, 1988): 1 – сухой луг; 2 – свежий; 3 – сырой луг; 4 – заболоченная территория.**

**Цель работы** – определить уровень залегания грунтовых вод по внешнему виду корневой системы одуванчика.

**Материалы и оборудование:** лопата; гербарий (фотографии) выкопанных растений одуванчика; линейка.

### **Ход работы**

1. Для выполнения работы необходимо выбрать несколько участков (как минимум – два), различающихся по увлажнению – например, в низине и на более высоком месте. Необходимо учесть лимитирующий в данном случае фактор – степень уплотнения почвы, чтобы почва на участках была примерно одинаковой по этому показателю.

2. На выбранных участках аккуратно (без повреждения корневой системы) выкопать несколько растений одуванчика (как минимум три, но лучше 5) с одинаковыми по величине и степени развития прикорневыми розетками.

Таблица 15

### **Развитие корневой системы у растений одуванчика на участке № ...**

№ растения	Метрические показатели, см					Примечания
	1	2	3	4	5	
Среднее						

3. Корневые системы отряхнуть от почвы или промыть водой, зарисовать, описать и заложить в гербарий.

4. Измерить и занести в таблицу 15 некоторые метрические показатели

растений по участкам: 1) длина главного корня; 2) толщина главного корня; 3) число боковых корней первого порядка; 4) длина и толщина боковых корней; 5) наличие боковых корней второго порядка и их выраженность.

5. Сравнить с рисунком и сделать выводы.

## Глава 5. Контролирующие материалы

### 5.1. Вопросы для самостоятельной работы

1. Что такое биомониторинг и для каких целей он проводится?
2. Какие основные объекты характерны для биомониторинга?
3. Что такое биоиндикация? На каких уровнях организации живого она может осуществляться?
4. Приведите примеры организмов-биотестов. Какие параметры окружающей среды могут контролироваться с их помощью?
5. Какие требования предъявляются при выборе объектов биоиндикации?
6. Дайте краткую характеристику этапов разработки системы биомониторинга.
7. В чем состоят особенности биоиндикации как метода мониторинга?
8. Каково место биоиндикации в структуре комплексного мониторинга загрязнения окружающей среды?
9. Что понимают под термином сапробность?
10. На какие типы делятся воды по уровню органического загрязнения (классификация Сладечека)? Приведите их характеристику.
11. Каковы особенности эузапробных вод? Допустимые концентрации веществ в сточных водах.
12. Критерии и показатели сточных вод, поступающих на коммунальные очистные сооружения.
13. Какие методы очистки сточных вод используются на очистных сооружениях?
14. Перечислите методы контроля качества очистки сточных вод.
15. Какие организмы входят в состав активного ила?
16. Как определяют качество очистки воды по биоиндикаторам?
17. Особенности технологии биологической очистки воды на очистных сооружениях.
18. Биологические пруды, их назначение и эффективность использования.
19. Механические и химические методы очистки сточных вод.
20. Индикаторы высокого и неудовлетворительного качества очищения сточных вод.

21. Какие биосреды и биосубстраты могут быть использованы как биоиндикаторы? Почему?
22. Для каких целей проводят исследования биосред человека?
23. Приведите примеры индикаторных функций биосред человека.
24. Значение почвы для наземных природных и агроэкосистем.
25. Контролируемые показатели почв, периодичность и условия отбора проб.
26. Показатели санитарного состояния почв и их значение.
27. Контроль миграции и трансформации загрязняющих веществ в почве.
28. Оценка экологической безопасности почв, показатели.
29. Источники поступления тяжелых металлов в почвы.
30. Накопление тяжелых металлов в растительной продукции.
31. Накопление токсикантов в различных органах растений: коэффициент аккумуляции, видовые особенности.
32. Устойчивость растений к токсикантам и условия ее проявления.
33. Механизм действия (процессы) токсичных элементов на растения.
34. Механизмы активного и пассивного транспорта тяжелых металлов в растении.
35. Ограничение поступления в организм токсикантов.
36. Биоиндикаторы состояния почв.
37. Использование дождевых червей в качестве биоиндикаторов.
38. В чем различие между понятиями «растение-индикатор» и «растение-монитор»?
39. В каких случаях индикаторы можно использовать как мониторы?
40. С помощью каких методов оценивают ответные реакции растений-индикаторов?
41. Принципы (критерии) выбора растений для индикации загрязнений атмосферного воздуха.
42. Как оценить ответные реакции у хвойных растений?
43. Какие ответные реакции можно использовать у лишайников?
44. Какие ответные реакции оценивают у деревьев?
45. Какие признаки учитывают при работе с травянистыми растениями?

## ***5.2. Тесты для самостоятельной работы***

### **Вариант 1**

#### **1. Биоиндикация – это:**

1. изучение влияния человека на экосистемы;
2. индикация абиотических и биотических факторов;

3. выявление изменений окружающей среды при воздействии радиоактивного излучения;

4. выявление изменений окружающей среды при возведении промышленного комплекса.

**2. Биоиндикаторы – это:**

1. живые организмы, обитающие в районах техногенного загрязнения;

2. живые организмы, изменяющиеся морфологически в условиях техногенного загрязнения;

3. живые организмы, реагирующие на изменение сапробности воды;

4. живые организмы, используемые для выявления загрязнения окружающей среды.

**3. Наиболее эффективные методы очистки:**

1. механический;

2. химический;

3. биохимический;

4. физико-химический.

**4. Перспективными биоиндикаторами являются виды:**

1. с узкой амплитудой толерантности к антропогенным условиям;

2. с широкой амплитудой толерантности к антропогенным условиям;

3. с низкой экологической валентностью;

4. с низким адаптивным потенциалом.

**5. Индикатором степени чистоты атмосферы являются:**

1. грибы;

2. лишайники;

3. водоросли;

4. насекомые.

**6. Самый лучший метод очистки воды от загрязнения органическими веществами:**

1. механический;

2. химический;

3. биологический;

4. физический.

**7. Биологический метод очистки воды от загрязнения основан на использовании:**

1. рыб;

2. растений;

3. микроорганизмов;

4. торфа.

**8. Биоиндикационные исследования нельзя проводить на уровнях:**

1. субклеточном;
2. клеточном;
3. видовом;
4. межвидовом.

**9. Воды рек обновляются:**

1. через сутки;
2. через месяц;
3. примерно через 10-12 суток;
4. через год.

**10. Особенности состояния популяции определяют также её показатели как:**

1. возрастной спектр;
2. устойчивость;
3. индекс численности;
4. инерционность популяционной системы.

**11. Живые системы считаются открытыми потому, что они:**

1. построены из тех же химических элементов, что и неживые;
2. обмениваются веществом, энергией и информацией с внешней средой;
3. обладают способностью к адаптациям;
4. способны размножаться.

**12. Массовая гибель рыбы при разливе нефти в водоемах связана с уменьшением в воде:**

1. световой энергии;
2. кислорода;
3. углекислого газа;
4. солености.

**13. За какое время разлагается половина пролитой в море нефти:**

1. за неделю;
2. за месяц;
3. за год;
4. за десять лет.

**14. Гомеостаз – это:**

1. защита организма от антигенов;
2. поддержание относительного постоянства внутренней среды организма;
3. смена биологических ритмов;
4. смена биоценозов.

**15. Кожа у сельских жителей стареет быстрее, чем у городских, вследствие проявления изменчивости:**

1. мутационной;

2. модификационной;
3. комбинативной;
4. соотносительной.

**16. Основная задача биоиндикации:**

1. разработка системы контроля за состоянием окружающей среды;
2. разработка методов и критериев, адекватно отражающих уровень антропогенных воздействий с учётом характера загрязнения;
3. разработка системы наблюдений за состоянием окружающей среды;
4. выявление характера воздействия внешних факторов на живые организмы.

**17. Использование методов биоиндикации позволяет решать задачи:**

1. экологического мониторинга;
2. фенологического мониторинга;
3. географического мониторинга;
4. антропогенного мониторинга.

**18. Термин «экология» предложен Эрнстом Геккелем в:**

1. 1900 г.
2. 1866 г.
3. 1953 г.
4. 1859 г.

**19. Для защиты окружающей среды от загрязнения:**

1. создают заповедники;
2. охраняют отдельные природные сообщества;
3. ограничивают добычу биологических ресурсов;
4. внедряют малоотходные и безотходные технологии.

**20. Организмы, способные жить в узком диапазоне экологической валентности:**

1. эвритопные;
2. космополиты;
3. стенотопные;
4. полукосмополиты.

**21. Косвенно действующий экологический фактор – это:**

1. рельеф;
2. температура;
3. свет;
4. вода.

**22. Учение о лимитирующих факторах разработал:**

1. В.Н. Сукачев;
2. Ю. Либих;
3. В.И. Вернадский;
4. Э. Зюсс.

**23. Растения, произрастающие на умеренно увлажненных лугах:**

1. ксерофиты;
2. гигрофиты;
3. гидрофиты;
4. мезофиты.

**24. Пустынные кактусы относятся к группе:**

1. суккулентов;
2. склерофитов;
3. сциофитов;
4. гигрофитов.

**25. Четыре «закона», обязательные для рационального природопользования, предложил:**

1. Ч. Дарвин;
2. К. Линней;
3. К. Мальтус;
4. Б. Коммонер.

**26. Свет, температура, влажность, давление относятся к факторам:**

1. биотическим;
2. абиотическим;
3. антропогенным;
4. экзогенным.

**Вариант 2**

**1. Что такое биомониторинг?**

1. Метод исследования генетических изменений в клетках.
2. Метод исследования любых сред с помощью живых организмов.
3. Метод исследования физических параметров организма.
4. Метод исследования психологического состояния человека.

**2. Какие биологические объекты могут служить основой для биомониторинга?**

1. Почвенные пробы.
2. Растения.
3. Животные.
4. Все вышеперечисленное.

**3. Какие вредные вещества могут быть изучены при помощи биомониторинга?**

1. Тяжелые металлы.
2. Пестициды.
3. Фторуглероды.
4. Все вышеперечисленное.

#### **4. Зачем проводится биомониторинг?**

1. Для оценки биологического разнообразия.
2. Для контроля уровня загрязнения окружающей среды.
3. Для изучения организмов в морских глубинах.
4. Для анализа сезонных изменений в растительности.

#### **5. Что такое биоиндикация?**

1. Метод исследования биологических объектов.
2. Метод оценки качества воздуха.
3. Метод оценки состояния окружающей среды.
4. Метод использования органов растений для определения загрязнения.

#### **6. Какие античные авторы впервые дали экологическую характеристику условий произрастания растений ?**

1. Высоцкий и Отоцкий.
2. Теофраст и Колумелла.
3. Докучаев и Вернадский.
4. Плиний Старший и Аристотель.

#### **7. Кто является основоположником учения о растительных индикаторах почв?**

1. В.И. Вернадский.
2. П.В. Отоцкий.
3. Ф.И. Рупрехт.
4. Г.Н. Высоцкий.

#### **8. Кто создал принцип «естественно-исторической эволюции почв»?**

1. В.В. Докучаев.
2. А.А. Измаильский.
3. В.И. Вернадский.
4. Г.Н. Высоцкий.

#### **9. Какие существуют степени (уровни) мониторинга окружающей среды?**

1. Локальный и региональный.
2. Региональный и глобальный.
3. Локальный и глобальный.
4. Локальный, региональный и глобальный.

#### **10. Верно ли утверждение: *Биоиндикатор – организм, вид или сообщество, по наличию и состоянию которого можно судить о свойствах среды, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей.***

1. Верно.
2. Неверно.

### **11. Что можно отнести к индикаторным признакам?**

1. Физиологическо-биохимические.
2. Морфологические.
3. Флористические.
4. Все вышеперечисленное.

### **12. Что такое аккумулярующие растения?**

1. Растения, способные накапливать загрязняющие вещества в своих тканях в количествах, доступных для уровня определения сред.
2. Растения, дающие визуально определяемые признаки поражения теми или иными загрязняющими веществами и их смесями.
3. Растения, накапливающие полезные вещества.
4. Растения, накапливающие вредные вещества.

### **13. Какие примеры болезней относят к эффекту острого воздействия?**

1. Медленное увядание отдельных органов растений.
2. Хлороз тканей листьев.
3. Прекращение нормального роста растения.
4. Хлороз верхушек листьев.

### **14. Какие примеры болезней относят к эффекту хронического воздействия?**

1. Опадение листвы.
2. Некроз тканей листьев.
3. Прекращение нормального роста растения.
4. Хлороз тканей листьев.

### **15. Какие есть типы анализа растительного и животного материала?**

1. Визуальный и гистологический.
2. Химический и визуальный.
3. Химический и гистологический.
4. Химический, визуальный и гистологический.

### **16. Что такое контроль в биоиндикации?**

1. Процесс определения природы и особенностей проявления болезненного состояния.
2. Определённый вид функциональной зависимости, отклонение от которой рассматривается как нарушение.
3. Заметное изменение в ожидаемом внешнем виде.
4. Результат, следствие каких-либо причин, действий.

### **17. Назовите верный признак актуальной почвенной кислотности?**

1. Обусловлена присутствием в почвенном растворе минеральных кислот ( $H_2CO_3$ ).
2. Изменяет pH солевой вытяжки.

3. Даёт представление о количестве кислотных компонентов, способных переходить из твёрдых фаз почв в жидкие или нейтрализоваться при взаимодействии почв с солевыми растворами.

4. Количество наиболее сильных кислотных компонентов, которые компенсируют перманентные отрицательные заряды почвенного поглощающего комплекса и вытесняются из него при значениях рН, свойственных реальным кислотным почвам.

**18. Верно ли утверждение:** *Каждый растительный орган обладает определенным оптимумом кислотности*

1. Верно.
2. Неверно.

**19. Какая наиболее благоприятная кислотная реакция для выращивания кукурузы?**

1. Кислая-рН 5-6.
2. Нейтральная-рН 7.
3. Щелочная-рН 8-8.5.
4. Очень кислая-рН 4.

**20. По отношению к кислотно-щелочному балансу почв выделяют экологические группы растений:**

1. Ацидофильные, базофильные, нейтральные.
2. Ацидофильные, базофильные.
3. Нейтральные, индифферентные.
4. Ацидофильные, базофильные, нейтральные, индифферентные.

**21. Что такое процесс латеризации?**

1. Процесс накопления в почве солей, вредных для растений.
2. Вымывание илистых частиц из верхнего и нижнего слоя почвы.
3. Процесс глубокого и длительного выветривания алюмосиликатных горных пород в условиях тропического и субтропического климата.

4. Глубокое разложение минеральной части почвы под влиянием кислых перегнойных веществ и вынос из поверхностных горизонтов растворённых и взвешенных веществ.

**22. Верно ли утверждение:** *Засоление – это процесс накопления в почвенном профиле водорастворимых солей из минерализованных грунтовых вод при выгодном водном режиме.*

1. Верно.
2. Неверно.

**23. В клетках растений под действием загрязнителей могут накапливаться определенные вещества:**

1. Пролин, свинец, ртуть.

2. Асбест.
3. Микотоксины.
4. Винилхлорид.

#### **24. Что такое некрозы?**

1. Нарушение образования хлорофилла в листьях и снижение активности фотосинтеза.
2. Процесс, происходящий в растениях при недостатке влаги.
3. Отмирание участков ткани листа.
4. Изменение размеров листьев.

#### **25. Какие бывают некрозы?**

1. Точечные, пятнистые.
2. Верхушечные, межжилковые.
3. Краевые, обширные.
4. Все вышеперечисленное.

#### **26. Абиотические факторы определяются:**

1. Элементами неживой природы.
2. Физическими факторами.
3. Химическим составом.
4. Солнечной энергией.

### ***5.3. Темы реферативных работ по дисциплине***

1. Биологический мониторинг, его виды и цели.
2. Биотические стрессоры.
3. Абиотические стрессоры.
4. Развитие учений о тест-функциях.
5. Фитоиндикаторы временно пересыхающих почв.
6. Фитоиндикаторы сырых почв и влажных лугов.
7. Фитоиндикаторы очень кислых почв.
8. Фитоиндикаторы на пастбищах.
9. Особенности технологии биологической очистки воды на очистных сооружениях.
10. Биоритмы организмов.
11. Лихеноиндикация.
12. Альгоиндикация.
13. Животные-биоиндикаторы.
14. Индустриальный меланизм.
15. Рясковые – биоиндикаторы качества водной среды.
16. Популяции редуцентов как индикаторы качества почв.

17. Устойчивость к влиянию техногенной среды разных жизненных форм высших растений.
18. Практические рекомендации службам озеленения города при планировании и проведении искусственных посадок, формировании рекреационных зон и зон, несущих культурно-эстетическую нагрузку.
19. Биоиндикация водной среды: основные биотические индексы.
20. Трофический статус водоемов: дистрофные, эвтрофные, мезотрофные, олиготрофные водоемы. Причины дистрофирования.

#### ***5.4. Вопросы для подготовки к экзамену***

1. Понятие биоиндикации и биомониторинга.
2. Методическая основа биоиндикации.
3. Биотестирование.
4. Уровни биоиндикации.
5. Тест-объекты.
6. Понятие биоиндикаторов.
7. Стандарты сравнения при биоиндикации. Регистрирующая биоиндикация, биоиндикация по аккумуляции.
8. Прямая и косвенная индикация.
9. Первичная и вторичная биоиндикация.
10. Понятие о стрессе и стрессорах.
11. Токсичность среды и ее характеристики.
12. Диапазон физиологической толерантности организмов.
13. Морфологические, биоритмические и поведенческие реакции.
14. Некрозы.
15. Индустриальный меланизм.
16. Биоритмы.
17. Действие на первичных продуцентов.
18. Параметры нарушения, параметры фитоценоза.
19. Математические и статистические индексы, методы оценки структуры.
20. Функциональные показатели нарушения равновесия экосистем.
21. Характеристика степеней гемеробности.
22. Причины и виды загрязнения воздуха.
23. Биоиндикация с помощью высших растений.
24. Лихеноиндикация.
25. Причины и виды загрязнения почвы.
26. Параметры водной среды.
27. Биотестирование качества вод.

28. Альгоиндикация.
29. Животные – биоиндикаторы качества вод.
30. Метод Вудивисса.
31. Современная экспертная система оценок, основанная на методе экологических модификаций.
32. Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим показателям.
33. Основные характеристики воды и биоты по классам качества воды.
34. Биоиндикация антропогенно измененных природных комплексов местообитаний.
35. Растения-индикаторы разных типов местообитаний.
36. Биоиндикация массового появления вредителей.
37. Локальный мониторинг, его задачи и организация.
38. Оборудование и методы отбора проб для проведения биологического мониторинга.
39. Простейшие и микроорганизмы – биоиндикаторы состояния окружающей среды.
40. Биоиндикация загрязнения водоемов по состоянию организмов, популяций и биоценозов.

### **Список использованной литературы**

Антонова Ж.А. Биомониторинг: учебно-методическое пособие для лабораторных работ и самостоятельной работы студентов экологического факультета направления подготовки бакалавриата 05.03.06 – Экология и природопользование. – Ульяновск: УлГУ, 2019. – 8 с.

Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие / Под. ред. проф. И.С. Белюченко, проф. Е.В. Федоненко, проф. А.В. Смагина. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153 с.

Евстифеева Т.А., Фабарисова Л.Г. Биологический мониторинг: учебное пособие. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 119 с.

Лихачев С.В. Биомониторинг: методические указания. – Пермь: ФГБОУ ВО ПГСХА, 2016. – 26 с.

Осипенко Г.Л. Биомониторинг и биоиндикация: практическое руководство. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 39 с.

Жигульский В.А. и др. Основы биологического мониторинга: учебное пособие / В.А. Жигульский, В.Ф. Шуйский, А.И. Потапов, Н.А. Соловей, Н.С. Царькова, Т.С. Былина. – СПб.: Нестор-История, 2012. – 70 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Словарь терминов и определений

(приводится по: Осипенко, 2015).

**Альгоиндикация** – определение состояния водной среды при помощи водорослей.

**Биоиндикаторы** – организмы или сообщества организмов, жизненные функции которых так тесно коррелируют с определенными факторами среды, что могут применяться для их оценки.

**Биологическая индикация** – определение состояния среды по наличию или отсутствию в ней тех или иных организмов, называемых индикаторами.

**Биотестирование** – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих нарушением жизненно важных функций об изменениях в среде.

**Биоциды** – вещества различных химических классов, попадающие в среду как средства защиты растений, гигиены человека и животных, пищевых запасов, в ходе промышленного загрязнения.

**Гемеробность** – окультуренность ландшафта.

**Дистресс** – патогенные процессы, возникающие, как правило, при постоянных нагрузках или усилиях, которые индивид не в состоянии регулировать короткое или длительное время.

**Индустриальный меланизм** – явление потемнения окраски покровов у первоначально светлых форм.

**Лихеноиндикация** – направление лихенологии, в задачи которой входит изучение влияния атмосферного загрязнения на лишайники в полевых условиях, нахождение зависимости между характеристиками лишайникового покрова (число видов, присутствие, степень покрытия, синтетический индекс лишайникового покрытия) и параметрами, характеризующими уровни локального и регионального загрязнения.

**LC<sub>0</sub>** – минимальный порог чувствительности, при котором отмечаются специфические тест-реакции или смертность тест-объектов.

**LC<sub>50</sub>** – стандартная мера токсичности вещества, показывающая, какая концентрация вещества вызывает гибель 50 % тест-организмов за установленное время (24, 48 или 96 ч.).

**LC<sub>100</sub>** – высший смертельный порог для всех животных или тест-культуры водорослей, использованных в опыте.

**Накапливающие биоиндикаторы** – организмы, которые концентрируют загрязняющие вещества в тканях, органах или частях тела, которые впоследствии используются для химического анализа.

**Некрозы** – отмирание ограниченных участков ткани.

**Регистрирующие биоиндикаторы** – организмы, которые реагируют на изменения состояния окружающей среды изменением численности, фенооблика, повреждением тканей, соматическими проявлениями, изменением скорости роста и другими хорошо заметными признаками.

**Сапробные водоемы** – водные системы, загрязненные органическими стоками.

**Стресс** – реакция биологической системы на экстремальные факторы среды (стрессоры), которые могут в зависимости от силы, интенсивности, момента и продолжительности воздействия более или менее сильно влиять на систему.

**Тест-объекты** – организмы, используемые при оценке токсичности химических веществ, природных и сточных вод, почв, донных отложений, кормов и др.

**Токсикант** – вещество, оказывающее токсическое действие.

**Токсикация** – процесс воздействия токсиканта на организм.

**Токсификация** – процесс воздействия токсиканта на экосистемы.

**Токсичность среды** – свойство химических параметров среды проявлять повреждающее или летальное действие на живые организмы.

**Токсичность среды острая** – выражается в гибели отравленного организма за короткий промежуток времени – от нескольких секунд до 48 часов.

**Токсичность среды хроническая** – проявляется через некоторое время в виде нарушений жизненных функций организмов и возникновения патологических состояний (токсикозов).

**Токсобность** – способность живых организмов существовать в токсической среде, сорбируя или используя определенное количество токсического вещества.

**Фены** – это четко различающиеся варианты какого-либо признака или свойства биологического вида.

**Флуктуирующая асимметрия (ФА)** – небольшие ненаправленные отклонения биообъектов от билатеральной симметрии.

**Эустресс** – физиологическая адаптивная реакция, которая вызывается в организме биоэнергетическими процессами, когда в критических ситуациях организму необходимо приспособиться к изменившимся условиям среды.

## Приложение 2

### *Пример оформления титульного листа отчета по практической работе*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»  
Институт естественных наук

#### **ОТЧЕТ**

по практической работе  
*«Биоиндикация загрязнения воздуха с помощью лишайников»*

по курсу:  
«Биомониторинг»

**Выполнил(и):**

Студент(ы) группы

ФИО

**Проверил:**

к.б.н., доцент

Рубцова А.В.

## **ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ИЗДАНИЯ:**

Интерфейс электронного издания (в формате pdf) можно условно разделить на 2 части.

Левая навигационная часть (закладки) включает в себя содержание книги с возможностью перехода к тексту соответствующей главы по левому щелчку компьютерной мыши.

Центральная часть отображает содержание текущего раздела. В тексте могут использоваться ссылки, позволяющие более подробно раскрыть содержание некоторых понятий.

## **МИНИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ:**

Celeron 1600 Mhz; 128 Мб RAM; Windows XP/7/8 и выше; 8x DVD-ROM; разрешение экрана 1024×768 или выше; программа для просмотра pdf.

## **СВЕДЕНИЯ О ЛИЦАХ, ОСУЩЕСТВЛЯВШИХ ТЕХНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПОДГОТОВКУ МАТЕРИАЛОВ:**

Оформление электронного издания : Издательский центр «Удмуртский университет».

Авторская редакция.

---

\_ Подписано к использованию 29.12.2025

Объем электронного издания 1,5 Мб

Издательский центр «Удмуртский университет»  
426034, г. Ижевск, ул. Ломоносова, д. 4Б, каб. 021  
Тел. : +7(3412)916-364 E-mail: editorial@udsu.ru

---