

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный  
университет имени И. Т. Трубилина»

Факультет агрономии и экологии  
Кафедра ботаники и общей экологии

## **БИОМОНИТОРИНГ**

**Методические указания**  
к лабораторным занятиям для обучающихся по  
направлению подготовки 05.03.06 Экология  
и природопользование

Краснодар  
КубГАУ  
2020

*Составитель:* О. В. Зеленская

**Биомониторинг** : метод. указания к лабораторным занятиям / сост. О. В. Зеленская. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – 41 с.

Методические указания включают лабораторные работы согласно рабочей программе по дисциплине «Биомониторинг».

Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование.

Рассмотрены и одобрены методической комиссией факультета агрономии и экологии Кубанского госагроуниверситета, протокол № 3 от 25.11.2019.

Председатель  
методической комиссии

Т. Я. Бровкина

© Зеленская О. В.,  
составление, 2020

© ФГБОУ ВО «Кубанский  
государственный аграрный  
университет имени  
И. Т. Трубилина», 2020

## ВВЕДЕНИЕ

*Биомониторинг* – это регулярная биоиндикация, проводимая по определенной системе согласно разработанной программе полевых и лабораторных исследований, при которых проводится также количественное измерение показателей в течение достаточного длительного времени.

Целью изучения дисциплины «Биомониторинг» является освоение основной составляющей экологического мониторинга (программы ГСМОС) и использование методов биоконтроля. На современном этапе проводят комплексный мониторинг окружающей среды. Его составной частью является биологический, осуществляемый на комплексных станциях и включающий систему организмов-индикаторов. Биологический мониторинг не подменяет и не вытесняет физико-химические методы исследования природной среды. Он позволяет точнее прогнозировать изменения в разных экологических ситуациях.

Для оценки экологической опасности важно определить не только степень загрязнения окружающей среды, но и биологические эффекты, которые они вызывают. Основное преимущество современного биомониторинга – оценка качества окружающей среды и степени ее загрязнения по состоянию биоты на разных уровнях организации живой материи: клеточном, организменном, надорганизменном (популяционно-видовом, биоценотическом, ландшафтном и биосферном). Биомониторинг позволяет определить степень комфортности существования в конкретной экосистеме организмов, наиболее чувствительных к загрязнению и трансформации природной среды, а также косвенное влияние различных воздействий на здоровье человека.

Освоение дисциплины «Биомониторинг» направлено на формирование знаний о методике оценки риска инвазий, контроля и борьбы с чужеродными видами организмов;

умений определять и анализировать основные загрязнения окружающей среды, превышающие нормативные значения в соответствии с требованиями нормативных правовых актов по охране окружающей среды; владений навыками планирования работ, определения границ территорий и объектов мониторинга поднадзорных территорий; формирования заключения об экологическом состоянии поднадзорных территорий и возможности применения на них природоохранных биотехнологий; оценки степени ущерба и деградации природной среды.

Для освоения данной дисциплины предусматриваются лабораторные занятия.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### Тема 1 Биомониторинг как научное направление

*Биомониторинг* – это биологический контроль, включающий как методы биоиндикации, так и биотестирования, за состоянием экосистем по биологическим параметрам согласно заранее разработанной и четко осуществляемой программе полевых и лабораторных исследований, при которых проводится также количественное измерение показателей. Биомониторинг может осуществляться путем наблюдений за отдельными организмами, популяциями или состоянием ценоза в целом.

#### *Лабораторная работа № 1*

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

Биомониторинг состояния древостоя проводится в условиях ботанического сада им. И.С. Косенко Кубанского ГАУ на участке дендрария. Метод позволяет оценить влияние многих факторов в результате длительного действия на экосистему в целом. Этот метод может быть использован как дополнение к инвентаризации древесно-кустарниковых насаждений в урбоэкосистемах.

Оценка состояния древостоя производится для установления вредного влияния антропогенных факторов и прогнозирования экологической ситуации на территории исследуемой экосистемы.

*Цель работы* – оценить состояние древостоя смешанного леса.

*Оборудование и материалы:*

- определители растений;
- рулетка.

*Ход работы*

1. Выбрать ключевой участок, на котором произрастают лиственные и хвойные породы, и заложить пробную площадку размером 100 м<sup>2</sup> (10 x 10 м). Количество деревьев на участке не менее 10.

2. Определить все породы деревьев на участке.

3. Составить формулу древостоя, например, 5ЛЗТ1К – на площадке произрастают 5 лип, 3 тополя и один клён (всего 9 деревьев).

4. По внешним признакам (см. шкалу визуальной оценки ниже – таблица 1) определить балл состояния каждого отдельного дерева на площадке (С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> и т.д.).

Таблица 1 – Шкала визуальной оценки состояния деревьев по внешним признакам

Характеристика состояния древостоя	Балл
Деревья здоровые, без внешних признаков повреждения, величина прироста соответствует норме	I
Ослабленные деревья. Крона слабоажурная, отдельные ветви усохли. Листья или хвоя часто с жёлтым оттенком. У хвойных на стволе сильное смолотечение и отмирание коры на отдельных участках	II
Сильно ослабленные деревья. Крона изрежена, со значительным усыханием ветвей. Вершина сухая. Листья обычно мелкие, иногда увеличены, светло-зелёные; хвоя с бурым оттенком, держится на ветвях 1-2 года. Прирост снижен или отсутствует вовсе. Сильное смолотечение. Значительные участки коры отмерли	III
Деревья усыхающие, наблюдается усыхание ветвей по всей кроне. Листья мелкие, недоразвитые, бледно-зелёные с жёлтым оттенком. Отмечается ранний листопад. Хвоя повреждена на 60% от общего количества. Прирост отсутствует. На стволах отмечаются признаки заселения короедами и другими вредителями	IV
Деревья и крона сухие. Листьев нет; хвоя жёлтая или бурая, осыпается или уже осыпалась. Кора на стволах отслаивается или отпала. Стволы заселены ксилофагами (потребителями древесины)	V

5. Вычислить средний балл состояния каждой породы по формуле:  $C_{\text{липы}} = \Sigma (C_1 + C_2 \dots + C_5) / 5$ .

6. Определить коэффициент состояния древостоя  $K$  в целом – как среднее арифметическое средних баллов состояния различных деревьев на пробной площадке, деленное на общее число пород ( $N$ ) на площадке:

$$K = C_1 + C_2 \dots + C_i / N.$$

7. Дать общую характеристику древостоя (табл. 2).

Таблица 2 – Критерии оценки состояния древостоя

Коэффициент состояния	Балл	Общая характеристика древостоя
< 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

8. Сделать выводы.

## **Тема 2 Концепция комплексного биомониторинга окружающей среды (ГСМОС)**

Программа интегрированного мониторинга в системе ГСМОС (Глобальная Система Мониторинга Окружающей Среды), принятая в 1990 г., включает следующие группы показателей:

- общая метеорология (6 показателей);
- химизм воздуха (3 показателя);
- химизм почвенных и подземных вод (4 показателя);
- химизм поверхностных вод (4 показателя);
- почва (6 показателей);
- биологические показатели (11).

## *Лабораторная работа № 2*

### *Комплексная оценка состояния природной среды по интегральным показателям состояния древесных насаждений (по Е. Г. Мозулевской)*

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 на территории ботанического сада Кубанского ГАУ.

*Материалы и оборудование:*

- определители и атласы-каталоги растений,
- рулетка,
- линейка.

*Ход работы*

1. Выбрать пробные площадки в древесных насаждениях на разных участках.

2. Описать состояние листьев или хвои на деревьях, отмечая признаки, указанные в таблице. 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. 3).

Таблица 3 – Характеристика категорий состояния деревьев

Категория деревьев	Основные признаки	Дополнительные признаки
1	2	3
Хвойные породы		
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 светлее обычного, крона слабоажурная, 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

Продолжение таблицы 3

1	2	3
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 – сухой 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 - сухой 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 дегреворазрушающих грибов
Лиственные породы		
0 – без признаков ослабления	Листва зеленая, блестящая, крона густая прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий места произрастания и сезона года	–

Продолжение таблицы 3

1	2	3
1 – ослабленные (в кроне до 25 % сухих ветвей)	Листва зеленая; крона слабоажурная, при- рост может быть ослаблен по сравне- нию с нормальным	Могут быть местные повреждения ветвей, корневых лап и ство- ла, механические по- вреждения, единич- ные водяные побеги
2 – ослабленные (сухих ветвей 25-50 %)	Листва мельче или светлее обычной, преждевременно опа- дает, крона изрежена	Признаки предыду- щей категории выра- жены сильнее, по- пытки поселения или удавшиеся местные поселения стволовых вредителей, сокоте- чение и водяные по- беги на стволе и вет- вях
3 – сильно ослабленные (сухих ветвей 50-75 %)	Листва мельче или светлее обычной, преждевременно опа- дает, крона изрежена	Признаки предыду- щей категории выра- жены сильнее; по- пытки поселения или удавшиеся местные заселения стволовых вредителей, сокоте- чение и водяные по- беги на стволе и вет- вях
4 – усыхающие сухокронные (в кроне более 75% сухих ветвей)	Листва мельче, свет- лее или желтее обык- ной, преждевременно опадает или увядает, крона сильно изреже- на	На стволе и ветвях возможны признаки заселения стволовы- ми вредителями (входные отверстия, насежки, сокотечение, буровая мука и опил- ки, насекомые на ко- ре, под корой и в древесине); обильные водяные побеги, ча- стично усохшие или усыхающие

Продолжение таблицы 3

1	2	3
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	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

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

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 по величине текущего опада и его характеру, по размеру и положению в древостое отмирающих деревьев, суммарной доле сухостойных и ветровальных деревьев, образовавшихся на последнем по отношению к периоду наблюдения временном этапе жизни насаждения, по степени ослабления живой части древостоя, поврежденности насаждений насекомыми и патогенами, по нарушенности или сохранности природной системы. Опосредованно свидетельствуют о снижении устойчивости насаждения структура и расположение на площади скоплений сухостоя, изменение цвета хвои и листвы у основной или значительной части деревьев, нали-

чие на них некрозов, пятен, налетов, преждевременность их опада или увядания, возрастная структура хвои.

4. Сделать выводы о состоянии насаждений на изучаемой территории.

### **Тема 3 Экологические основы биомониторинга**

Значение *стресса* для биомониторинга заключается в том, что биологические системы любой степени сложности недостаточно адаптированы к интенсивности воздействия и быстрой смене антропогенных стрессоров. В живых системах часто не успевают активизироваться соответствующие адаптационные системы в ответ на стресс. Стрессовое воздействие приводит к отклонению основных параметров организма от оптимального уровня.

#### ***Лабораторная работа № 3***

#### ***Определение устойчивости клеток различных растений к обезвоживанию***

Диоксид серы  $SO_2$  (сернистый газ) образуется при сжигании серосодержащего топлива и обжиге сернистых руд.

Воздействие  $SO_2$  вызывает межжилковые хлорозы и некрозы у люцерны, гречихи и гороха, изменение цвета концов игл хвойных на красный, а потом буровато-серый, мозаичность хвои. На долю сернистого газа приходится до 70 % кислотных осадков.

Предлагаемая лабораторная работа основана на свойствах серной кислоты обезвоживать клетки листа. Это явление часто встречается в условиях антропогенного загрязнения, когда попавший через устьица в растение сернистый газ превращается в протоплазме клетки в серную кислоту,

вызывая при этом потерю листом тургора, повреждение и гибель клеток.

Серная кислота образуется в атмосферном воздухе больших городов при соединении паров воды и сернистого газа. Попадая на растение в больших концентрациях, она вызывает ожоги, а в малых – очень быстро проникает через устьица внутрь межклетников, отнимает воду от углеводов, образующихся в процессе фотосинтеза, вызывая впоследствии гибель клеток и обугливание тканей листа.

Живая клетка отличается от мертвой способностью к хорошо выраженному плазмолизу при определенных условиях (Федорова, Никольская, 2001).

*Цель работы* – определить устойчивость клеток различных растений к обезвоживанию.

*Оборудование, реактивы и материалы:*

- микроскоп;
- предметные и покровные стекла;
- эксикатор;
- концентрированная серная кислота ( $H_2SO_4$ ), разведенная дистиллированной водой (1:1);
- 1 М раствор сахарозы;
- листья разных древесных растений.

*Ход работы*

1. Необходимо собрать листья разных древесных растений, растущих в относительно чистой зоне, но встречающихся и в городских посадках вдоль улиц города с оживленным движением транспорта.

2. Из листа растения вырезают пластинки размером 2–4 см и кладут в эксикатор над серной кислотой, разбавленной в соотношении 1:1. Пластинки выдерживают в течение 2–3 часов.

3. Затем делают срезы, окрашивают «нейтральным красным» и плазмолизируют молярным раствором сахаро-

зы, просасывая его между предметными и покровными стеклами.

4. Просматривают под микроскопом листья в разных полях зрения и подсчитывают оставшиеся живыми клетки по возникшему плазмолизу. Чем больше осталось живых клеток, тем лучше растение выносит обезвоживание.

5. Строят ряд устойчивости клеток разных растений к обезвоживанию (устойчивости к сернистому газу).

6. По результатам работы делают выводы.

#### **Тема 4 Уровни биомониторинга**

*Клеточный уровень* проведения биомониторинговых исследований предполагает раннее выявление нарушений, позволяет использовать высокочувствительные и специфические, хотя и дорогостоящие методы исследований.

*Организменный уровень* биомониторинга помогает учесть влияние комплекса факторов окружающей среды на организмы. К его достоинствам относятся визуальность и доступность. В качестве объектов могут быть использованы разные группы организмов: микроорганизмы, грибы, мхи, лишайники, растения, животные.

*Ландшафтный* биомониторинг проводится в основном аэрофотометрическими методами. Он позволяет сравнить естественные процессы в природе и процессы, являющиеся результатом техногенеза.

#### ***Лабораторная работа № 4***

##### ***Определение степени токсичности субстрата на основе осадков сточных вод с помощью микроорганизмов***

Отходы жизнедеятельности организмов такие как осадки сточных вод (ОСВ), органические бытовые отходы,

отходы сельского хозяйства и промышленности в настоящее время должны не только правильно утилизироваться, но и использоваться в различных специально разработанных безотходных технологиях. Это способствует решению проблемы защиты окружающей среды от загрязнения и его негативных последствий.

Сложные компосты, в зависимости от состава как самих смесей, так и их составляющих, не могут быть использованы в качестве удобрений без определенной подготовки и нейтрализации опасных загрязнителей и патогенов. Органоминеральные смеси подвергаются аэробной переработке или анаэробному сбраживанию с помощью микроорганизмов (микроскопических грибов, бактерий). Следовательно, они являются хорошими тест-объектами для определения степени созревания компоста и отсутствия токсичности.

Исходный субстрат (смесь сразу после смешивания) угнетает рост грибов по сравнению с контролем, а спустя 3 месяца после компостирования наблюдается стимуляция их роста.

*Цель работы* – определение токсичности отработанного биогазового субстрата на основе вторичных ОСВ (Миндубаев А.З., 2008).

*Материалы и оборудование:*

- испытуемый субстрат, полученный аэробной переработкой ОСВ после производства биогаза;
- чашки Петри;
- стеклопосуда для разведений (мерные колбы);
- пипетки с градуировкой;
- выделенные из почвы грибы: *Aspergillus niger*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Azotobacter*;
- определители и атласы (лучше цветные) грибов и их колоний;

- счетчики для подсчета клеток грибов (микроскопы или др. приспособления);
- питательные среды для выращивания культур грибов: Сабуро с левомицетином, Эшби для азотфиксаторов на мясо-пептонном агаре;
- физиологический раствор (0,9% раствор NaCl).

*Ход работы*

1. Выделение культур почвенных грибов *Aspergillus niger*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Azotobacter*.

2. Выращивание чистых культур грибов на соответствующих питательных средах (см. выше).

3. Посев производится путем отбора проб компоста и разбавления его физраствором в 100 (0,5 г компоста на 50 мл раствора) и 1 000 раз. Полученный испытуемый раствор вносят в культуру азотобактер (аналогично в др. культуры, указанные выше), разведенную в 10, 100, 1000 раз.

4. Пробы компоста (почва + ОСВ в соотношении 1:1) отбирают в начале смешения, затем после регулярного полива (отстоянной водопроводной водой примерно 1 раз в неделю) и исчезновения гнилостного запаха (через 2,5–3 месяца). Контролем служат подготовленные аналогично пробы почвы без компоста.

5. Для определения состава микрофлоры компоста делается посев разбавленных растворов на среду Эшби (для азотобактера) и на среду Сабуро с левомицетином (для грибов). Для сравнения состава микрофлор проводят одновременно аналогичный посев почвы, использованной при формировании компоста.

6. Полученные данные заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Рост культур микроорганизмов на разных стадиях созревания субстрата на основе ОСВ

Культура (вид микроорганизма)	Плотность культуры, кл/мл	
	Контроль	Опыт

9. После анализа результатов произведенных посевов делают выводы.

## **Тема 5 Биомониторинг загрязнений**

Среди методов биологического мониторинга важное место занимает определение содержания загрязнителя в живых организмах.

В настоящее время установлена возможность использования микроорганизмов в качестве биоиндикаторов загрязнения. Микроорганизмы чувствительны к чрезвычайно малым концентрациям вредных веществ, поступающих с промышленными стоками, атмосферными осадками и т. д.

В порядке уменьшения чувствительности к загрязнениям природной среды растения можно расположить в следующий ряд: грибы, лишайники, хвойные, листопадные деревья. Среди сельскохозяйственных культур к наиболее чувствительным видам относятся салат, люцерна, злаковые, крестоцветные, к малочувствительным – кукуруза, виноград, представители семейства розоцветные.

Для индикации загрязняющих веществ можно использовать в качестве тест-объектов и животных. Например, воздействие сернистого газа угнетает хвойные деревья. Это ведет к перестройке всего биоценоза. При этом значительно уменьшается количество насекомых-фитофагов. Они в данном случае служат косвенными индикаторами чистого воздуха.

### **5.1 Индикация загрязнения тяжелыми металлами**

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является одним из наиболее распространенных видов антропогенных изменений природных объектов. Источники их поступления в разные среды: металлургические пред-

приятия, теплоэлектростанции, автотранспорт, сельское хозяйство в условиях повышения уровня его химизации.

### *Лабораторная работа № 5*

#### ***Определение загрязнения воды тяжелыми металлами по движению хлоропластов в клетках ряски***

Чувствительность ряски на загрязнение тяжелыми металлами (барий, медь, магний, железо, кобальт) проявляется уже при их концентрации порядка 10 мкг/л. Ответные реакции на некоторые тяжелые металлы (ТМ) довольно специфичны. Так, в ответ на Cu (0,1–0,25 мг/мл) уже через 4 часа воздействия происходит рассоединение листецов и изменение окраски с зеленой на голубую; при воздействии Zn (0,025 мг/мл) – насыщенная зеленая окраска меняется на бесцветную, зеленой остается только точка роста; при воздействии Ba (0,1–0,25 мг/мл) идет полное разъединение листецов ряски, отпадают корни, зеленая окраска меняется на белую; при воздействии Co (0,25–0,0025 мг/мл) наблюдается полное приостановление роста и потеря окраски.

Дополнительные рекомендации: при наличии микроскопа можно использовать тест на загрязнение воды ТМ по движению хлоропластов в клетках ряски. В норме они концентрируются со стороны источника света, располагаясь перпендикулярно лучам света (положительный фототаксис), при сильном загрязнении перемещаются хаотически, прижимаясь к боковым стенкам клеток и располагаясь к источнику света ребром (отрицательный фототаксис). Пробы должны быть при этом свежими, растения живыми.

Для биотестирования загрязненных, например, сточных, вод лучше брать ряску одного вида и клона (выращенную в лабораторных условиях).

*Цель работы* – провести тест на загрязнение воды ТМ по движению хлоропластов в клетках щитков ряски.

*Материалы и оборудование:*

- световой микроскоп;
- предметные и покровные стекла;
- препаровальные иглы;
- медицинский шприц для инфильтрации растений ряски;
- карандаш и листы бумаги для записей и зарисовок.

*Ход работы*

1. Листецы живых растений ряски подвергают инфильтрации (пропитывают исследуемой жидкостью) с помощью медицинского шприца и ставят на слабый свет (120 лк).

2. Через 17 час после инфильтрации (утром следующего дня) оторванные листецы помещают в каплю исследуемой жидкости на предметное стекло.

3. Под микроскопом в верхних клетках основной ткани хлоренхимы рассматривают хлоропласты и делают зарисовки. Для количественного анализа просматривают не менее 10 клеток и ведут подсчёт хлоропластов в каждой группе по расположению к свету (перпендикулярно и «ребром»).

4. Не сдвигая опытный препарат, создают сильное освещение в течение 10 мин, а затем снова зарисовывают и/или пересчитывают хлоропласты в разных положениях.

5. Определяют визуально количественно соотношение числа хлоропластов, расположенных «ребром» к свету, к их первоначальному количеству и выражают показатель в процентах. Чем он выше, тем сильнее загрязнена вода ТМ.

6. Контрольный листец помещают в каплю водопроводной или дистиллированной воды, в нем соотношение хлоропластов в разных положениях (показатель торможения фототаксиса) обычно близко к нулю.

7. Обобщают результаты и делают выводы.

## 5.2 Индикация загрязнения почв нефтепродуктами

### *Лабораторная работа № 6*

#### ***Биотестирование загрязнения почв нефтепродуктами на основе прорастания семян растений-индикаторов***

Биологические тесты на прорастание семян успешно применяются для установления воздействия различных физиологически активных веществ. Биологические пробы применимы и для токсикологической оценки различных компонентов окружающей среды, особенно почв, при загрязнении их нефтепродуктами. Ранняя диагностика степени загрязнения почв, использующая в качестве тест-системы проростки кресс-салата, может успешно применяться для оперативной оценки влияния нефтепродуктов и других загрязняющих веществ на активность прорастания и развития тест-объектов. Предполагается, что при повышении концентрации нефтепродуктов в почве замедляется прорастание семян, снижается их всхожесть, ингибируется рост корней и проростков.

*Цель работы* – определение фитотоксичности почвы, загрязненной нефтепродуктами по комплексу морфологических и физиологических признаков кресс-салата.

*Материалы и оборудование:*

- продукты переработки нефти (бензин),
- чистая почва и почва, загрязненная нефтепродуктами,
- чашки Петри.
- семена растения кресс-салата.

*Ход работы:*

1. Взвесить три равных по массе образца почвы: серая лесная (контроль), почва, отобранная около автозаправочной станции и почва, загрязненная нефтепродуктами (бен-

зин). Образцы поместить в чашки Петри. Опыты проводят в трехкратной повторности.

2. Высадить в почву по 16 семян кресс-салата *Lepidium sativum* L. в каждую чашку. Периодически поливать равными количествами отстоянной водопроводной воды.

3. На третьи сутки определить энергию прорастания семян.

4. Через семь суток растения извлечь из почвы. В течение опыта проводятся наблюдения по следующим показателям:

- время появления всходов и их число;
- общая всхожесть (к концу опыта);
- измерение длины надземной части (высота растений);
- измерение длины корней.

Данные заносятся в таблицы.

5. Определить фитотоксичность почвенных образцов, загрязненных нефтепродуктами. Сделать выводы.

### **5.3 Фитоиндикация загрязнения атмосферного воздуха**

#### *Лабораторная работа № 7*

#### ***Определение площади листьев у древесных растений в загрязненной и чистой зонах***

Все метамерные органы растений реагируют на загрязнение среды или абиотические факторы. Растения подвержены очень большой изменчивости (особенно размеры листьев) и диапазон их нормы реакции очень широк. Так, размеры листьев могут сильно увеличиваться после обрезки деревьев, так как приток пластических веществ и фитогормонов из корневых систем распределяется на оставшиеся после обрезки листья, а также стимулирует пробужде-

ние спящих почек. В то же время размер листьев может сильно уменьшаться в результате длительной весенней засухи.

В связи с этим при биоиндикации загрязнения наземных экосистем для научных целей требуется исключение указанных вариантов, и при взятии листьев нужно применять большую выборку (50–60 образцов). В санитарных зонах предприятий, в уличных посадках в большинстве случаев размеры листьев уменьшены по сравнению с более чистой загородной территорией. Исключением являются выбросы азотно-туковых заводов, в зоне влияния которых размеры листьев могут быть увеличены из-за включения азота в метаболические процессы.

*Цель работы* – определить площадь листьев древесных растений в загрязненной и чистой зонах.

*Оборудование и материалы:*

- листья древесных растений,
- ножницы,
- линейка,
- весы,
- писчая бумага.

*Ход работы*

1. Отбирают по 20–25 листьев каждой древесной породы с деревьев, растущих в разных экологических условиях, складывают в пакеты. Возможно засушить листья между листами газетной бумаги в лабораторных условиях. Это дает возможность провести работу в зимний период.

2. Вырезают из бумаги (лучше в клеточку) квадрат равный длине и ширине листа, вычисляют его площадь, взвешивают на весах. На бумажном квадрате карандашом обвести контур листа, использованного в опыте, вырезать ножницами и взвесить. Записать полученный вес. Из полученных данных вычислить переводной коэффициент по формулам:

$$K = \frac{S_{\text{Л}}}{S_{\text{КВ}}},$$

$$S_{\text{Л}} = \frac{S_{\text{КВ}} \cdot P_{\text{Л}}}{P_{\text{КВ}}},$$

где  $K$  – переводной коэффициент;  
 $S$  – площадь квадрата (кв) и листа (л);  
 $P$  – масса квадрата (кв) и листа (л).

Вычисление коэффициента производится на основании измерения 7–8 листьев. Таким расчетом он устанавливается отдельно для каждого вида растений.

3. Затем измеряют длину ( $A$ ) и ширину ( $B$ ) каждого листа и умножают на переводной коэффициент ( $K$ ):

$$S = A \cdot B \cdot K.$$

В результате получен ряд значений изменчивости площади листьев для каждой древесной породы в разных экологических условиях. Для каждого ряда вычисляют среднеарифметические величины, сравнивают между собой.

4. В случае большой выборки необходимо построить вариационные кривые встречаемости листьев определенной площади в разных условиях среды. По оси  $x$  откладывают встречаемость в шт., по оси  $y$  – площадь листьев. При этом все ряды по площади листьев разбивают на классы, от самого маленького листа до самого большого, с одинаковым шагом между классами. По каждому классу производят определение встречаемости.

5. Сравнить полученные графические данные, сделать выводы относительно различий в изменчивости площади листьев в зависимости от экологических условий и устано-

вить разницу в диапазоне изменчивости для маленьких и больших листьев.

## **Тема 6 Биомониторинг состояния почв**

*Биомониторинг состояния почв* – это мониторинговые исследования почвенных процессов, происхождения и типа почвы, диагностика физических, химических и биологических свойств почвы, а также антропогенного воздействия на почвы с помощью живых организмов. Под воздействием антропогенных нагрузок (транспорт, сельскохозяйственное производство, рекреация) происходит изменение физических параметров почв: структуры, порозности, плотности горизонтов. Механический состав почв определяет тепловой, воздушный, водный режимы, особенности минерального питания растений. Биомониторинг состояния почв проще всего проводить по растениям.

### **6.1 Мониторинг пастбищной дигрессии**

При периодическом стравливании растений при выпасе скота почва оголяется, сильнее прогревается и иссушается, уплотняется. При близком залегании грунтовых вод уплотнение почвы приводит к ее переизбыточному увлажнению.

В результате выпаса на лугах формируются вторичные группировки: уменьшается обилие хорошо поедаемых видов и увеличивается доля пастбищных ксерофитов (типчак) и выгонных растений (спырыш, рогач, мятлик), которые имеют низкую кормовую ценность. Доля непоедаемых и плохо поедаемых растений ежегодно увеличивается (тысячелистник, скерда) вплоть до ядовитых и вредных (моло-

чай, астровые с опушенными плодами или горькими листьями, яснотковые и т.п.). На сырых лугах образуются крупные кочки из осок (так называемый кочкарник).

В целом мезофильное разнотравье и высокие рыхло- и плотнокустовые злаки заменяются мелкодерновинными злаками (овсяница бороздчатая, тонконог), затем они сменяются полукустарничками и многолетними травами (полынь, чабрец), характерными становятся эфемеры и эфемероиды, например, мятлик луковичный, а также растения, образующие прикорневую розетку листьев (одуванчик, подорожник) или растения со приподнимающимися побегами (полынь австрийская, спорыш).

### *Лабораторная работа № 8*

#### *Мониторинг пастбищной дигрессии растительного покрова (по Л. Г. Раменскому)*

Выделяют 10 ступеней пастбищной дигрессии (кроме заболоченных почв):

**1-2:** влияние выпаса отсутствует или очень слабое. Видовое разнообразие значительное, доля разнотравья – высокая. Виды-индикаторы: чина луговая, герань.

**3-4:** слабое влияние выпаса, сходное с влиянием раннего и нормального систематического кошения. На лугах уменьшается доля разнотравья, увеличивается – злаков, особенно верховых. Индикаторы: лютики, чемерица, жеруха.

**5:** умеренное (среднее) влияние выпаса. На лугах и в степи верховые злаки сменяются низовыми, в степи и полупустыне уменьшается роль злаков и возрастает – полыней, солянок, эфемеров и однолетников; появляются и начинают разрастаться пастбищные сорняки. На умеренно выпасаемых лугах наблюдается господство сенокосных

злаков (костер, пырей, тимофеевка, овсяница луговая), луг становится ценным сенокосным угодьем.

**6-7:** сильное влияние выпаса (пастбищная стадия). На лугах господствуют низовые злаки, местами низкорослые бобовые (клевер белый), много низкорослых многолетников из разнотравья (одуванчик лекарственный, кульбаба осенняя, лапчатка гусиная). В полупустыне и степи господствуют полыни, велика роль эфемеров и однолетников. Сильно выпасаемые луга имеют типично пастбищный травостой с высокой степенью отрастания, образованный в основном низовыми злаковыми (мятлик луговой, овсяница красная, полевица ползучая) с примесью клевера лугового, клевера ползучего, лядвенца, одуванчика, кульбабы, тысячелистника.

**8:** полусбой. Низовые злаки на лугах и в степях, полыни в полупустыне наполовину и более вытеснены сорными многолетними и однолетними растениями, большое количество непоедаемых и колючих пастбищных сорняков.

**9:** сбой. Растительный покров сильно изрежен, образован преимущественно однолетниками с высокой отавностью (способностью отрастать после скашивания) – спорыш.

**10:** абсолютный сбой. Почва оголена. Произрастают лишь единичные растения.

*Цель работы* – определить степень пастбищной дигрессии растительного покрова.

*Материалы и оборудование:*

- определитель и атлас растений;
- гербарий растений.

*Ход работы*

1. Выбрать участки (как минимум два) с луговой растительностью без выпаса и с выпасом.

2. Провести описание растительности для каждого участка:

- видовой состав (начиная с самого обильного вида);
- обилие (по шкале Друде и по проективному покрытию в %);
- жизненная форма (по особенностям надземной и подземной частей – по И.Г. Серебрякову и Г.Н. Высоцкому);
- виды-индикаторы (или доминанты);
- значение видов – ядовитый, сорный, непоедаемый и т.п.);
- степень дигрессии.

3. Результаты занести в таблицу 5.

Таблица 5 – Характеристика растительного покрова исследуемого участка

Видовой состав	Обилие	Жизненная форма	Виды-индикаторы	Значение видов	Степень дигрессии

4. Сравнить участки по числу видов, их значению и доминантам, сделать выводы.

## 6.2 Мониторинг рекреационной нагрузки

Изучение воздействия рекреации на состояние почв показало, что устойчивость каждого конкретного рекреационного ландшафта может значительно варьировать. Это зависит, в основном, от ряда экологических факторов. Каждый из них действует по-своему:

- механический состав почв (наиболее устойчивы легкосуглинистые почвы; с утяжелением или облегчением мехсостава устойчивость падает);
- влажность почвы (наиболее устойчивы свежие почвы; с иссушением или увлажнением устойчивость падает);
- мощность гумусового горизонта почвы (чем он мощнее, тем устойчивость выше);

- мощность рыхлых грунтовых отложений (если скалистое основание подходит близко к поверхности, устойчивость заметно снижается);
- уклон поверхности (чем он больше, тем устойчивость ниже);
- состав древостоя и строение корневой системы основных пород деревьев (в каждом регионе существуют свои наиболее и наименее устойчивые породы);
- естественные леса, как правило, имеют более высокую устойчивость, чем искусственные насаждения.

### *Лабораторная работа № 9*

#### *Биомониторинг рекреационной нагрузки и определение стадии рекреационной дигрессии*

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 называемая дорожно-тропиночная сеть – ДТС). В основе многих исследований рекреационных нагрузок лежит положение о стадиях «рекреационной дигрессии» по аналогии со стадиями пастбищной дигрессии. Основной прием учета рекреационной нагрузки – регистрация последовательных этапов разрушения растительности: от совершенно здорового древостоя до полной гибели древесного яруса и отсутствия напочвенного покрова.

Выделяют пять стадий рекреационной дигрессии:

1. Деятельность человека не внесла в ландшафты никаких заметных изменений, ДТС выражена слабо.

2. Рекреационное воздействие человека выражается в установлении редкой сети тропинок, в появлении среди травянистых растений некоторых светлюбивых видов, в начальной фазе разрушения подстилки. ДТС занимает 5–10 %.

3. Тропиночная сеть сравнительно густа, в травянистом покрове преобладают светлюбивые виды, начинают появляться и луговые травы, мощность подстилки уменьшается; на внетропиночных участках возобновление леса все еще удовлетворительное. ДТС занимает 20–30 %.

4. Тропинки густой сетью опутывают лес, в составе травянистого покрова количество собственно лесных видов незначительно, жизнеспособного подроста молодого возраста (до 5–7 лет) фактически нет, подстилка встречается фрагментарно у стволов деревьев. ДТС занимает около 50 %.

5. Полное отсутствие подстилки и подроста, на вытоптанной площади – отдельные экземпляры сорных и однолетних трав. ДТС занимает около 90 %.

*Цель работы* – определить стадию рекреационной дигрессии.

*Материалы и оборудование:*

- измерительная лента;
- 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, наличие оголенных участков почвы, последствий антропогенного воздействия (кострищ, вывалов мусора) и другие особенности.

3. Оценить степень деградации почвенного покрова в местах рекреации.

4. Вычислить площадь ДТС в %:

- при небольшом участке можно определить глазомерно аналогично проективному покрытию;

- при большом участке выделить наиболее репрезентативную площадку и с помощью шагов или мерной ленты определить общую площадь ( $S_o$ ) участка и участков ДТС ( $S_{дтс}$ ): тропинки, асфальтированные дорожки, вытопанные площадки и т.п.

5. Определить индекс ДТС ( $IS_{дтс}$ ), разделив  $S_{дтс}$  на  $S_o$  и умножив на 100, т.е. узнать соотношение площадей нарушенных и ненарушенных участков:

$$IS_{дтс} = (S_{дтс} / S_o) \times 100 (\%).$$

6. По значению ДТС (%) и дополнительным признакам (см. выше) указать стадию рекреационной дигрессии каждого участка.

7. Сделать вывод и возможный прогноз с рекомендациями.

## Тема 7 Биотестирование

*Биотестирование* – оперативный метод прямой оценки качества воды, в частности сбросных вод предприятий, почвы, кормов и др. субстратов путём экспериментального определения (обычно в лабораторных условиях) действия конкретных загрязняющих или токсических веществ на живые организмы, или так называемые тест-объекты.

*Тест-объекты* – это организмы-биоиндикаторы, ответные реакции которых (тест-реакции) известны и предварительно градуированы по степени воздействия.

## *Лабораторная работа № 10*

### *Биотестирование летучих токсических веществ и водной вытяжки из почвы по прорастанию семян*

Биотестирование обычно проводят в лабораторных условиях, где легче учесть влияние какого-либо конкретного фактора. Тест на прорастание семян хорошо разработан и применяется для установления воздействия различных физиологически (биологически) активных веществ. Биологические пробы применимы и для токсикологической оценки различных компонентов окружающей среды (в том числе и воздушного загрязнения). Обычно используют мелкие семена (льна, кресс-салата, мака, рыжика, укропа и др.). Для достоверной оценки применяют не менее трех тестов с разными видами семян. Лучше использовать свежесобранные семена, так как на лежалых семенах может развиваться сапрофитная микрофлора, и они могут загнивать и выбывают из опыта.

*Цель работы* – провести биотестирование летучих токсических веществ и водной вытяжки из почвы по прорастанию семян.

*Оборудование, реактивы и материалы:*

- широкогорлые колбы с пробирками;
- чашки Петри;
- проволоочки;
- вата;
- пинцеты;
- большие пробирки;
- пенициллиновые пузырьки;
- пипетки;
- фильтры;
- карандаш по стеклу;

- семена тест-растений: кресс-салата, редиса, льна и др.;
- токсические летучие вещества: аммиак, ацетон, скипидар;
- водная вытяжка из почвы.

#### *Ход работы*

1. С целью профилактики развития различных пораженных патогенами, в первую очередь грибковыми, семена протравливают. Сухие семена погружают в 1%-ный раствор марганцовокислого калия на 0,5 часа, а затем промывают дистиллированной водой, используя два слоя марли, обсушивают на фильтровальной бумаге на воздухе.

2. На дно широкогорлой колбы помещают вату или фильтровальную бумагу, выделяющие токсические пары тех или иных веществ, которыми они пропитаны. К пробке на проволоке подвешивают шарообразный комок обильно увлажненной ваты, в который предварительно вдавливают семена тест-растения. Другую колбу без токсичных паров, но с ватой и семенами, используют как контроль. Ставят обе колбы в термостат при температуре 25–26 °С до начала прорастания, а затем выставляют на свет.

Наблюдают за появлением всходов и ростом проростков (число всходов, развертывание листочков), а затем измеряют длину и массу каждого проростка. Сравнивают с контролем.

2. В большие пробирки на дно помещают источники газообразных токсических выделений (смоченные ватки). Пробирки располагают наклонно, вблизи горлышка каждой кладут сложенный втрое фильтр, который увлажняют 1–2 мл воды и засевают мелкими семенами мака, салата, рыжика и пр., пробирки закрывают пробками. Через несколько дней производят оценку прорастания семян и роста проростков путем измерения последних.

3. Образцы почв отбирают в разных частях города, растирают в ступке и просеивают через мелкое сито. Взвешивают на кальке 10 г почвы в трехкратной повторности, пересыпают в колбочку или стаканчик, приливают 25 мл дистиллированной воды. Энергично взбалтывают 10–15 мин, горлышко колбы закрывают фольгой.

4. Два фильтра, смоченные 2 мл полученной вытяжки из почвы помещают на дно чашки Петри, раскладывают на них 50 семян, закрывают крышкой, ставят в термостат при температуре + 25 – +26 °С. Опыт проводят в трех повторностях. Через 3 дня оценивают всхожесть семян, через 7 дней – количество и величину проростков по отношению к контролю, принятому за 100 %. Контроль ставят на дистиллированной воде. Данные заносят в таблицы.

5. На основе полученных результатов делают выводы.

## **Тема 8 Методы биологического контроля качества воды**

Биомониторинг процессов эвтрофикации водоемов и биологического контроля водоемов методом сапробности проводится с использованием индикаторных организмов. Одним из способов определения качества воды является метод оценки сапробности по *индексам Пантле и Бука* в модификации *Сладечека*. Этот метод дает возможность представить результаты биологического анализа численными значениями и обеспечивает тем самым возможность сравнения состояния различных водоемов, например, по продольному профилю реки. Индекс сапробности вычисляется по формуле:

$$S = \frac{\varepsilon (s h)}{\varepsilon h},$$

где  $S$  – индикаторная значимость каждого вида (определяется по спискам сапробных организмов),  
 $h$  – величина, которая находится из шестиступенчатой шкалы значений частоты встречаемости индикаторных видов и определяет относительное количество видов в сообществе.

### ***Лабораторная работа № 11***

#### ***Биологический контроль водоема методом сапробности (по Е. И. Егоровой)***

*Сапробность* – степень распада органических веществ в загрязненных водоемах. Сапробные организмы служат индикаторами загрязнения и различных стадий разложения органических веществ в водоеме.

Принцип метода сапробности основан на взаимосвязи организмов-сапробионтов со средой обитания.

*Цель работы* – определить качество воды в водоеме по индексам сапробности.

*Материалы и оборудование:*

- микроскоп;
- предметные и покровные стекла;
- пинцет;
- диск Секки;
- термос;
- аквариум.

*Ход работы* (при проведении работы в полевых условиях)

1. Собрать сведения о гидрологическом режиме водоема: расход воды, характер водосборной площади, расположение, качество и количество выпусков сточных вод, наличие загрязненных территорий вдоль берегов водоема.

2. Осмотр прибрежно-водной территории: измерение температуры воды, оценка ее прозрачности (по диску Секке), наличие пленок на поверхности водоема, запах и цвет воды, наличие и идентификация водных растений, загрязнение берегов мусором, заиленность дна и характер ила.

3. Отбор и обработка проб. Пробы отбирают ниже по течению от источника загрязнения, в местах выпуска сточных вод, а также на 1 км выше от источника загрязнения (контроль). В малых водоемах рекомендуется исследовать перифтон, в реках – планктон, бентос и перифтон, в прудах и озерах – заросли макрофитов. Перифтон отбирают скребком, переносят в лабораторию в термосе для сохранения жизнеспособности организмов. Пробы фиксируют формальдегидом, при этом доводя его концентрацию в пробе до 2–4 %, определяют видовой состав.

4. Учитывают частоту встречаемости организмов и определяют индекс сапробности.

*Ход работы* (при проведении работы в лабораторных условиях)

1. Извлекают из аквариума стекла обрастания с разным временем экспозиции в аквариуме (от недели до двух месяцев). Рассматривают препараты под микроскопом. Для количественного учета просматривают 50 полей зрения не менее чем на трех препаратах – стеклах обрастания.

2. С помощью определителей устанавливают основные группы водных беспозвоночных животных и водорослей; учитывают частоту их встречаемости. Перечень видов-индикаторов с указанием принадлежности их к зонам сапробности приведен в руководстве «Унифицированные методы исследования качества воды» (1975).

3. Определяют сапробность водоема по методу Пантле и Бука. Индекс сапробности вычисляют с точностью до 0,01. Для ксеносапробной зоны он находится в пределах 0–0,50, олигосапробной – 0,51–1,50, β-мезосапробной – 1,51–

2,50,  $\alpha$ -мезосапробной – 2,51-3,50, полисапробной – 3,51–4,00 (таблица 6).

Таблица 6 – Шкала оценки качества воды по системе сапробности

Класс качества водоема	Характеристика воды	Индекс сапробности по Пантле и Буку
1	Очень чистая	< 1,00
2	Чистая	1,00–1,50
3	Умеренно загрязненная	1,51–2,50
4	Загрязненная	2,51–3,50
5	Грязная	3,51–4,00
6	Очень грязная	> 4,00

4. Определить класс качества водоема по таблице 6. Сделать выводы о состоянии водоема.

## Рекомендуемая литература:

1. Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие для бакалавров и магистров / Под ред. И.С. Белюченко, А.В. Смагина, Е.В. Федоненко. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153 с. Режим доступа:

<http://kubsau.ru/upload/iblock/d1f/d1fcb18f7f11ee7c8c1b265cb060a550.pdf>

2. Биоиндикация и биотестирование в агроэкологии: Учебное пособие / Л.В. Цаценко, А.А. Оторова, Л.С. Большакова, С.Л. Игнатъева, Т.В. Семенова – Бишкек: 2014. – 124 с. — Режим доступа:

[https://edu.kubsau.ru/file.php/104/02\\_UCHEB\\_POSOB\\_Bioindikacija\\_i\\_biotestirovanie\\_okonchatelnyi\\_.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/104/02_UCHEB_POSOB_Bioindikacija_i_biotestirovanie_okonchatelnyi_.pdf)

3. Основы экологического мониторинга: практ. пособие для бакалавров экологии / И.С. Белюченко, А.В. Смагин, Г.В. Волошина, В.Н. Гукалов, Ю.Ю. Никифоренко, О.А. Мельник, Е.В. Терещенко, Л.Н. Ткаченко, Н.Б. Садовникова, Д.А. Славгородская. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 252 с. Режим доступа:

[http://edu.kubsau.ru/file.php/104/02\\_Osnovy\\_ekologicheskogo\\_monitoringa.pdf](http://edu.kubsau.ru/file.php/104/02_Osnovy_ekologicheskogo_monitoringa.pdf)

4. Биологическое тестирование (основные термины и понятия): учеб. справочник / сост. Л. В. Цаценко, А. С. Звягина, Г. В. Фисенко. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2013. – 103 с. Режим доступа:

[https://edu.kubsau.ru/file.php/104/slovar\\_Cacenko\\_L.V.\\_i\\_dr.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/104/slovar_Cacenko_L.V._i_dr.pdf)

5. Биологическое тестирование почвы : учеб. пособие для самостоятельной работы / Л. В. Цаценко. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 90 с. – Режим доступа:

[https://edu.kubsau.ru/file.php/104/Cacenko\\_L.V.\\_UP\\_BIOTESIROVANIE\\_POCHVY\\_dlja\\_samostojatelnoi\\_raboty\\_450216\\_v1\\_.PDF](https://edu.kubsau.ru/file.php/104/Cacenko_L.V._UP_BIOTESIROVANIE_POCHVY_dlja_samostojatelnoi_raboty_450216_v1_.PDF)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ.....	5
Тема 1 Биомониторинг как научное направление.....	5
Лабораторная работа № 1 Оценка состояния древостоя смешанного леса.....	5
Тема 2 Концепция комплексного биомониторинга окружающей среды (ГСМОС).....	7
Лабораторная работа № 2 Комплексная оценка состояния природной среды по интегральным показателям состояния древесных насаждений (по Е.Г. Мозулевской)..	8
Тема 3 Экологические основы биомониторинга.....	13
Лабораторная работа № 3 Определение устойчивости клеток различных растений к обезвоживанию.....	13
Тема 4 Уровни биомониторинга.....	15
Лабораторная работа № 4 Определение степени токсичности субстрата на основе осадков сточных вод с помощью микроорганизмов.....	15
Тема 5 Биомониторинг загрязнений.....	18
5.1 Индикация загрязнения тяжелыми металлами.....	18
Лабораторная работа № 5 Определение загрязнения воды тяжелыми металлами по движению хлоропластов в клетках ряски.....	19
5.2 Индикация загрязнения почв нефтепродуктами.....	21
Лабораторная работа № 6 Биотестирование загрязнения почв нефтепродуктами на основе прорастания семян растений-индикаторов .....	21
5.3 Фитоиндикация загрязнения атмосферного воздуха.....	22
Лабораторная работа № 7 Определение площади листьев у древесных растений в загрязненной и чистой зонах...	22
Тема 6 Биомониторинг состояния почв.....	25
6.1 Мониторинг пастбищной дигрессии.....	25
Лабораторная работа № 8 Мониторинг пастбищной дигрессии растительного покрова (по Л. Г. Раменско-	26

му)...	
6.2 Мониторинг рекреационной нагрузки.....	28
Лабораторная работа № 9 Биомониторинг рекреационной нагрузки и определение стадии рекреационной дигрессии.....	29
Тема 7 Биотестирование.....	31
Лабораторная работа № 10 Биотестирование летучих токсических веществ и водной вытяжки из почвы по прорастанию семян.....	32
Тема 8 Методы биологического контроля качества воды.....	34
Лабораторная работа № 11 Биологический контроль водоема методом сапробности (по Е. И. Егоровой).....	35
Рекомендуемая литература.....	38

# **БИОМОНИТОРИНГ**

*Методические указания*

*Составитель:* **Зеленская** Ольга Всеволодовна

Кубанский государственный аграрный университет.  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13