

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Факультет агрономии и экологии  
Кафедра общей биологии и экологии

**ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ,  
В ТОМ ЧИСЛЕ ПЕРВИЧНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.  
РАЗДЕЛ «БИОИНДИКАЦИЯ»**

**Методические рекомендации**  
к проведению учебной практики для обучающихся  
по направлению «Экология и природопользование»,  
профиль подготовки «Экология и природопользование»

Краснодар  
КубГАУ  
2019

*Составители:* О. В. Зеленская, Ю. Ю. Никифоренко

**Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности. Раздел «Биоиндикация» :** метод. рекомендации к проведению учебной практики / сост. О. В. Зеленская, Ю. Ю. Никифоренко. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 44 с.

Изложены теоретические основы, а также практические указания к проведению учебной практики по биоиндикации. Приводятся биоиндикационные методики оценки качества различных компонентов окружающей среды.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся по направлению 05.03.06 Экология и природопользование, профиль подготовки «Экология и природопользование».

Рассмотрено и одобрено методической комиссией факультета агрономии и экологии Кубанского госагроуниверситета, протокол № 7 от 25.03.2019.

Председатель  
методической комиссии

В. П. Василько

- © Зеленская О. В.,  
Никифоренко Ю. Ю.,  
составление, 2019
- © ФГБОУ ВО «Кубанский  
государственный аграрный  
университет имени  
И. Т. Трубилина», 2019

## ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ ПО БИОИНДИКАЦИИ

*Целью* практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности (учебной практики по биоиндикации) является закрепление в полевых условиях теоретических и практических знаний и понятий дисциплины «Биоиндикация» и получение наглядного представления о взаимосвязи состояния, жизнеспособности и особенностей развития биоты с условиями местообитания и степенью антропогенного воздействия.

*Основные задачи учебной практики:*

- распознавать и оценивать различные изменения в состоянии биоты для лучшей организации мониторинга и природоохранной деятельности;
- находить наиболее чувствительные и подходящие для данного блока экосистемы биоиндикаторы;
- выявлять подходящие биоиндикаторы для различных загрязняющих веществ;
- изучить особенности реакций различных групп биоиндикаторов (фито-, зоо-, лишеноиндикация и др.) в ответ на действие различных факторов окружающей среды;
- освоить наиболее известные и отработанные методы биоиндикации;
- научиться делать правильные выводы из проведенных наблюдений и прогнозировать развитие экологической ситуации.

*Содержание учебной практики*

В программу практики по биоиндикации включены следующие разделы и темы:

1. Введение в теорию биоиндикации – основные понятия и термины биоиндикации; особенности современной биоиндикации; требования, предъявляемые к биоиндикаторам и

правила выбора биоиндикаторов для проведения исследований.

2. Биоиндикация в различных средах – биоиндикация в наземно-воздушной среде; биоиндикация в почве; биоиндикация в водной среде.

3. Фитоиндикация – особенности и преимущества растительных индикаторов; основные объекты и методы фитоиндикации; значение фитоиндикации в мониторинге состояния окружающей среды.

#### *Организация учебной практики и отчетность*

Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности (Биоиндикация) организуется и проводится кафедрой общей биологии и экологии факультета агрономии и экологии. Практика проводится непрерывно – путем выделения в календарном учебном графике непрерывного периода учебного времени для проведения всех видов практик, предусмотренных образовательной программой. Практика проводится на втором курсе в четвертом семестре, непрерывно в течение 1 недели.

Организация практики по биоиндикации предполагает стационарный способ ее проведения на территории КубГАУ, территории дендропарка Ботанического сада им. И.С. Косенко; участка прибрежно-водной экосистемы правого берега р. Кубань, прилегающего к КубГАУ.

Учебная практика по биоиндикации включает в себя ознакомительные экскурсии и самостоятельную учебно-исследовательскую работу, которая заключается в выполнении заданий в полевых условиях, обработку материала, оформление полевых дневников и отчетов по практике. Перед началом учебной практики преподаватели проводят инструктаж по технике безопасности, знакомят обучающихся с ее целью и задачами, содержанием, организацией, выдают задание, информируют о форме рабочей одежды, материалах и оборудовании, необходимых для выполнения задания. Кроме того,

при посещении Ботанического сада, являющегося особо охраняемой природной территорией (ООПТ), преподаватели знакомят студентов с правилами поведения на изучаемой территории с учетом ее статуса и режима охраны.

Первый день практики начинается с экскурсии по территории, на которой будут проводиться учебно-исследовательские работы, для ознакомления обучающихся с принципами проведения полевых исследований при выполнении биомониторинга. В это же время преподаватели кратко излагают теоретические основы биоиндикации, знакомят студентов с терминологией и методологией.

В ходе экскурсии выделяются отдельные полигоны и площадки для проведения биоиндикационных исследований, подбираются объекты биоиндикации, проходит распределение студентов по участкам. Во время экскурсии студенты ведут записи, схематично обозначают места для проведения биоиндикации. Каждый обучающийся выполняет работу самостоятельно, ведет записи в полевом дневнике и по итогам экскурсии составляет отчет.

Формы работы со студентами: занятия проводятся в аудитории (техника безопасности, общие правила поведения, описание методик и содержание работы, задания, оформление работ) и на природе в условиях, соответствующих выбранной методике и задачам темы. При дальнейшем проведении полевых биоиндикационных исследований для более эффективной организации, при которой все обучающиеся принимают активное участие в работе, учебная группа делится на звенья по 3-5 человек. Студенты одного звена получают общее индивидуальное задание и самостоятельно выполняют запланированные исследования, осваивая методики биоиндикации. Все данные заносятся в полевые дневники, в которых ежедневно записывают цели и задачи, порядок выполнения работы, расчеты и краткие результаты наблюдений и измерений, сопровождая записи графическим материалом (схемы, рисунки). По ходу выполнения работ преподаватели дают необходимые по-

яснения. В зависимости от погодных условий порядок и место проведения работ могут меняться.

По окончании запланированных ежедневных полевых исследований каждый студент оформляет отчет за прошедший день индивидуально, при необходимости перенося туда сведения из общих записей, выполненных звеном. При оформлении отчета все записи расшифровываются, уточняются и дополняются, сводятся в таблицы для обобщения результатов. По каждой работе на основе анализа таблиц и проведенных расчетов составляются выводы.

Отчетность обучающегося должна быть представлена индивидуально в распечатанном и электронном виде в следующем объеме:

1. Пакет документов по проведению учебной практики (индивидуальное задание, рабочий график (план), дневник прохождения практики, отзыв руководителя учебной практики, аттестационный лист);

2. Отчет по учебной практике.

Все документы должны быть оформлены грамотно, содержать все необходимые элементы, заверены подписями обучающегося и руководителя практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности (Биоиндикация).

По окончании срока проведения практики обучающиеся защищают представленные отчеты и отвечают на вопросы по представленным результатам исследований.

# ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ БИОИНДИКАЦИИ

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ БИОИНДИКАЦИИ

*Биоиндикация* – комплексная оценка интенсивности и последствий длительного загрязнения окружающей среды или другого воздействия на неё по наличию индикаторных организмов, таксономическому составу ценозов, по нарушениям в функционировании сообщества либо по другим отклонениям в нормальном развитии организмов.

Биоиндикация как метод оценки состояния окружающей среды с помощью живых организмов является составной частью *экологического мониторинга*.

При проведении биоиндикации необходимы информативные биологические объекты, называемые биоиндикаторами. *Биоиндикатор* – особи одного вида или другой таксономической группы в сообществе, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в природной среде, о присутствии и концентрации загрязнителя.

*Индикаты* – компоненты или факторы окружающей среды, которые являются объектами биоиндикации.

*Требования, предъявляемые к биоиндикаторам:*

1. Виды-биоиндикаторы должны быть характерны для природной зоны, в которой располагается объект.

2. Достаточное количество организмов на объекте индикации для исключения случайности и проведения математической обработки.

3. Достоверность – постоянное нахождение на объекте индикации и тесная связь с индикатором.

4. Относительная однородность индикатора (возраст, степень развития, балл жизненности).

5. Хорошее возобновление организмов.

6. Биология данных видов-индикаторов должна быть хорошо изучена.

7. Достаточно высокая чувствительность по отношению к изменению параметров окружающей среды.

*Биотестирование* – оперативный метод прямой оценки качества воды, в частности сбросных вод предприятий, почвы, кормов и других 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.

Различают активную и пассивную биоиндикацию. *Активная биоиндикация* обычно проводится в лабораторных условиях с учетом воздействия конкретных факторов на тест-объекты. *Пассивная биоиндикация* проводится непосредственно в природе визуально по реакции биоты на различные влияния.

Кроме биотестирования, большинство биоиндикационных методов относится к пассивной биоиндикации. Они позволяют визуально определить комплексную реакцию живой природы в ответ на длительное воздействие различных антропогенных факторов и при достаточно длительном наблюдении сделать прогноз о дальнейшем направлении изменений в экосистеме.

Методы биоиндикации позволяют оценить изменения параметров среды по наличию, жизнеспособности и поведению организмов: определить качество воды в водоёме, качество почвы и атмосферы, а также установить степень их загрязнённости и состояние биоценозов. Сочетание методов химического анализа с биологическими является основой мониторинга за состоянием окружающей среды и необходимо для прогноза ее изменений.

# САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

## 1. БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Одним из важнейших объектов окружающей среды является атмосферный воздух. От загрязнения воздуха страдают все живые организмы, но особенно растения, имеющие очень высокую интенсивность газообмена, в разы превышающую газообмен у человека. По этой причине *биоиндикация в наземно-воздушной среде* проводится в основном с помощью растений и их сообществ (*фитоиндикация* и *индикационная геоботаника*). Растения в большей степени, чем животные, поражаются загрязненным воздухом и сильнее реагируют на те концентрации большинства вредных примесей, которые у человека и животных не вызывают отравления. Количественное представление о токсическом эффекте загрязняющих веществ дают соответствующие индексы.

Действие газовых загрязнителей на растения зависит от:

- вида вредных веществ,
- концентрации загрязняющих веществ,
- длительности воздействия,
- восприимчивости видов растений к действию газов,
- стадии физиологического развития растения в момент воздействия.

Механизм воздействия газовых загрязнителей на растения: проникновение в мезофилл листа через устьица → диффузия через межклеточное пространство → разрушение наружной клеточной мембраны → изменение реакции среды (рН) и повышение проницаемости мембран → нарушение ферментативного обмена → нарушение анатомического строения хлоропластов.

Сила реакции организмов на действие загрязнителей зависит от особенностей внешней среды, биологических и систематических особенностей самих организмов, их физиологиче-

ского состояния, возраста. В целом молодые растения более чувствительны к задымлению.

При биоиндикационных исследованиях и анализе реакции растений на загрязнение воздуха различают *газоустойчивость* и *газочувствительность* растений.

*Газоустойчивость* – способность сохранять свойственные организму процессы жизнедеятельности в условиях газового загрязнения атмосферного воздуха. Уровень газоустойчивости вида или организма оценивается по предельным концентрациям токсичного вещества, которые не вызывают структурных и функциональных нарушений в организме.

*Газочувствительность* – реакция организма на воздействие загрязняющего вещества в конкретный период его развития. На газочувствительность влияют влажность воздуха, освещенность, температура и минеральное питание. Например, при высокой влажности воздуха и почвы растения становятся более чувствительными к токсическому воздействию. В условиях затенения и в ночные часы повреждаемость листьев резко снижается. Это связано с освещенностью и температурой воздуха. Так, устойчивость растений к действию диоксида серы ночью возрастает в 4 раза. Летом и весной растения менее устойчивы, чем осенью и зимой.

Различают разные формы газоустойчивости (Кулагин Ю.З., 1974):

1. *Анатомическая*. К приспособлениям, снижающим воздействие токсичных газов относятся утолщение эпидермиса, развитие кутикулы, воскового налета, опушения и т.п.

2. *Физиологическая* – включает изменения в фотосинтезе, дыхании, изменении интенсивности транспирации и газообмена. В крайней степени – анабиотическая форма газоустойчивости, при которой резко сокращается газообмен и происходят значительные анатомические изменения у зимующих деревьев и кустарников.

3. *Биохимическая* объединяет те особенности метаболизма, которые затрудняют повреждаемость ферментных систем,

белкового и других обменов. Например, буферность цитоплазмы по отношению к подкисляющему действию сернистого газа.

4. *Морфологическая* (габитуальная) – включает особенности строения кроны, ветвления и высоты надземных частей, уменьшающих контакт листьев и цветков с токсичными газами.

5. *Феноритмическая* – смещение или изменение фенологических фаз, преждевременное пожелтение и опадение листьев.

6. *Регенерационная* – способность повторного облиствления и отрастания надземных побегов.

7. *Популяционная* – включает изменения возрастного состава, модификации особей, полиморфизм.

8. *Фитоценотическая* – объединяет признаки растительных сообществ, снижающие токсичное воздействие газов: структура ярусов, густота насаждений, особенности горизонтального и вертикального строения фитоценозов.

В биоиндикационных исследованиях необходимо учитывать систематическую принадлежность видов и изменение степени их газоустойчивости. По степени уменьшения устойчивости к смеси нефтяных газов и SO<sub>2</sub> виды распределили в следующий ряд: тополь бальзамический → липа сердцелистная → карагана (желтая акация) → береза пушистая → ясень высокий → клен полевой. В зоне постоянного воздействия нефтяных газов не испытывают газовых поражений тополь бальзамический, тополь черный, ива белая, вяз гладкий, клен татарский, яблоня домашняя, смородина черная, малина обыкновенная, сирень обыкновенная, карагана (желтая акация), роза морщинистая (шиповник), чубушник венечный (жасмин), дерен белый, бузина красная. В этих же условиях неустойчивы к воздействию нефтяных газов березы пушистая и бородавчатая, вяз низкий, ясень высокий. У этих пород отмечается измельчение и опадение листьев.

При воздействии  $SO_2$  наиболее газоустойчивы чубушник венечный (жасмин), роза морщинистая (шиповник), дерен белый. Наименее устойчивы лиственница сибирская, пихта сибирская, кизильник блестящий. Из травянистых растений наиболее устойчивы полевица побегоносная, овсяница красная, клевер гибридный. Менее устойчивы райграс многолетний (плевел) и клевер луговой.

Интегральным признаком токсического воздействия является снижение биопродуктивности и запасов биомассы. При оценке ее изменения могут быть использованы величины радиального и линейного прироста древесных пород, изменение суммарной длины листовых пластинок у розеточных форм травянистых видов. Возможен учет надземной и подземной биомассы растительности с определенной единицы площади или биомассы особей исследуемого индикаторного вида. Хорошим индикатором загрязнения атмосферного воздуха является снижение проективного покрытия или полное исчезновение эпифитных лишайников.

Некоторые виды насекомых также могут быть индикаторными видами газо-воздушного загрязнения. Задымление воздуха и загрязнение сажей могут приводить к меланизации насекомых. Например, потемнение тела бабочки пяденицы березовой и некоторых видов жуков в промышленных районах. Кроме того, под влиянием токсичных газов у насекомых меняется структура поверхности тела. Индикатором загрязнения воздуха (особенно соединениями фтористого водорода HF) является смертность пчелы медоносной, клещей-орибатидов. В качестве индикатора может быть использовано изменение плодовитости организмов. Например, уменьшается число яиц в кладках птиц, изменяется репродуктивная способность насекомых и земноводных.

В целом, на флористическом, фаунистическом, биоритмическом и поведенческом уровнях наиболее показательными биоиндикационными признаками являются изменение видового состава и отбор устойчивых экотипов. Так, в таежных

биогеоценозах при воздействии токсичных газов наблюдается смена сосновых и еловых лесов на березовые.

### **Задание 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. 1.1), что приводит к нарушению процесса фотосинтеза или полному его прекращению вплоть до отмирания клеток (табл. 1.1).

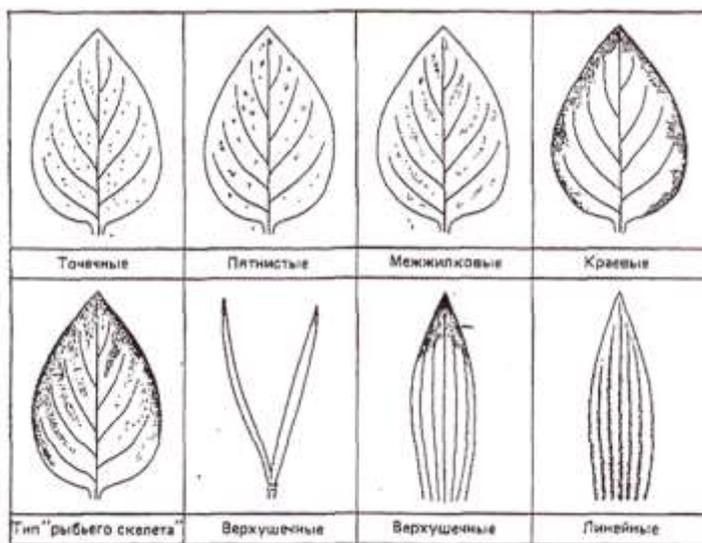


Рисунок 1.1 – Формы некрозов на листьях цветковых растений и на хвое (по Шуберт, 1988)

*Место проведения работы:* в качестве контрольного выбирается один из участков на территории дендропарка (Ботанический сад Кубанского ГАУ им. И. С. Косенко), для вариантов опыта выбираются участки вдоль проезжей части улиц Красных партизан и им. Академика Трубилина.

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

*Материалы и оборудование:*

– определители и каталоги-атласы растений;

– лупа.

*Ход работы*

1. Выбрать участки на территории Кубанского ГАУ с наличием указанных в табл. 1.1 видов (пород).

2. Описать состояние листьев на деревьях, отмечая возраст листьев, пораженность вредителями или болезнями, а также 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.

Таблица 1.1 – Признаки повреждения некоторых древесных растений в зависимости от различных загрязняющих веществ

Газообразный загрязнитель	Вид (порода)	Внешние признаки повреждения растения
1	2	3
Диоксид серы	Сосна обыкновенная	Побурение кончиков игл (хвоинок)
	Ель обыкновенная	Хвоя буреет и опадает
	Клен американский	Обширное междужилковое обесцвечивание листьев
	Лишайники*	Очень малое число видов, кроме самых устойчивых, или их полное отсутствие

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Фтористый водород	Пихта европейская	Цвет поврежденных участков хвои меняется от зеленого до красновато-бурого
	Абрикос	Края листьев обесцвечиваются, узкая красно-бурая полоса отделяет отмершую часть листа от живой
Озон	Сосна Веймутова	Концы игл приобретают красновато-коричневый цвет, наблюдается крапчатость хвои
	Клен американский	Красновато-пурпурные точки на старых листьях

\* – эпиксильные лишайники, обитающие на коре деревьев

4. Обобщить результаты наблюдений и сделать выводы о состоянии атмосферного воздуха в изучаемом районе города.

## **Задание 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 лёгких, 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 запылённости листовых пластинок широколиственных древесно-кустарниковых пород в различных местах исследований: у дороги, возле промышленных предприятий, жилых домов, в парке, у водоёма.

*Место проведения работы:* в качестве контрольного выбирается один из участков на территории дендропарка (Ботанический сад Кубанского ГАУ им. И. С. Косенко), для вариантов опыта выбираются участки вдоль проезжей части улиц Красных партизан, Калинина и им. Академика Трубилина. Лабораторные исследования выполняются на базе лаборатории кафедры общей биологии и экологии.

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

*Материалы и оборудование:*

- клейкая лента (скотч);
- ножницы;
- листы белой бумаги;
- весы лабораторные;
- термостат;
- калька;
- вата;
- пинцеты;
- фильтровальная бумага;
- карта населенного пункта или его части;
- садовый секатор;
- микроскоп.

*Ход работы*

1. При определённом линейном источнике загрязнения (автодорога) модельные растения необходимо выбирать через равные промежутки расстояния от нее, учитывая розу ветров или направление ветра, предшествующее исследованию.

2. Листья следует брать не затенённые 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, мучнисторосыми или ржавчинными грибами, так как это даст абсолютно недоверную картину. Одновременно следует отобрать листья с деревьев, произрастающих в чистой зоне (контроль).

3. Определить количество пыли на отобранных листьях. Существует несколько методов определения (Федорова, Никольская, 2001):

3.1. *Визуальный, предварительный.* Выбранные листья можно не срывать, а просто приложить к ним 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 её описание. Количество образцов – не менее трёх с каждой стороны и не менее шести с каждого дерева точки-площадки. Деревья должны быть одной породы в количестве не меньше трёх. Самая подходящая порода – тополь.

3.2. *Более точный количественный.* В лабораторных условиях на лабораторных весах взвешивают кусочек влажной ваты, завернутый в кальку (до 0,001 г). Лист липы (тополя) тщательно обтирают этой ваткой с двух сторон (разворачивать кальку следует с помощью пинцета), после чего взвешивают в кальке повторно. Массу пыли ( $P$ ) рассчитывают как разницу между вторым и первым взвешиванием ( $P=P_2-P_1$ ). Площадь листа высчитывают по формуле 1 путем обмера листовых пластинок вдоль ( $a$ ) и поперек ( $b$ ) и умножением на переводной коэффициент ( $k$ ):

$$S = a * b * k \quad (1)$$

Коэффициент колеблется для различных видов тополей от 0,60 до 0,66. Конечный результат рассчитать по формуле 2:

$$M=P/S \quad (2),$$

где:  $M$  – масса пыли на 1 см<sup>2</sup> листа, мг/см<sup>2</sup>

3.3. *Более сложный количественный.* Пыль смывают с 30-50 листьев кисточкой в предварительно взвешенную испари-

тельную чашку, воду упаривают, чашку с пылью высушивают в сушильном шкафу при температуре  $+105^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы, а затем взвешивают. Количество пыли рассчитывают в мг на  $\text{см}^2$  листа. Полученные данные заносят в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты определения количества пыли на листьях

Место взятия (точка)	Площадь листьев, $\text{см}^2$	Количество пыли	
		$\text{мг}/\text{см}^2$	% от контроля
Контроль			
Вариант опыта № 1			
Вариант опыта № 2			
...			

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

## 2 БИОИНДИКАЦИЯ В ПОЧВЕННОЙ СРЕДЕ

*Почва* – единственный компонент ландшафта, который возникает в результате взаимодействия всех других его компонентов: горных пород, климата, природных вод, растительности, животных и микроорганизмов. Почва составляет единую систему с населяющими ее организмами. Они могут быть использованы как биоиндикаторы экологического состояния почвы. Например, такие показатели биологической активности почвы как численность и биомасса микроорганизмов, их продуктивность, интенсивность газообмена и активность ферментов.

*Биоиндикация в почве* – это индикация почвенных процессов, происхождения и типа почвы, диагностика отдельных свойств почвы, антропогенного воздействия.

Большой вред химическое загрязнение почвы наносит почвенным организмам (редуцентам), которые выполняют важную роль в очищении окружающей среды от загрязняющих веществ. Применение новых интенсивных технологий в сельском хозяйстве должно проводиться с учетом условий, необходимых для сохранения почвенных организмов (минимальные обработки почв, севообороты, смешанные посевы, внесение в почву микробных препаратов, использование биотехнологий и биологических методов защиты растений).

Основные *негативные факторы воздействия на почву*: эрозия (ветровая и водная), загрязнение, механическое воздействие, вырубка леса, опустынивание, мелиорация (орошение и осушение), отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.

Основные *загрязнители почв*:

- тяжелые металлы и их соединения (ртуть, свинец, железо, медь, цинк, кадмий),
- нефтепродукты,
- удобрения и ядохимикаты,
- отходы производства.

В биоиндикации почв можно использовать различные группы организмов.

Для биологической диагностики почв широкое распространение получили ботанические методы, или *методы фитоиндикации*. Так, путем анализа состава и структуры растительных сообществ, распространения растений-индикаторов или определённых 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 щёлочность, глубину протаивания мерзлотных почв или уровень грунтовых вод.

*Значение биоиндикационных исследований* степени загрязнения почвенного покрова:

- Большое практическое значение для контроля и охраны окружающей среды имеет изучение содержания химических элементов в незагрязненных почвах (фоновое).

- Химические вещества, содержащиеся в почвах, становятся доступны для растений. Поэтому необходимо знать содержание в них радионуклидов, тяжелых металлов, пестицидов и других загрязняющих веществ.

- С помощью биоиндикации можно определить также тип и подтип почв по растительным сообществам.

#### **Задание 4. Определение степени увлажнения почвы по морфологии корневой системы одуванчика**

Одуванчик обыкновенный, или лекарственный – широко распространённое на газонах, вдоль дорог, на лугах и пастбищах растение, многолетний розеточный корнеотпрысковый сорняк. У одуванчика хорошо выраженная стержневая корневая система. Однако в зависимости от уровня залегания грун-

товых вод внешний вид корневой системы может значительно различаться вследствие изменения направления и формы роста корней и в целом ветвления (рис. 2.1).

Так, на сухих местах (глубокое залегание грунтовых вод, водное питание в основном за счёт 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 утолщённый, боковые корни 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.

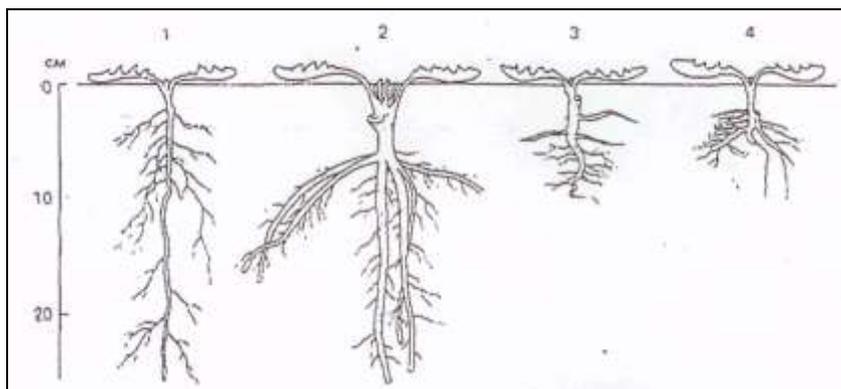


Рисунок 2.1 – Изменение направления роста корней у одуванчика (*Taraxacum*) в зависимости от уровня грунтовых вод (по Шуберт, 1988): 1 – сухой луг; 2 – свежий; 3 – сырой луг; 4 - заболоченная территория.

*Место проведения работы:* участки газонов и залежей в окрестностях территории Кубанского ГАУ и на территории дендропарка.

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

*Материалы и оборудование:*

- лопата;
- гербарий 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.

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

4. Измерить и занести в таблицу 2.1 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.

Таблица 2.1 – Развитие корневой системы у растений одуванчика на участке № ...

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

5. Сравнить полученные измерения с рисунком и сделать выводы.

### 3 БИОИНДИКАЦИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Под загрязнением водоемов понимают снижение их биосферных функций и экономического значения в результате поступления загрязняющих веществ. Основная *проблема водопользования* – исчерпание запасов пресной воды. Загрязнение воды может быть химическим, физическим и биологическим.

Основные *химические загрязняющие вещества водных систем*: нефть и нефтепродукты (в результате нефтедобычи, переработки и транспортировки нефти, аварии на нефтяных платформах и танкерах); токсичные поверхностно-активные вещества ПАВ (моющие средства); тяжелые металлы, радиоактивные элементы, ядохимикаты (промышленные предприятия, АЭС, сельскохозяйственное производство).

Существует также *физическое тепловое загрязнение* водоемов (объекты теплоэнергетики, промышленные предприятия) и *загрязнение радиоактивными элементами* (сбрасывание радиоактивных отходов, взаимодействие подземных вод с радиоактивными горными породами).

К *биологическим загрязнителям* воды относят патогенные микроорганизмы, вирусы (до 700 видов). Этот вид загрязнений носит временный характер.

*Причины загрязнения водоемов:*

1. Сброс в водоемы неочищенных сточных вод;
2. Смыв ядохимикатов ливневыми осадками;
3. Газодымовые выбросы;
4. Утечки нефти и нефтепродуктов.

*Биологические методы оценки качества воды* – это характеристика состояния водной экосистемы по гидробионтам, т.е. по растительному и животному населению водоема. Физико-химические измерения позволяют оценить качество водоема на данный момент (например, вывал навоза с прибрежной фермы в реку даст высокое содержание нитратов). По составу и состоянию живых организмов можно установить его сани-

тарное состояние, определить степень и характер загрязнения, пути его распространения в водоеме, а также дать характеристику протекания процессов естественного самоочищения и сделать прогноз.

Влияние антропогенных факторов и, в частности загрязнения, в первую очередь отражается на видовом составе водных сообществ и соотношении численности слагающих их видов. Биоиндикация выявляет уже состоявшееся или продолжающееся загрязнение воды, но не дает ее оценки на момент исследования. Кроме того, живые индикаторы отражают воздействие всего комплекса факторов, включая многие сложные соединения, в том числе токсины. На этом основана водная экотоксикология и методы биотестирования.

В водной среде наиболее важными являются три показателя: патогенность, токсичность и эвтрофикация.

При сбросе промышленных сточных вод, содержащих токсины, происходит угнетение и обеднение фито- и зоопланктона. Накопление токсинов в воде и иле приводит к их накоплению в организмах гидробионтов и к ряду патологий вплоть полной их гибели. При перегрузке водоемов биогенами (например, при сбросе бытовых сточных вод) сначала происходит увеличение продуктивности фитопланктона, бурное и массовое его развитие, обычно за счет 1-3 видов, «цветение» воды, а затем гибель и разложение избыточной биомассы, что сопровождается выделением сероводорода и других токсинов. Вода становится непригодной для питья и многих других видов хозяйственного использования.

*Сапробность* воды (водоема) – способность организмов переносить (развиваться, размножаться) при той или иной степени органического загрязнения (поли-, мезо- и олигосапробные водоемы – вода соответственно грязная, умеренно загрязненная или умеренно чистая и чистая) – см. таблицы 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Класс качества воды и зона сапробности

Класс качества	Зона сапробности	Состояние водоёма
1 – 2	Олигосапробная	Чистое
2 – 3	b – мезосапробная	Умеренно чистое
3	a – мезосапробная	Умеренно загрязненное
4	Полисапробная	Загрязненное
5 – 6	- «» -	Грязное и очень грязное

От олигосапробной к полисапробной зоне уменьшается содержание растворенного кислорода, нитраты превращаются в более токсичные нитриты и аммонийные соединения, сульфаты – в сульфиды и далее до сероводорода. При этом соответственно меняется видовой состав и обилие различных таксонов в водных сообществах, т.е. меняются показатели биоразнообразия.

Таблица 3.2 – Качество воды и некоторые параметры загрязненности водоема

Показатель	Класс качества			
	1-2	3	4	5-6
Аммон. азот, мг/л	менее 0,4	0,4-0,8	0,8-1,5	11,5-5,0
Нитрат. азот, мг/л	менее 0,3	0,3-0,5	0,5-1,0	11,0-8,0
Фосфаты, мг/л	менее 0,05	0,05-0,07	0,07-0,1	0,1-0,3
Кислород, % насыщ.	90-100	80-90	50-80	5-50
БКП <sub>5</sub> , мг/л	0-3	3-5	5-7	7-10
Коли-индекс, колоний/мл	менее 50	50-100	100-1 тыс.	1 тыс.- 20 тыс.

Примечания: БКП<sub>5</sub> – потребление O<sub>2</sub> гидробионтами за 5 суток; коли-индекс – косвенный показатель патогенов по содержанию кишечной палочки (симбионта кишечника человека).

*Токсичность* воды (водоема) – способность водных организмов существовать в токсичной среде. Токсичность среды определяется наличием токсических веществ, способных оказывать повреждающее или летальное воздействие на организмы: соединения тяжелых металлов, особенно ртути, свинца, кадмия; пестициды, особенно хлор- и фосфорорганические; нефть и продукты её переработки; кислоты, фенолы, ПАВ и некоторые другие соединения. Для быстрого интегрального определения токсичности воды используют методы биотестирования.

Водоросли, особенно сине-зеленые (цианобактерии) являются хорошими индикаторами эвтрофикации водоема, его органического и нитратного загрязнения. Хорошим индикатором биогенов, особенно азота, может служить нитчатая зеленая водоросль *спирогира*. При эвтрофикации она образует массовые скопления, плавающие на поверхности воды и напоминающие внешним видом желто-зеленые мочалки. Наоборот, в самых чистых олиготрофных водоемах преобладают представители отдела *золотистых* водорослей, в мезотрофных водах – отдела *зеленых* водорослей: хлорелла, хлорококк и др.

Показателями чистой воды являются *харовые* водоросли, а также макрофиты: рдесты блестящий и сплюснутый; кувшинка белая и кубышка желтая, водокрас, телорез; из прибрежных растений – ольха черная, ива. Рдесты курчавый, пронзеннолистный и особенно гребенчатый могут существовать и при сильном загрязнении. Тростник южный, камыш озерный и некоторые другие виды высших водных растений – космополиты, устойчивые к избытку в среде обитания химических элементов; на усиленное поступление биогенов они реагируют увеличением продуктивности и гигантизмом. Элодея, телорез, рдесты – концентраторы биогенных элементов – сначала они активно увеличивают фитомассу, затем, при достижении барьера терпимости, угнетаются и совсем исчезают из водоема.

*Зоопланктон*, кроме того, может служить индикатором патогенного загрязнения водоема. *Простейшие* (инфузории, амёбы, сувойки и другие) – высокочувствительные индикаторы сапробности водоемов. *Зообентос* (обитатели дна и придонных слоев воды, в частности легочные моллюски, особенно катушки и речные чашечки) – индикаторы донных отложений. Амёбы и некоторые устрицы, являясь фильтраторами и очистителями воды, способны адсорбировать кишечные и другие вирусы, патогенные для человека.

Наиболее чувствительны к чистоте воды свободно живущие личинки насекомых – ручейников, поденок, веснянок, которые и используются в большинстве методов оценки воды как индикаторные виды, а также крупные двустворчатые моллюски: перловица, беззубка, вилхвостки, водяной клоп. Наоборот, шаровки, дрейсена, плоские и особенно червеобразные пиявки, красные крупные дафнии, масса трубочника и мотыля – индикаторы неблагополучия вплоть до грязной воды.

*Ихтиофауна* особенно важна для оценки состояния водного объекта в целом и при определении допустимых уровней загрязнения водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.

*Перифитон* (организмы-обрастатели) дают картину общего состояния воды за достаточно долгий промежуток времени, предшествующий исследованию, особенно для рек и ручьев.

Токсические вещества (тяжелые металлы и продукты органического синтеза) накапливаются в водоеме и распределяются в различных слоях: в толще воды, донных отложениях. В таблице 3.3 отражены свойства различных групп водной растительности и показаны преимущества и недостатки использования их в качестве индикаторов загрязнения поверхностных вод.

Таблица 3.3 – Свойства различных групп водной растительности, используемых в качестве биоиндикаторов загрязнения водоемов

Группы организмов	Преимущества	Недостатки
Фитопланктон	Играет важную роль в трофических цепях	Миграция в водоеме, сезонное развитие
Перифтон	Очень высокий фактор накопления загрязняющих веществ, встречается повсеместно	Высококочувствителен к токсичности, сложный отбор количественных проб, не минерализуется, сезонное развитие
Макрофиты (рдесты, роголистник, рогозы, элодея, тростник и т.д.)	Легко идентифицировать, встречаются в определенных частях водоема в течение ряда лет	Присутствуют в слабо загрязненных средах, существует большая разница в поглощении загрязняющих веществ у разных видов

Использование водной растительности ограничивает сезонность ее развития. При биоиндикации качества воды в водоемах важно учитывать время года – в холодное время года методы гидробиологии неприменимы.

Важное значение при выборе метода биоиндикации имеют также такие характеристики водоема, как проточность, скорость течения. При разовых и местных загрязнениях необходимо исследовать обитателей дна в местах со слабым течением (заводы, бочаги и т.п.), для представления об общем состоянии реки выбирать лучше места с быстрым течением (перекаты, плотины и т.д.). Необходимо также учитывать места стоков и их качество. Чем крупнее водоем, тем больше разнообразных мест отбора проб требуется.

*Общая характеристика водоема* включает установление следующих показателей:

– название, местонахождение, находящиеся вблизи него объекты (строения, дороги, формы рельефа), способ использования;

- размеры (длина и ширина, площадь, длина береговой линии и т.п.);
- характеристика береговой линии.
- для реки – площадь бассейна, падение – разница в высотах между истоком и устьем (можно только для изучаемого участка), уклон (отношение величины падения к протяжённости участка или всей реки), скорость течения (с помощью поплавков или не тонущего предмета).
- наличие и характеристика притоков.
- глубина: у берегов и в центре водоёма (при отсутствии лодки и лота – примерно).
- тип донного грунта: каменистый, песчаный, илистый, глинистый.
- наличие мусора, его состав и количество.
- прозрачность воды – средняя глубина, при которой с поверхности на теневой стороне виден белый предмет (специальное приспособление – диск Секки диаметром 30 см).
- температура воды: у поверхности и в придонном слое на теневой стороне измеряется с помощью водного термометра.
- степень антропогенного воздействия – пляжи, свалки, стоки, пастбища и т.п.

### **Задание 7. Предварительная экологическая оценка водоёмов с помощью макрофитов и/или описания прибрежных обрастаний**

Оценка качества воды в водоемах может быть проведена с использованием биологических методов, которые характеризуют состояние водной экосистемы по растительному и животному населению водоема. Для гидроэкологического анализа качества вод могут быть использованы практически все группы организмов, населяющие водоем: планктонные и бентосные организмы, простейшие, водоросли, бактерии, рыбы и макрофиты.

Водная экосистема, находясь в равновесии с факторами внешней среды, имеет сложную систему подвижных биологических связей, которые нарушаются под воздействием антропогенных факторов, что отражается на видовом составе водных сообществ и соотношении численности слагающих их видов. Биологический метод оценки состояния водоема позволяет решить задачи, разрешение которых с помощью гидрофизических и гидрохимических методов невозможно. Оценка степени загрязнения водоема по составу живых организмов позволяет быстро установить его санитарное состояние, определить степень и характер загрязнения и пути его распространения в водоеме, а также дать количественную характеристику протекания процессов естественного самоочищения. При реализации данного метода используют индикаторные виды, к которым относятся и некоторые *макрофиты* (высшая водная растительность).

Значение макрофитов наиболее существенно при предварительном гидробиологическом осмотре водных объектов. В загрязненных водоемах изменяется видовой состав, биомасса и продукция макрофитов, возникают морфологические аномалии, происходит смена доминантных видов, обуславливающих особенности биоценоза. Во время индикации водоемов и водотоков необходимо учитывать степень покрытия водоемов макрофитами, флористическое разнообразие растений, их жизненность, отклонения в развитии и росте, определять ряд количественных характеристик: величину фитомассы и продукцию, высоту и массу стеблей, химический состав растений.

Индикаторные свойства макрофитов стоит рассматривать на основании подобности структурных и функциональных изменений видовых групп, которые проявляют стенобионтность по отношению к исследуемому фактору.

Биоиндикация с использованием макрофитов проводится путем *многократных* наблюдений. Вместе с тем изменения в видовом составе высшей водной растительности необходимо

подтверждать параллельными гидрологическими и гидрохимическими исследованиями.

Для чистых водоемов индикаторными свойствами обладают популяции лобелии Дортмана (*Lobelia dortmana* L.), полувника озерного (*Isoetes lacustris* L.), урути очерёдноцветковой (*Myriophyllum alterniflorum* L.). Данные виды занесены в Красную книгу, являются чувствительными к изменению качества воды. Предупреждает о значительной эвтрофикации водоема развитие ряски и массовое появление нитчатых водорослей.

На неблагополучие в водной экосистеме указывает, например, массовое развитие видов семейства рясковых (*Lemnaceae*). Обилие ряски трехдольной (*Lemna trisulca* L.) говорит о большом количестве биогенных веществ, развитие ряски малой (*Lemna minor* L.) и многокоренника обыкновенного (*Spirodela polyrrhiza* L.) помимо эвтрофирования может свидетельствовать о сельскохозяйственном загрязнении водоема. Массовое развитие телореза алоэвидного (*Stratiotes aloides* L.) ведет к заболачиванию водоема.

Чередование резких понижений и повышений уровня воды вызывает массовое появление таких видов, как горец земноводный (*Polygonum amphibium* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.).

Индикаторами постоянного уровня воды и отсутствия течения являются виды рода пузырчатка (*Utricularia*).

Повышение температуры хорошо переносят уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.), наяда морская (*Najas marina* L.).

При уменьшении pH заросли тростников становятся более редкими, на их месте развивается болотный хвощ (*Equisetum palustre* L.), осоки (род *Carex*), манник большой (*Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.). При понижении pH до 6,7 начинают исчезать рдесты.

Видовой состав, характер распространения, структура растительных сообществ, показатели фитомассы и площади зарастания акватории водоема выступают маркерами, которые визуально могут указать на экологическое состояние водных объектов. Наблюдение за динамикой качественных и количественных показателей развития водной растительности позволяют определить направление трансформации водной экосистемы.

Высшие цветковые водные растения могут быть использованы для интегральной оценки степени загрязнения водной среды поллютантами.

*Принцип метода* заключается в обнаружении в водной среде индикаторных видов растений, адаптировавшихся к определенной степени загрязнения. По степени загрязнения водоемы делят на 5 классов: крайне слабое, слабое, умеренное, сильное, очень сильное (табл. 3.4).

Таблица 3.4 – Водные растения-индикаторы биологического состояния природных вод

Степень загрязненности воды	Виды растений
Крайне слабо (1)	Пузырчатка охристая
Слабо (2)	Уруть колосовая, пузырчатка австралийская
Умеренно (3)	Рдест блестящий, рдест пронзеннолистный, уруть мутовчатая
Сильно (4)	Рдест курчавый, рдест гребенчатый, элодея канадская
Очень сильно (4)	Роголистник погруженный, стрелолист обыкновенный, ряска малая, многокоренник обыкновенный

Исследования необходимо проводить на акватории водоема или на его отдельном участке, используя стационарные наблюдательные пункты с четко фиксированными границами. Закладку пунктов наблюдения производят на разных по типу зарастания участках и местах контакта фитоценозов с воз-

возможностью восстановления наблюдения на данном участке и в последующие года. Подобные площадки регулярно картируются с точным нанесением границ растительных сообществ, детальным их описанием, учетом фенологических особенностей видов, количественными их измерениями с обязательной отметкой факторов природной среды.

Сравнение проводят по всем параметрам, которые характеризуют группировки: по площади зарастания, по видовому составу, вертикальной и горизонтальной структуре, по продукционным характеристикам. Изменения могут носить сезонный или годовой характер, обусловленные изменением климатических условий, особенностями биоритмов растений, массовым развитием животных, которые прямо или косвенно воздействуют на них, или же антропогенным воздействием на водоем. Сезонные изменения характеризуются хаотичностью и являются обратимыми. Поэтому они рассматриваются как временное изменение структуры группировки, вызванные внешними или внутренними факторами. Для того чтобы понять, какие изменения происходят в группировках и чем именно они вызваны, необходимы *долгосрочные исследования*.

*Место проведения работы:* правый берег реки Кубани в окрестностях территории Кубанского ГАУ.

*Цель работы* – изучить состояние прибрежно-водной экосистемы и качество воды в реке на данном участке по видовому составу макрофитов.

*Материалы и оборудование:*

- определители и атласы-каталоги растений,
- справочные материалы,
- гербарная папка,
- лопата,
- резиновые сапоги,
- водяной термометр,
- рулетка.

### *Ход работы*

1. Выбрать участок берега р. Кубани протяженностью 10 м.
2. Дать общую характеристику водоема по следующим показателям: название, местонахождение, находящиеся вблизи него объекты (строения, дороги, формы рельефа), способ использования.
3. Определить температуру воды: у поверхности и в придонном слое на теневой стороне измеряется с помощью водного термометра.
4. Установить степень антропогенного воздействия – пляжи, пастбища и места водопоя, стоки, свалки, наличие мусора, его состав и количество и т.п.
5. Визуально отметить ширину полосы зарастания прибрежной зоны, сделать схематичный рисунок обрастания выбранного участка.
6. Описать растительность береговой зоны. По определителю уточнить видовой состав прибрежно-водных растений.
7. Составить перечень видов прибрежно-водных растений на изучаемом участке.
8. По видовому составу макрофитов и справочным материалам определить трофность и степень загрязнения водоема (см. табл. 3.4).
9. Сделать выводы об общем состоянии водоема и прибрежной зоны на изучаемом участке.

## 4 ФИТОИНДИКАЦИЯ

*Фитоиндикация* – это биоиндикация с помощью отдельных растений или их сообществ качества природной среды. Б. В. Виноградов классифицировал индикаторные признаки растений как флористические, физиологические, морфологические и фитоценологические.

*Флористическими признаками* являются различия состава растительности изучаемых участков, которые сформировались вследствие определенных экологических условий.

К *физиологическим признакам* относятся особенности обмена веществ растений, к *анатомо-морфологическим* – особенности внутреннего и внешнего строения, различного рода аномалии развития и новообразования, к *фитоценотическим признакам* – особенности структуры растительного покрова: обилие и рассеянность видов растений, ярусность, мозаичность, степень сомкнутости крон.

Биоиндикация может осуществляться путем наблюдений за отдельными растениями-индикаторами, популяцией определенного вида и состоянием фитоценоза в целом. На уровне вида обычно проводят специфическую биоиндикацию какого-то конкретного загрязнителя, а на уровне популяций и биоценозов – общего состояния природной среды.

### **Задание 8. Комплексная оценка состояния природной среды по интегральным показателям состояния древесных насаждений**

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. Для выполнения задания использована методика, предложенная Е. Г. Мозулевской и др., 1997.

*Место проведения работы:* в качестве контрольного выбирается один из участков на территории дендропарка или в лесополосе возле корпуса ветеринарного факультета Кубанского ГАУ.

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

*Материалы и оборудование:*

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

*Ход работы*

1. Выбрать пробные площадки древесных насаждений на разных участках лесополосы или дендропарка.

2. Описать состояние листьев или хвои на деревьях, отмечая признаки, указанные в таблице 4.1. 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. 4.1).

Таблица 4.1 – 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 часто 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 местно заселения 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)
5 – сухостой текущего года	Хвоя серая, желтая или бурая, крона часто изрежена, мелкие веточки сохраняются, кора сохранена или осыпалась частично	Признаки предыдущей категории; в конце сезона возможно наличие на части дерева вылетных отверстий насекомых

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
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
Лиственные породы		
0 – без признаков ослабления	Листва зеленая, блестящая, крона густая прирост текущего года нормальный для данной породы, возраста, условий и сезона	–
1 – ослабленные (в кроне до 25 % сухих ветвей)	Листва зеленая; крона слабоажурная, 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, сокотечение 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, сокотечение и водяные побеги на стволе и ветвях

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
4 – усыхающие сухокронные (в кроне более 75% сухих ветвей)	Листва мельче, светлее или желтое 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, 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.

При оценке состояния насаждений в конкретных обстоятельствах места и времени его 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 устойчивости, 2.1 – с обратимыми и 2.2 – необратимыми изменениями свойств и 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 по величине текущего отпада и его характеру, по размеру и положению в древостое отмирающих деревьев, суммарной доле сухостойных, ветровальных и буреломных 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 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.

## Требования к оформлению отчета по практике

Результаты практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности (Биоиндикация) оформляются и представляются для рассмотрения и утверждения преподавателю.

Отчет по практике должен содержать следующие части:

**Титульный лист** установленного образца с подписью руководителя от кафедры.

**Содержание** – отражает перечень тем и вопросов, содержащихся в отчете.

**Введение** – определяет цели, задачи и направления работы на практике.

**Основная часть** – содержащая материалы по разделам в соответствии с заданием и этапами прохождения практики, основные выводы и результаты по соответствующим заданиям, итоги проделанной работы.

**Приложение** – карты-схемы исследуемых объектов, справочные материалы.

Отчет по практике оформляется на листах формата А4. Машинописный текст излагается грамотно, четко и логически последовательно.

Общий объем отчета по практике – от 10 до 15 страниц.

По окончании практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности (Биоиндикация) отчет сдается на кафедру для его регистрации. Руководитель учебной практики проверяет и подписывает отчет, дает заключение о полноте и качестве выполнения программы и задания учебной практики и возможности допуска к защите. Защита отчета проводится в установленные сроки после устранения замечаний руководителя (если таковые имеются).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белюченко И. С. Методическое пособие для проведения лабораторных и полевых занятий по изучению качества воды по общей экологии и экологическому мониторингу (методы сравнительной экологии при изучении состояния водных систем) / И. С. Белюченко, Н. Н. Мамась, О. А. Мельник, Ю. Ю. Петух, Е. В. Терещенко, Л. Н. Ткаченко. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 56 с.

2. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

3. Биологическое тестирование (основные термины и понятия): учебный справочник / Сост. Л. В. Цаценко, А. С. Звягина, Г. В. Фисенко. Краснодар: КубГАУ, 2013. – 103 с.

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

5. Зеленская О. В. Индикаторное значение высших растений в агроэкосистемах рисовых полей Краснодарского края / Зеленская О. В. // Рисоводство. – №13. – 2008. – С. 64-69.

6. Карташев А. Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды / А. Г. Карташев. – Томск, 1999. – 132 с.

7. Криволуцкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле / Д. А. Криволуцкий. – М.: Наука, 1994. – 268 с.

8. Кулеш В. Ф. Экология. Учебная полевая практика : учеб. пособие / В. Ф. Кулеш, В. В. Маврищев – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 331 с.

9. Латышенко К. П. Методы и приборы контроля качества среды [Электронный ресурс] / К. П. Латышенко – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2013. – 437 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20393>

10. Мешалкин А. В. Экологическое состояние гидросферы [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов-бакалавров / А. В. Мешалкин, Т. В. Дмитриева, И. Г. Шемель – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Ар Букс, 2015. – 276 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33872>.

11. Мешалкин А. В. Экологическое состояние литосферы и почвы [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов-бакалавров / А. В. Мешалкин, Т. В. Дмитриева, Н. В. Коротких – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Ар Букс, 2015. – 220 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33873>.

12. Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений : учеб. пособие / М. Г. Опекунова. – изд. 2. – СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2016. – 306 с.

13. Садчиков А. П. Экология прибрежно-водной растительности / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. – М.: Изд-во НИИ-Природа, РЭФИА, 2004. – 220 с.

14. Семенченко В. П. Экологическое качество поверхностных вод : монография / В. П. Семенченко, В. И. Разлуцкий. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 329 с.

15. Семин В. А. Макрофиты как индикаторы закисления и изменения трофности водоемов / В. А. Семин, А. В. Фрейншлинг // Биол. науки, 1983. – № 7. – С. 12-18.

16. Тиходеева М. Ю., Лебедева В. Х. Практическая геоботаника (анализ состава растительных сообществ): учеб. пособие / М. Ю. Тиходеева, В. Х. Лебедева. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2015. – 166 с.

17. Фрейншлинг А. В. Макрофиты как индикатор природной среды / А. В. Фрейншлинг // Водная среда Карелии: исследование, использование и охрана. – Петрозаводск, 2003. – С. 75-87.

**ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ,  
В ТОМ ЧИСЛЕ ПЕРВИЧНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.  
РАЗДЕЛ «БИОИНДИКАЦИЯ»**

*Методические рекомендации*

*Составители:* **Зеленская** Ольга Всеволодовна,  
**Никифоренко** Юлия Юрьевна

Подписано в печать 25.04.2019. Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Усл. печ. л. – 2,6. Уч.-изд. л. – 2,0.

Тираж 70 экз. Заказ № 219

Типография Кубанского государственного аграрного университета.  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13