

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

**Н.В. Фомина**

## **МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Методические указания по прохождению учебной практики*

*Электронное издание*

Красноярск 2017

## Рецензент

*Е.Н. Еськова, канд. биол. наук, доцент кафедры «Экология и естествознание»*

### **Фомина, Н.В.**

Методы экологических исследований: методические указания по прохождению учебной практики [Электронный ресурс] / Н.В. Фомина; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 44с.

Методические указания предназначены для проведения учебной практики «Методы экологических исследований» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» очная и заочная формы обучения, а также могут служить справочным пособием при выполнении бакалаврских и магистерских работ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Красноярского государственного аграрного университета

© Фомина Н.В., 2017  
© ФГБОУ ВО «Красноярский  
государственный аграрный университет», 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Введение.....	4
Правила техники безопасности .....	5
Биоиндикация состояния окружающей среды.....	8
Работа № 1. Определение загрязнения окружающей среды пылью по ее накоплению на листовых пластинках растений. Построение карты загрязнения территории пылью. Оценка токсичности пыли.....	12
Работа № 2. Определение плодородия почвы по ее цвету и продуктивности растений.....	14
Работа № 3. Определение состояния окружающей среды по комплексу признаков у хвойных.....	16
Работа № 4. Определение состояния окружающей среды в прошлые годы по радиальному приросту древесных растений.....	19
Работа № 5. Качественная оценка загрязнения воздуха с помощью лишайников (лихеноиндикация).....	21
Работа № 6. Индикация состояния окружающей среды по древесным растениям.....	23
Работа № 7. Определение площади листьев у древесных растений в загрязненной и чистой зонах.....	28
Работа № 8. Определение поражения и омертвления тканей листа при антропогенном загрязнении воздушной среды по проценту пораженной ткани.....	30
Работа № 9. Биоиндикация загрязнения почв пестицидами по проросткам культурных растений.....	31
Работа № 10. Определение кислотности и токсичности осадков, выпадающих в зонах загрязнения.....	34
Работа № 11. Метод биотестирования качества природных и сточных вод с ряской ( <i>LemnaminorL.</i> ) и элодеей ( <i>ElodeaCanadensisRich.</i> ).....	35
Библиографический список.....	37
Приложения.....	41

## ВВЕДЕНИЕ

Овладение практическими навыками и методами проведения экологических исследований значительно углубляет познание предмета. Методические указания предназначены для проведения учебной практики «Методы экологических исследований» для обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» профиль «Агроэкология». Содержание практики охватывает круг вопросов, связанных с изучением полевых и лабораторных методов экологической оценки состояния экосистем.

*Целями учебной практики* являются: формирование практических умений исследования естественных и антропогенно преобразованных экосистем, а также участие в отборе образцов.

*Задачи учебной практики:*

1. Освоить полевые методы экологических исследований различных природных сред, в том числе методы исследования загрязнения воздушной среды.

2. Освоить и научиться применять основные биоиндикационные методы исследования почвенных и водных экосистем.

3. Изучить основные приборы, необходимые для проведения полевых экологических исследований.

Способ проведения практики – стационарная практика.

Форма проведения – путем выделения в календарном учебном графике непрерывного периода учебного времени для проведения каждого вида (совокупности видов) практики.

В процессе прохождения практики происходит формирование элементов профессиональных компетенций выпускника: ОПК-3 – способность к ландшафтному анализу территорий ; ОПК-5 – готовность проводить физический, физико-химический, химический и микробиологический анализ почв, растений, удобрений и мелиорантов ; ПК-9 – способность к проведению экологической экспертизы сельскохозяйственных объектов.

Практика проводится в 6-м семестре, общая трудоемкость практики составляет 72 часа (2 зачетные единицы). Контрольной формой является зачет, включающий составление и защиту отчета по практике. Программой практики предусмотрены практические занятия (48 часов) и 24 часа самостоятельной работы студента.

# ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

## ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ

К работе в лаборатории допускаются только студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности. Ответственность за невыполнение требований настоящей инструкции несет исполнитель работы. На каждое занятие назначается дежурный, который отвечает за чистоту и порядок на рабочих местах.

1. При работе в лаборатории используется специальная одежда: халат хлопчатобумажный с длинными рукавами, средства индивидуальной защиты: фартук прорезиненный, очки защитные, перчатки резиновые.

2. Изучить содержание и порядок проведения работы, а также безопасные приемы ее выполнения.

3. Ознакомиться с устройством и правилами использования приборов и оборудования. Проверить их исправность, целостность и чистоту лабораторной посуды.

4. Подготовить рабочее место к выполнению работы, убрать все лишнее. Убрать с проходов в лаборатории портфели, сумки, пакеты.

5. Запрещается проводить самостоятельные опыты, не предусмотренные данной работой

6. Подготовленный к работе прибор или установку показать преподавателю или лаборанту.

7. Запрещается выносить из лаборатории и вносить в нее любые вещества без разрешения преподавателя.

8. Запрещается пробовать любые растворы и реактивы на вкус, а также принимать пищу в лаборатории.

9. При приготовлении каких-либо растворов следует соблюдать правила смешивания реактивов, порядок их соединения.

10. Взяв вещество для опыта, обратите внимание на этикетку, внимательно прочтите ее и при малейшем сомнении наведите справку у преподавателя.

11. Взяв для проведения опыта раствор из склянки, надо сразу же закрыть ее пробкой и поставить на место.

12. Реактив, оставшийся неиспользованным, нельзя выливать или высыпать обратно в склянку, из которой он был взят.

13. При пользовании пипеткой запрещается засасывать жидкость ртом.

14. Взятие навески твердой щелочи разрешается пластмассовой или фарфоровой ложечкой. Запрещается использовать металлические ложечки и насыпать щелочи из склянок через край.

15. Твердые сыпучие реактивы разрешается брать из склянок только с помощью совочков, ложечек, шпателей, пробирок.

16. При смешивании или разбавлении веществ, сопровождающимся выделением тепла, пользоваться термостойкой посудой.

17. Электроприборы ставить только на огнеупорные подставки.

18. Нельзя переносить включенные приборы.

19. Запрещается оставлять без присмотра работающие приборы и оборудование.

20. Для нагревания жидкостей использовать только тонкостенные сосуды, наполненные жидкостью не более чем на треть. В процессе нагревания не направлять горлышко сосудов на себя и на своих товарищей, не наклоняться над сосудами и не заглядывать в них. При нагревании летучих и горючих веществ использовать водяные бани

21. При нагревании стеклянных пластинок необходимо сначала равномерно прогреть всю пластинку, а затем вести местный нагрев.

22. При распознавании выделяющегося газа по запаху можно нюхать только издали, направляя его струю движением руки от сосуда к себе.

23. Опыты с ядовитыми и неприятно пахнущими веществами проводить при включенной приточно-вытяжной вентиляции.

24. По окончании работ привести в порядок рабочее место, вымыть химическую посуду, выключить вентиляцию и все электроприборы, тщательно вымыть руки, снять спецодежду, сдать рабочее место дежурному.

### **В случае возникновения аварийной ситуации и при несчастном случае необходимо:**

1. При разливе водного раствора кислоты или щелочи, а также при рассыпании твердых реактивов немедленно сообщить об этом преподавателю или лаборанту. Не убирать самостоятельно любые вещества.

2. При разливе легковоспламеняющихся жидкостей или органических веществ немедленно погасить открытый огонь спиртовки и сообщить об этом преподавателю или лаборанту.

3. При разливе легковоспламеняющейся жидкости и ее воспламенении немедленно сообщить об этом преподавателю и по его указанию покинуть помещение.

4. В случае если разбилась лабораторная посуда, не собирать ее осколки незащищенными руками, а использовать для этой цели щетку и совок.

5. При получении травмы сообщить об этом преподавателю, которому следует немедленно оказать первую помощь пострадавшему.

### **ПРИ РАБОТЕ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

1. К работе в полевых условиях допускаются только студенты, привитые от клещевого энцефалита или имеющие страховку на случай укуса клеща.

2. При работе в полевых условиях необходимо надевать одежду с плотно прилегающими резинками на запястье и голеностопном суставе.

3. Обязательно наличие головного убора.

4. Каждый час производить осмотр одежды на наличие клещей.

5. По приезду домой или лабораторию необходимо провести тщательный досмотр всего тела на наличие клещей.

6. В случае укуса нельзя вытаскивать клеща самостоятельно. Необходимо поставить в известность преподавателя и обратиться в ближайший травмпункт.

## БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Биоиндикация – это метод обнаружения и оценки воздействия абиотических и биотических факторов на живые организмы при помощи биологических систем.

В основу метода биоиндикации положена зависимость живых организмов от условий окружающей среды. Обычно живые организмы в той или иной степени реагируют на изменения окружающей среды, но в ряде случаев это нельзя выявить физическими или химическими методами, так как разрешающие возможности приборов или химических анализов ограничены. Этими методами может быть обнаружен, например, эффект биологического накопления отдельных токсических веществ в организмах растений и животных. Чувствительные же организмы-биоиндикаторы реагируют не только на малые дозы экологического фактора, но и дают адекватную реакцию на воздействие комплекса факторов, выявляя синергизм, эмерджентность, ингибирование.

Учение о растительных индикаторах развилось в самостоятельную ветвь науки – фитоиндикацию. **Фитоиндикаторы** – это растения, растительные сообщества или их особенности, указывающие на какие-то конкретные условия среды их обитания. Различают прямые и косвенные индикаторы. **Прямые индикаторы** непосредственно связаны с объектом индикации, т.е. с конкретным условием среды и зависят от него. Например, крапива двудомная может произрастать только на плодородных почвах, содержащих достаточное количество азота, а растения-фреатофиты успешно произрастают в засушливых зонах (верблюжья колючка и солодка). Их длинная корневая система показывает глубину залегания грунтовых вод, направление их движения и степень минерализации воды.

**Косвенные индикаторы** напрямую не связаны с объектом индикации, но они указывают на условия, сближенные с интересующим человека объектом. Так, в ореоле рассеяния урановых месторождений лепестки кипрея узколистного (иван-чая) вместо розовых становятся белыми. Растущие в тех же условиях астрагалы являются прямыми индикаторами селена. Но обычно селен приурочен к урановым рудам, поэтому астрагалы – косвенные индикаторы последних.



Для практических целей важно знать эффективность фитоиндикаторов, поэтому их характеризуют по степени достоверности и по значимости.

Абсолютно достоверным индикатором считается тот, которому в 100% случаев соответствует объект индикации. Процентное отношение участков наблюдения, где индикатор и объект индикации встречаются вместе, к тем участкам, где индикатор присутствует один, служит показателем достоверности индикатора. Индикатор надежен, если это отношение 90%, а показатель больше 9. Если показатель в пределах 3–9, это удовлетворительный индикатор, 1,5–3 – сомнительный, меньше 1,5 – индикация невозможна.

Признаки, посредством которых растения свидетельствуют об условиях окружающей среды, Б.В.Виноградов разделил на флористические, физиологические, морфологические и фитоценотические. В современном понимании – это уровни биоиндикации.

**Флористические признаки** (флористический уровень) – это различия в составе растительности. Индикационное значение имеет как присутствие, так и отсутствие вида.

**К физиологическим и биохимическим** признакам (физиологическому и биохимическому уровню) относятся обменные процессы и химический состав растений: например, содержание белков, аминокислот, фенольных веществ, пигментов (хлорофиллов и каротиноидов), водоудерживающая способность, баланс фитогормонов и минеральных веществ и др.

**Анатомо-морфологическими** признаками (морфологическим уровнем) служат особенности внешнего и внутреннего строения. Это ширина годичных колец деревьев, особенности строения проводящей ткани, различного рода аномалии.

Эти уровни биоиндикации могут быть использованы при проведении учебных практических работ.

К **фитоценотическому** уровню относятся особенности структуры растительного покрова – обилие тех или иных видов, ярусность, степень сомкнутости. Этот уровень биоиндикации в своем развитии прошел несколько этапов. Первоначально в качестве индикатора использовали растительные сообщества, а теперь – и изменения в ландшафте.

**Ландшафтная** индикация проводится в основном аэрометодами. Она позволяет сравнить естественные процессы в природе и процессы, являющиеся результатом техногенеза.

В настоящее время проводят **комплексный мониторинг окружающей среды**, составной частью которого служит биологический, осуществляемый на комплексных станциях и включающий систему растений-индикаторов.

Биологический мониторинг не подменяет и не вытесняет физико-химические методы исследования природной среды. Он позволяет точнее прогнозировать изменения в экологической обстановке.

Успешное применение биоиндикации связано с двумя узкими моментами других методов. Во-первых, количественная оценка загрязненности атмосферы, воды и почвы физико-химическими методами требует специальных приборов и химических реактивов. Биоиндикация в этом смысле малозатратна. Во-вторых, методами количественного мониторинга выявляют и определяют концентрацию одного, двух, крайне редко большего числа элементов, не учитывая при этом их взаимовлияния. В то же время на живые организмы обычно воздействует целый комплекс токсикантов. Неопасная концентрация, фиксируемая приборами для одного загрязнителя, благодаря синергизму с другим, может быть угрожающей для организма. Этот синергизм обязательно выявляется при использовании биоиндикации.

В индикаторных свойствах деревьев можно убедиться, оценивая их состояние в городе. Здесь растения подвергаются действию выхлопных газов и задымленного воздуха. Среди веществ, загрязняющих воздух, наибольшее значение имеют сернистый газ, соединения галогенов, озон, оксиды азота, оксиды углерода, сероводород, сероуглерод, аммиак, бенз(а)пирен, копоть, пепел, частицы пыли и др. Довольно велико и количество веществ, загрязняющих гидросферу. Конечным накопителем токсических веществ служит почва, на которой произрастают растения.

Существуют **специфическая** и **неспецифическая** биоиндикации. В первом случае это реакция только на один фактор. При неспецифической индикации одна и та же реакция наблюдается под воздействием многих загрязнителей.

Фитотоксическое действие атмосферных загрязнителей чаще всего обнаруживается путем наблюдения за морфологическими

изменениями дикорастущих и культурных растений. Основой для этого являются незначительные затраты труда при наблюдении и оценке наблюдаемых явлений. Измерения могут проводиться без специальных лабораторий и обученного персонала. **Морфологические изменения** – это изменения формы и размеров листовой пластинки, появление асимметрии, хлорозы, некрозы, снижение радиального и линейного прироста, уменьшение жизни хвои. В нормальных условиях хвоя сосны опадает через 3–4 года, а поблизости от предприятий и дорог – значительно раньше. У деревьев редеет и уродуется крона, преждевременно сбрасываются листья, они рано стареют.

О состоянии природной среды можно судить по показателям продуктивности растений, так как изменения в экологической обстановке сказываются через фитоценоз на круговороте веществ и потоках энергии в сообществах.

Среди методов биологического мониторинга на важном месте – учет содержания загрязнителя в живых организмах. Дисбаланс важных химических компонентов растений и другие метаболические нарушения регистрируются непосредственно с помощью методов химического анализа. По величине накопления фитотоксиканта в листьях довольно точно можно определить среднее содержание загрязнителя в окружающем воздухе.

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 нечувствительным – кукуруза, виноград, розоцветные, подорожник.

Для индикации веществ-загрязнителей можно использовать в качестве тест-объектов и животных. Например, воздействие сернистого газа угнетает хвойные деревья, что перестраивает весь биоценоз. При этом значительно уменьшается количество насекомых-фитофагов. Они в данном случае служат косвенными индикаторами чистого воздуха.

В последние годы активно изучают возможности использования микроорганизмов в качестве биоиндикаторов загрязнения. Микроорганизмы чувствуют чрезвычайно малые концентрации вредных веществ, поступающих с промышленными стоками, атмосферными осадками и т.д. Например, применяемые в

сельскохозяйственной практике анилиновые гербициды и производные триазина (симазин и др.) сильно ингибируют деятельность азотфиксирующих бактерий рода *Rhizobium* в клубеньках бобовых. Пестициды определенным образом меняют состав микробоценозов почв и водоемов. По этим изменениям судят о степени антропогенной нагрузки

Методы биоиндикации должны отвечать следующим требованиям: относительная быстрота проведения индикации, получение достаточно точных и воспроизводимых результатов, наличие, пригодных для индикации объектов в большом количестве.

### **Работа № 1. Определение загрязнения окружающей среды пылью по ее накоплению на листовых пластинках растений. Построение карты загрязнения территории пылью. Оценка токсичности пыли**

В условиях городов и других обжитых территорий одним из мощных загрязнителей воздуха является пыль, которая переносится на большие расстояния при распылении почв, при выбросах от цементных, керамических заводов, предприятий по производству силикатного кирпича, а также от движущегося автотранспорта. В последнем случае это мелкие частички почвы и различных солей, продукты снашивания шин и размельчения асфальтового покрытия. Все эти частицы, составляющие пыль, оседают на листьях, вдыхаются человеком, вызывая нарушение работы дыхательных путей, силикозы, провоцируя кашель и слезотечение. Наибольшее задержание пыли листьями отмечено у различных видов тополей, которые распространены в озеленительных посадках городов России и СНГ. Тополя вообще являются наиболее устойчивыми из древесных пород к различным типам воздушных загрязнений.

**Оборудование, реактивы, материалы:** весы, термостат, калька, вата, пинцеты, фильтровальная бумага, линейки, секатор, микроскоп.

**Ход работы:** собрать заранее (на отмеченных по карте местах) листья одного вида тополя, наиболее распространенного в городе (черного, бальзамического и др.), с высоты 1,5–3 м (высота слоя воздуха, вдыхаемого человеком) в 10–15-кратной повторности. Для этого используется садовый секатор на сборной штанге. Одновременно собрать листья тополей, произрастающих в чистой

зоне (контроль). Листья помещают в пакеты из кальки и осторожно доставляют в лабораторию, избегая стряхивания пыли.

**1. Определение количества пыли.** В лабораторных условиях на весах взвесить кусочек влажной ваты, завернутый в кальку. Лист дерева тщательно обтирают этой ваткой с двух сторон (разворачивать кальку следует с помощью пинцета), после чего ватку взвесить в кальке повторно. Массу пыли ( $P$ ) рассчитывают как разницу между вторым и первым взвешиванием ( $P=P_2-P_1$ ). Площадь листа высчитывают путем обмера листовых пластинок вдоль ( $a$ ) и поперек ( $b$ ) и умножением на переводной коэффициент ( $k$ ):

$$S = a \cdot b \cdot k.$$

Коэффициент колеблется для различных видов тополей от 0,60 до 0,66. Конечный результат выглядит так:

$$m = \frac{P}{S} \text{ мг/см}^2,$$

где  $m$  – масса пыли на  $1 \text{ см}^2$  листа.

Полученные данные заносятся в таблицу.

Место взятия образцов	Площадь листьев	Количество пыли	
		Мг/см <sup>2</sup>	% от контроля

**2. Оценка токсичности пыли.** Сухую пыль растирают стеклянной палочкой в чашке из расчета 1г пыли в 25 мл воды, фильтруют, оценивают токсичность по реакции ряски (работа № 18) или по проращиванию семян (см. работы № 9).

**3. Построение карты загрязнения пылью определенной территории:** полученные данные по запыленности листьев в разных экологических условиях сравнить с контролем (принимается за 100%). Берут примерную карту района или участка города, на нее наносят данные по загрязнению листьев, сходные по степени загрязнения участки соединяют изолиниями. Раскрашивают разными карандашами: красный – зона наибольшего загрязнения, оранжевый – сильного, розовый – среднего, слабо розовый – слабого и зеленый – чистая зона.

## Работа № 2. Определение плодородия почвы по ее цвету и продуктивности растений

Одним из главных признаков плодородной почвы является наличие в ней гумусовых веществ, которые обуславливают черную, темно-серую, серую окраски. Помимо этих цветов соединения окислов железа придают почве красноватый и бурый оттенок закисей железа формируются голубовато-зеленоватые тона; кремнезем, углекислый кальций, каолинит обуславливают белую и белёсую окраску. Эти же тона формируются при наличии в почве гипса и некоторых легкорастворимых солей.

### Категории плодородия почв

Окраска почв	Содержание гумуса, %	Категория
Очень черная	10–15	Высокогумусная, очень плодородная
Черная	7–10	Гумусная, плодородная
Темно-серая	4–7	Среднегумусная, среднеплодородная
Серая	2–4	Малогумусная, среднеплодородная
Светло-серая	1–2	Малогумусная, малоплодородная
белесая	0,5–1	Очень малогумусная, очень малоплодородная

Плодородие почвы можно также определить по продуктивности растений (методом биотестов). Для объективной оценки плодородия почвы надо использовать тесты с разными растениями (не менее трех). Каждый тест проводится в трехкратной повторности. Тестовые объекты – семена пшеницы, овса, ячменя, гороха, вики, редиса и др.

**Оборудование и материалы:** пластмассовые или стеклянные стаканчики стаканы объемом 100–150 мл; стеклянные трубочки диаметром 0,8 см; фольга; образцы почвы, взятые в разных местах и сильно различающиеся по цвету; семена различных растений; чистый песок; образец высокогумусной почвы с известным процентным содержанием гумуса (например, 10%).

**Ход работы:** рассмотреть при разном освещении образцы почв с разным содержанием гумуса. Сравнить с эталонным образцом и

определить их категорию согласно вышеприведенной таблице. Затем эти же образцы поместить в пластмассовые или стеклянные стаканчики в трехкратной повторности. Контроль чистый промытый и прокаленный речной песок. Предварительно перпендикулярно дну каждого стаканчика вставить стеклянную или пластмассовую трубочку, через которую производят полив почвы одинаковым для опытов и контроля количеством воды. Объем почвенных образцов в каждом сосуде не менее 100–150 г.

За 2–3 дня до опыта (сроки прорастания выясняют заранее) семена пшеницы и других культур замочить на сутки в воде, затем разложить пинцетом зародышем вверх (в одном направлении) в кювету, на дно которой уложен слой гигроскопической ваты, а сверху – два слоя фильтровальной бумаги. Систему увлажнить водопроводной водой до полной влагоемкости. Для этого наливают воду под вату, а после ее впитывания, сливают избыток. Кювету накрывают пленкой, края ее подгибают под кювету, систему ставят в термостат. Проращивание осуществляется при температуре 26–27°C до размера основной массы проростков 5–6 мм.

После проращивания отобрать одинаковые проростки (по длине колеоптиля), для чего их предварительно измеряют на кусочке миллиметровой бумаги, на которую положено предметное стекло. Отобранные одинаковые проростки высадить в стаканчики с почвой по 12–13 штук на одинаковую глубину, предварительно сделав палочкой небольшие углубления. Через несколько дней проростки отбраковывают и оставляют 10 штук в стаканчике. Почву поливают одинаковым количеством отстоянной водопроводной воды через трубочки. Воронки для налива воды делают из фольги.

После того как проростки вырастут до размера 8–12 см, их осторожно выкопать из почвы, отмыть водой и обсушить фильтровальной бумагой. Измерить длину трубчатого листа и корневой системы отдельно, взвесить.

Плодородие почвы определяют по высоте или массе проростков (по отношению к контролю, который принимается за 100%). Для этого составляется шкала оценок. Почва по плодородию делится на 5 условных категорий:

- 1) очень бедная, малоплодородная – песок (условная оценка – 100%);
- 2) почва бедная, малогумусная, малоплодородная;
- 3) среднегумусная, среднеплодородная;

4) гумусная, плодородная;

5) очень плодородная для данной местности (например, высокогумусный типичный чернозем, горизонт «А»).

Описать результаты опыта, вычислить средние показатели, построить диаграммы зависимости измеряемых параметров (длина листа, корня, масса) от почвы, используемой в опыте. Сделать выводы.

### **Работа № 3. Определение состояния окружающей среды по комплексу признаков у хвойных**

На загрязнение среды наиболее сильно реагируют хвойные древесные растения. Характерными признаками неблагополучия окружающей среды и особенно газового состава атмосферы служат появление разного рода хлорозов и некрозов, уменьшение размеров ряда органов (длины хвои, побегов текущего года и прошлых лет, их толщины, размера шишек, сокращение величины и числа заложённых почек). Последнее является предпосылкой уменьшения ветвления. Ввиду меньшего роста побегов и хвои в длину в загрязнённой зоне наблюдается сближенность расстояния между хвоинками (их больше на 10 см побега, чем в чистой зоне). Наблюдается утолщение самой хвои, уменьшается продолжительность ее жизни (1–3 года в загрязнённой зоне и 6–7 лет – в чистой). Влияние загрязнений вызывает также стерильность семян (уменьшение их всхожести). Все эти признаки не специфичны, однако в совокупности дают довольно объективную картину.

Хвойные удобны тем, что могут служить биоиндикаторами круглогодично. В лесоведении давно разработана оценка состояния окружающей среды по комплексу признаков у хвойных, при которой используются не только морфологические показатели, которые весьма изменчивы, но и ряд биохимических изменений. Использование хвойных дает возможность проводить биоиндикацию на огромных территориях. Хвойные – основные индикаторы, которые применялись для оценки состояния лесов Европы. Их использование также весьма информативно на малых территориях (например, влияние автодороги на прилегающую зону, если она примыкает к хвойному лесу; состояние окружающей среды в городских экосистемах разного ранга и характера).

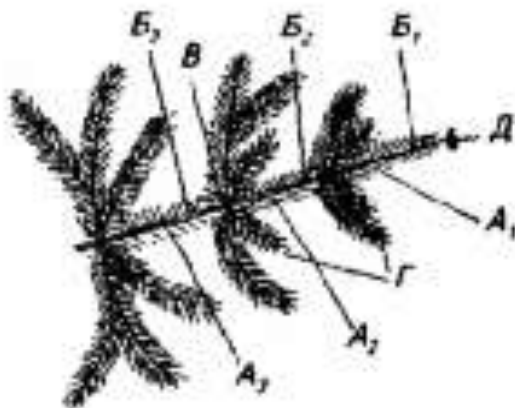


**Оборудование, реактивы, материалы:** весы, разновесы, линейки, лупы с увеличением в 4–10 раз, миллиметровка, термостат, ветви одного вида хвойных, произрастающего в городских посадках или в зоне влияния металлургических предприятий, ТЭС и прочих; ветви, взятые в относительно чистой зоне загородных территорий.

**Ход работы:** за неделю до занятий срезать ветви условно одновозрастных хвойных деревьев, наиболее распространенных в данной местности (например, для городских условий обычны ель обыкновенная и ель голубая колючая). Ветви срезают на высоте 2 м с определенной части кроны, обращенной к зонам с загрязненным воздухом (вблизи автодорог, предприятий, особенно с выбросами в воздух сернистого газа, на который хвойные сильно реагируют). Контролем служат ветви с условно одновозрастных деревьев, собранных в чистой зоне заповедника, зеленой зоне города или в посадках лесных культур.

### 1. Изучение хвои.

А. Хвою осматривают при помощи лупы, выявляют и зарисовывают хлорозы, некрозы кончиков хвоинок и всей поверхности, их процент и характер (точки, крапчатость, пятнистость, мозаичность). Чаще всего повреждаются самые чувствительные молодые иглы. Цвет повреждений может быть самым разным: красновато-бурым,



*Рисунок 1 – Части ветви хвойного дерева, служащие биоиндикаторами:  $A_1, A_2, A_3$  – осевые побеги первого, второго и третьего годов;  $B_1, B_2, B_3$  – хвоя первого, второго и третьего годов;  $V$  – мутовка;  $G$  – боковые побеги;  $D$  – почки*

желто-коричневым, буровато-сизым и эти оттенки являются информативными качественными признаками.

Б. Измеряют длину хвои на побеге прошлого года, а также ее ширину (в середине хвоинки) при помощи измерительной лупы или линейки. Предварительно используя миллиметровку, устанавливают цену деления лупы. Повторность 10–20-кратная, так как биометрические признаки довольно изменчивы.

В. Устанавливают продолжительность жизни хвои путем просмотра побегов с хвоей по мутовкам (рис. 1).

Г. Вычисляют массу 1000 штук абсолютно сухих хвоинок. Для этого отсчитывают 2 раза по 500 штук хвоинок, их высушивают в термостате до абсолютно-сухого состояния и взвешивают.

Д. Сближенность хвоинок. В результате ухудшения роста побега в загрязненной зоне пучки хвоинок более сближены и на 10 см побега их больше, чем в чистой зоне. Отмеряют 10 см побега прошлого года и подсчитывают число хвоинок. Если побег меньше 10 см, подсчет ведется по существующей длине и переводится на 10 см. Во всех случаях измерений выводится среднее.

## **2. Изучение побегов.**

А. Измеряют длину прироста каждого года, начиная от последнего, двигаясь последовательно по междоузлиям от года к году.

Б. Устанавливают толщину осевого побега (на примере двухлетнего).

В. В местах мутовок подсчитывают ветвление, выводится среднее.

Г. На побегах устанавливают наличие некрозов (точечное или другой формы отмирание коры).

## **3. Изучение почек.**

А. Подсчитывают число сформировавшихся почек, вычисляют среднее.

Б. Измеряют длину и толщину почек линейкой.

### **Схема записи результатов измерений хвои**

Место взятия образца	Длина, мм	Ширина , мм	Продолжит ельность жизни, лет	Число хвоинок на 10 см побега, см	Вес 1000 шт., г	Некроз	
						%	характ ер

## Схема записи результатов измерений побегов и почек

Место взятия образца	Побег			Почка		
	Длина осевых побегов, мм	Толщина осевых побегов, мм	Ветвлен ие, шт	Число, шт.	Длина, мм	Толщина , мм

*Примечание: для построения карты состояния среды на определенной территории по реакциям хвойных все биометрические показатели выражаются в баллах (самый высокий – 5 – в чистой зоне) и наносятся на карту, а затем контурными линиями выделяются зоны разной степени загрязнения.*

### **Работа № 4. Определение состояния окружающей среды в прошлые годы по радиальному приросту древесных растений**

Радиальный прирост древесных растений очень хорошо отражает факторы среды. Он относится к неспецифическим признакам (прирост одинаково реагирует на разнообразные факторы: солнечную активность, влажность почвы, ее плодородие, засоление, температуру влажность воздуха и др.); По спилу можно проследить все серьезные экологические изменения в течение жизни дерева. При изучении прироста одной и той же породы деревьев в одинаковых условиях климата и почв и при достаточной повторности (не менее 25 деревьев) этот показатель может быть достаточно четким индикационным признаком состояния среды 1г в предыдущие годы.

Годичные кольца нарастают каждый вегетационный период в результате периодической деятельности камбия и состоят из двух частей: ранней древесины (более светлая, откладывается в первую половину вегетации) и поздней (более темная, откладывается во вторую половину вегетации). В ранней древесине больше водопрводящих элементов, в поздней – механических. Годичные кольца хорошо видны у хвойных и лиственных кольцесосудистых пород (дуб, ясень и др.). У рассеянно-сосудистых (береза, осина) они плохо видны. Откладывание различных годичных колец древесины характерно для зон с хорошо выраженными сезонами года. Во

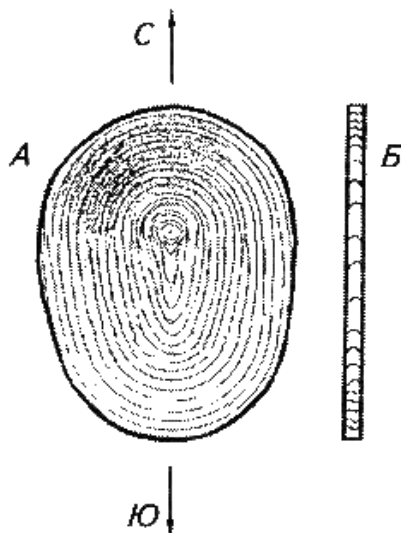
влажных тропиках, где зима и лето по сумме осадков и температурам почти не различаются, заметных годичных колец нет.

При изучении прироста по годам могут наблюдаться следующие явления: уменьшение или увеличение ширины годичных колец, их выпадение (полное или частичное), неравномерное отложение древесины по сторонам света или в связи с условиями среды (большее нарастание древесины в сторону более благоприятных условий). При взятии образцов в разных районах Земли величина прироста древесины является весьма специфическим биоиндикатором прохождения циклов солнечной активности, служит для диагностики климатов прошлых лет, особенно в случаях, когда для анализа берутся древесные породы с долгим периодом жизни. Это направление, науки; называется «дендрохронология».

**Оборудование и материалы:** острый нож, скальпель; измерительные лупы с ценой деления 0,1 мм; миллиметровка; круглые спилы древесины хвойных или лиственных кольцесосудистых (дуб, ясень) пород с корой, взятые из нижней части стволов деревьев в разных условиях произрастания. Предварительно на них помечают стороны света, а также расположение относительно сторон дерева автомобильной дороги, лесного массива, оврага, балки, завода и других местных объектов.

Можно использовать также образцы древесины с годичными кольцами, взятые приростным буравом (керны) от внешних слоев до внутренних. Использование приростного бурава особенно желательно, так как это исключает гибель и порчу деревьев при большом количестве материала и обеспечивает достаточную повторность. Просверленное отверстие надо заделывать кусочком пластилина, смолы.

**Ход работы:** на круговых спилах зачищают древесину в виде бороздок по направлению от края к центру (круглым напильником). Подсчитывают измерительной лупой. В случае отсутствия измерительной лупы можно пользоваться миллиметровкой, однако измерения будут менее точными. Можно использовать постоянные заранее приготовленные спилы (отполированные и покрытые лаком), так как заготовка спилов в естественных условиях требует специального разрешения лесных организаций, особенно в пределах зеленых зон городов.



*Рисунок 2—Расположение и размеры годичных колец: А – круговой стпл древесины, Б – керн, взятый приростным буровом*

В северных условиях и в средней полосе годичные кольца обычно шире с южной стороны (рис. 2), чем с северной, в южных засушливых районах - часто наоборот. Но, если, например, с южной стороны дерева недавно проложена автодорога, то это может отразиться уже на приросте следующего года, что сразу будет видно на спиле.

Построить графики роста дерева в толщину по годам в зависимости от стран света и экологических условий: предложить различные гипотезы изменчивости роста дерева по годам. График строят следующим образом. По горизонтали размещают хронологическую шкалу –

последовательный ряд лет, составляющих возраст дерева. По вертикали откладывают ширину годичных колец в мм. Полученная кривая отражает изменения годичного прироста по конкретным годам и выявляет аномалии этого процесса, обусловленные экологическими факторами.

### **Работа № 5. Качественная оценка загрязнения воздуха с помощью лишайников (лихеноиндикация)**

**Оборудование, реактивы, материалы:** лупа, рамка для определения степени покрытия лишайниками стволов деревьев

**Ход работы:** работа выполняется в группах. Выберите район, в котором будут проводиться наблюдения. Составьте карту района. Отметьте на карте близлежащие ТЭЦ, заводы, другие предприятия, дороги с интенсивным транспортным движением.

Разбейте выбранную территорию на квадраты, размер которых зависит от площади изучаемой территории (например, 10x10 м). В каждом квадрате выберите 10 отдельно стоящих старых, но здоровых, растущих вертикально деревьев. На каждом дереве подсчитайте количество видов лишайников. Не обязательно знать, как точно называются виды, надо лишь различить их по цвету и форме

слоевища. Для более точного подсчета можно использовать лупу. Все обнаруженные виды разделите на 3 группы: кустистые, листоватые, накипные (см. прил. Б).

Оцените степень покрытия древесного ствола. Для этого на высоте 30–150 см на наиболее заросшую лишайниками часть коры наложите рамку. Подсчитайте, какой процент общей площади рамки занимают лишайники. Кроме деревьев, можно исследовать обрастание лишайниками камней, стен домов и т.п.

Полученные результаты занесите в таблицу:

Признак	Дерево									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Общее количество видов лишайников, в том числе:										
кустистых										
листовых										
накипных										
Степень покрытия ствола лишайниками										

### Обработка результатов и выводы:

Определите степень загрязнения воздуха по таблице:

Зона	Степень загрязнения	Наличие (+) или отсутствие (–) лишайников		
		Кустистые	Листовые	Накипные
1	Загрязнения нет	+	+	+
2	Слабое загрязнение	–	+	+
3	Среднее загрязнение	–	–	+
4	Сильное загрязнение («лишайниковая пустыня»)	–	–	–

На границе между средней и сильной степенью загрязнения может наблюдаться на северной стороне деревьев и в затененных местах зеленоватый налет водоросли плеврококкус при полном отсутствии лишайников.

Сделайте вывод о степени загрязнения воздуха на изучаемой территории.

## **Работа № 6. Индикация состояния окружающей среды по древесным растениям**

**Цель:** обследовать посадки древесных растений на крупных магистралях города и вблизи предприятий химической промышленности и ТЭЦ.

Работу проводят в начале осени, когда четко видны повреждения на листьях листопадных деревьев. Сравнивают состояние древесных растений в разных по выбросам условиях. В качестве контроля обследуют дворовые посадки или скверы, окруженные плотной застройкой без гаражей и автостоянок, а также загородные парки.

**Оборудование:** секатор садовый со штангой для подъема его в крону дерева, бумажные пакеты большого размера, морилка для сбора насекомых, рулетка, географические карты.

### **Ход работы:**

#### **I. Характеристика обследуемого участка.**

1. По карте оценить местонахождение улицы, её направление в соответствии со сторонами света, с розой ветров.

2. Оценить сторону (солнечная, теневая), ширину улицы и наличие высоких домов по её сторонам.

3. Определить в течение 30 минут тип транспорта на улице. Эта часть работы требует точной фиксации времени учета.

4. Отметить близость перекрестка и его положение относительно розы ветров; наличие и условную ширину проходов между домами. Это важно, так как при наличии плотной застройки поток газов концентрируется вдоль домов и сильно вредит зеленым насаждениям. При приближении к перекрестку автотранспорт замедляет движение и работает на холостом ходу, что сопровождается неполным сгоранием топлива и усиленным выбросом токсических продуктов сгорания.

5. Наличие продувов между домами. Последние два положения особенно важны, так как при плотной застройке и сильной загруженности улиц автотранспортом поток газов и пыли будет ударяться о стены домов и возвращаться назад на зеленые насаждения, вызывая тем их повышенную повреждаемость; усиленный продув на перекрестках расширенных улиц.

6. Отметить наличие автостоянок, остановок транспорта, светофоров.

7. Оценить близость зеленых насаждений к дороге, удаленность, число рядов.

8. Вид насаждения: уличная 1, 2, 3-рядная посадка, парк, сквер, двор.

9. Описать виды древесных пород.

## **II. Обследование состояния древесных насаждений.**

Оценка состояния самих зеленых насаждений производится по следующим положениям (в обследование должны быть включены не менее 10–15 экземпляров одной древесной породы).

**1. Отметить фенофазу древесных растений.** Различают следующие фенофазы:

I. Зимний покой начинается осенью, когда у всех листьев изменилась летняя окраска и сформировались почки.

II. Начало весеннего сокодвижения. После прокола коры в эту фазу появляются капельки сока.

III. Набухание почек. Почки заметно увеличиваются в размерах, кроющиеся чешуйки расходятся.

IV. Распускание почек. В это время появляются кончики первых листьев или хвоинок.

V. Развертывание листьев. Появляются маленькие светлоокрашенные листочки.

VI. Рост побегов. У сосны – до появления хвоинок; у березы, ольхи, лиственницы – после появления первых листьев; у липы, тополя – после прироста листьев.

VII. Летняя вегетация. Листья приобретают характерную для летнего периода окраску и размер.

VIII. Осеннее расцветивание листьев. Начинается со времени появления первых по-осеннему окрашенных листьев. Первым признаком служит появление в кроне деревьев отдельных веток с полным пожелтением листьев. У хвойных в эту фазу начинается отмирание самых старых листьев – хвои.

IX. Осеннее опадание листьев. Обычно начинается одновременно с расцветиванием листьев. У тополевых и ольховых – со времени опадания первых зеленых листьев.

X. Бутонизация. Распознается при появлении первых признаков бутонов (яблоня, слива, черемуха) или разрыхлении сережек (ольха, береза).



XI. Цветение. Признак начала фазы – раскрывание кончиков у первых появившихся цветков (клен, боярышник, яблоня) или высыпание пыльцы (ольха, береза, ель, сосна).

XII. Созревание плодов. Начинается со времени достижения плодами размеров, характерных для их зрелого состояния.

XIII. Рассеивание плодов. Признаком вступления растения в эту фазу является опадение зрелых плодов и поедание их животными.

Обычно за наступление фенофазы принято считать момент, когда около 40–50% взятой для наблюдения популяции вступило в данную фазу.

**2. Оценить изменение пигментации листьев.** Изменение окраски листьев в большинстве случаев – неспецифическая реакция на различные стрессоры.

1. Наличие хлорозов, визуальная оценка процента хлорозной ткани (бледная окраска листьев между жилками, появление окрашенных в бледные цвета точек, пожелтение краев или определенных участков листьев вследствие разрушения хлорофилла). Отмечается расположение повреждений на дереве (по отношению к дороге, по отношению к поверхности земли – низ кроны, средняя часть, верх кроны). Возникает под воздействием повышенной концентрации тяжелых металлов в почве, различных вредных газов, в том числе фотохимического смога в воздухе, под влиянием хлоридов.

2. Наличие и процент точечного или краевого изменения пигментации листьев (появление красных, желтых, сине-фиолетовых, синих точек и пятен), вызванного попаданием на листья капелек серной и азотной кислот, солей тех или иных тяжелых металлов; В условиях защитных зон такие изменения может вызвать небольшая утечка радиоактивных веществ (например, в зоне влияния АЭС). Побурение или побронзовение – у лиственных деревьев часто начальная стадия тяжелых некротических повреждений, у елей и сосен – показатель зоны дымовых повреждений.

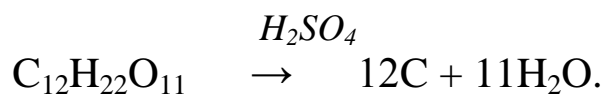
3. Наличие некрозов (отмирание ограниченных участков ткани), их процент по сравнению с общей поверхностью листьев. Различают точечные, пятнистые, межжилковые, краевые и верхушечные некрозы (рис. 3). Часто наибольший процент пораженной ткани наблюдается непосредственно у жилок листа, ближе к черешку.



Рисунок 3 – Некрозы листьев

Точечные некрозы возникают вследствие попадания на лист капелек серной или азотной кислот (особенно первой), что возможно во время смога, тумана и выпадения на обследуемой территории кислотных дождей. Одно из объяснений образования краевых некрозов – это скопление солей тяжелых металлов по краю листовой пластинки. Этим же объясняется отмирание кончиков хвоинок.

Межжилковый некроз возникает в результате попадания в лист через устьица либо мельчайших капелек серной кислоты, либо окислов серы, которые в цитоплазме превращаются в серную кислоту. Последняя – сильно гигроскопическое вещество быстро отнимает воду от углеводов, которые образуются в процессе фотосинтеза:



В результате образования свободного углерода (точка или участок) обугливается, свободная вода испаряется, уголь вымывается осадками, и в результате получается сухая черновато-коричневая ткань (вследствие образования из фенольных соединений опорной ткани листа окисленных форм хинонов).

В случае если хлорозы, а потом и некрозы идут лучами от жилки листа, и их площадь увеличивается к жилке и черешку (что очень наглядно видно у каштана, клена). Можно предположить с определенной долей вероятности, что эти изменения вызваны движением токсичных растворов из корневой системы по проводящим путям и большой концентрацией этих растворов.

При развитии некрозов сначала изменяется окраска, а затем, после гибели клеток, пораженные участки высыхают и за счет действия дубильных веществ окрашиваются в бурый цвет у деревьев, а у однодольных выцветают до беловатой окраски.

В этой части работы следует установить не только наличие изменения окраски листьев, но и визуальный приблизительный процент изменений.

**3. Учесть наличие поражений вредителями и болезнями.** Обычно в условиях специфического микроклимата города при общем снижении иммунитета растений наличие специфических повреждений листьев живыми организмами служит хорошим сравнительным показателем общего состояния зеленых насаждений. К повреждениям ассимилирующей поверхности листьев и хвои относятся:

- выгрызание – беспорядочное грубое объедание листьев и хвои;
- скелетирование – своеобразное выедание листа с оставлением нетронутой всей сети жилок или только главныхнаиболее толстых жилок, иногда, кроме жилок, остается прозрачная пленка эпидермиса;
- частичное объедание: фигурное, дырчатое, изъязвление;
- прокалывание и высасывание листьев и хвои, морфологическими признаками которых служит искривление, скручивание листьев, появление наростов, образование из листьев зимующих гнезд, выедание листьев и хвои под покровом паутины, появление так называемых галлов – опухолевидных образований, вызываемых насекомыми, а также клещами и нематодами, обитающими в растениях. Форма галла настолько характерна для вызывающего образование галла насекомого, клеща или нематоды, что по галлу можно точно определить, каким вредителем вызвано его образование. Насекомое развивается внутри галла и при вскрытии последнего можно обнаружить вредителя в какой-то фазе его развития или следы его пребывания.

- минирование листьев или хвои гусеницами бабочек, личинками мух, некоторых жуков. Так называется повреждение, при котором насекомое выгрызает ходы внутри какого-нибудь органа растений, не выходя наружу (миной называется скрытый ход-подкоп). Мины, как и галлы, имеют разные размеры, форму, отличаются также расположением экскрементов. Минирующих насекомых определяют чаще всего по минам. Если в задачи исследования включено распознавание вредных растениеядных насекомых, то можно использовать определители по повреждениям.

Мониторинг на уровне практического занятия предполагает констатацию обнаружения на деревьях (листьях) специфических

организмов, вступивших во взаимоотношения с питающим их растением. Собор энтомовредителей в морилку.

### **III. Обследование в зоне промышленных предприятий.**

Состояние зеленых насаждений оцените согласно разделу II. Дополнительно соберите информацию о характере деятельности предприятия, качественном и количественном составе его выбросов, высоте труб, возможной длительности разноса в связи со временем года, розой ветров, климатом и др.

### **IV. Обобщение результатов обследования.**

После обследования разных участков опишите картину повреждения древесных пород в тех или иных экологических условиях, обосновывая причины различия в повреждениях, охарактеризуйте повреждения разных пород деревьев и выясните степень устойчивости пород к загрязнению окружающей среды.

## **Работа № 7. Определение площади листьев у древесных растений в загрязненной и чистой зонах**

Все метамерные органы растений реагируют на загрязнение среды или абиотические факторы. Ростовые процессы у растений включают в себя множество подпроцессов и фактически являются суммирующими. 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 пробуждение 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 (образование белков и др.).

**Оборудование, реактивы, материалы:** писчая бумага, ножницы, линейка, весы, листья древесных растений.

**Ход работы:** 20–25 листьев каждой древесной породы с деревьев, растущих в разных экологических условиях, складывают в пакеты, а затем засушивают между листами газетной бумаги в лабораторных условиях. Это дает возможность провести работу в зимний период.

Вырежьте из бумаги (лучше в клеточку) квадрат равный длине и ширине листа, вычислите его площадь, вырежьте и взвесьте на весах, полученный вес –  $S_{кв}$ . На бумажном квадрате карандашом обведите контур листа, использованного в опыте, вырежьте ножницами и взвесьте. Полученный вес –  $S_{л}$ . Из полученных данных вычислите переводной коэффициент по формулам

$$K = \frac{S_{л}}{S_{кв}}$$

$$S_{л} = \frac{P_{л} \cdot S_{кв}}{P_{кв}}$$

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.

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

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

Получаем ряд значений изменчивости площади листьев для каждой древесной породы в разных экологических условиях. Для

каждого ряда вычисляют среднеарифметические величины, сравнивают между собой.

В случае большой выборки 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 произвести определение встречаемости. Сравнить кривые, сделать выводы относительно различий в изменчивости площади листьев в зависимости от экологических условий и установить разницу в диапазоне изменчивости для маленьких и больших листьев.

### **Работа № 8. Определение поражения и омертвления тканей листа при антропогенном загрязнении воздушной среды по проценту пораженной ткани**

Ткани листьев древесных растений, поврежденные в результате антропогенного загрязнения воздушной среды, выбывают из процесса фотосинтеза и перестают выполнять свои основные функции: синтеза органических веществ, выделения кислорода и фитонцидов. Ослаблена и их пылезадерживающая роль, так как основная масса пыли оседает на слегка влажной поверхности живого листа.

Функция фотосинтеза в огромной мере зависит от площади листовой поверхности (листового индекса). Визуальные методы оценки площади листьев и процента повреждений листовой ткани имеют очень малую точность, хотя в целом и отражают общую картину повреждений.

Предлагаемые методы оценки дают более точное определение пораженной и мертвой ткани, так как желтеющая ткань, определенная визуально как живая, может быть оценена как мертвая диагностическими методами.

Для объективной характеристики повреждений требуется сбор большого количества листьев (более 50 с каждой точки), точное взятие проб, характеризующее всю совокупность, выделение частей дерева по степени соприкосновения с загрязнителями (например, крона дерева направлена в сторону дороги или в противоположную сторону: первый ряд, второй, третий и т. д.). Для учебных целей

достаточно 10–20 листьев с полной характеристикой места взятия образца.

**Оборудование, реактивы, материалы:** весы, линейки, листы кальки, микроскопы, препаровальные иглы

**Ход работы:** для вычисления процента пораженной ткани листа собранные листья расправляют, кладут на квадрат кальки, у которого длина и ширина соответствуют размерам листа. Кальку взвешивают ( $P_{кв}$ ), лист очерчивают, по контурам на кальке вырезают его силуэт. Эту часть кальки также взвешивают ( $P_l$ ). Определяют площадь листа ( $S_l$ ):

$$S_l = \frac{P_l \cdot S_{кв}}{P_{кв}}$$

Применение кальки обусловлено ее прозрачностью, что необходимо для дальнейшей работы.

Контур листа на кальке совмещают с листом и очерчивают все поврежденные участки, вырезают, взвешивают. Вычисляет процент поврежденной ткани:

$$S_{повр} = \frac{S_l \cdot P_{повр}}{P_{листа}} \cdot 100$$

### **Работа № 9. Биоиндикация загрязнения почв пестицидами по проросткам культурных растений**

С помощью метода биоиндикации получают достаточно точные результаты без дорогостоящей аппаратуры и реактивов. Данный метод дает возможность учитывать суммарное действие на культуру не только используемого пестицида, но и всех продуктов его распада, многие из которых более фитотоксичны, чем исходный препарат.

**Цель:** определить фитотоксическую активность почвы для растений яровой пшеницы после применения в предыдущую вегетацию пестицидов третьего поколения, инсектицида против скрытостеблевых вредителей и фунгицида против листостеблевых инфекций.

**Оборудование, материалы и реактивы:** навеска почвы 10 г; колбы на 250 мл с 90 мл кипяченой воды; воронка диаметром 8 см;

бумажный фильтр того же диаметра; бумажные и полиэтиленовые полосы 7x50 и 3x50 см.

### **Ход работы:**

#### **1. Отбор и подготовка проб почвы.**

Пробы почвы следует отобрать осенью после уборки культуры в 20 точках опытного и контрольного участков по диагонали до глубины 30 см. Пробы с каждого участка соединить в один общий образец. Затем его высушить до воздушно-сухого состояния, размолоть на мельнице до частиц размером не более 0,5 мм и хранить в этикетированных пакетах.

#### **2. Подготовка водной вытяжки почвы.**

Навеску почвы 10 г в 3-кратной повторности помещают в 3 колбы с 90 мл воды и встряхивают в течение 10 минут. Затем колбы закрывают пробками и оставляют при комнатной температуре на 1 сутки. Контрольный образец заложить одновременно с основным.

Через 24 часа надосадочную жидкость сливают через воронку с фильтром в стеклянный сосуд.

#### **3. Приготовление бумажных рулонов.**

Полосу бумаги 7x50 см смочить. Смоченную полосу положить сверху на полиэтиленовую полосу такого же размера. Вдоль прямой линии посередине бумажной полосы разложить промытые водой 50 семян яровой пшеницы. Зародыш семян должен быть направлен в одну сторону. Смочить еще одну бумажную полосу размером 3x50 см и закрыть ею ряд разложенных семян, прижимая пальцами мокрую бумагу так, чтобы фиксировать семена. После этого «сэндвич» дополнить узкой полиэтиленовой полосой, накладываемой сверху. Рулон свернуть, начиная с одного конца, подписать и связать ниткой. Затем рулон поместить на 1 сутки в стеклянный сосуд с почвенной вытяжкой.

#### **4. Определение фитотоксичности остаточных количеств пестицидов.**

На следующем занятии рулоны развернуть и измерить длину самого большого корешка у каждого семени, определить среднюю длину корней у всех 50 семян. Затем по каждому варианту вычислить процент угнетения роста корневой системы по сравнению с контролем.

Фитотоксическую активность остаточных количеств пестицидов в процентах ингибирования вычислить по формуле



$$A_{\phi} = 100 - (D_x/D_k) * 100,$$

где  $A_{\phi}$  – фитотоксическая активность ингибирования, %;

$D_x$  – средняя длина корней на опытном варианте, мм;

$D_k$  – средняя длина корней на контроле, мм.

Сравнить результаты биотестирования почвы после применения инсектицида и фунгицида.

### **Работа № 10. Определение кислотности осадков, выпадающих в зонах загрязнения, и их токсичности биотестированием**

Кислотность и токсичность осадков в разных условиях среды сильно варьируют. Так, в зоне влияния металлургических заводов они кислые. Осадки могут быть и щелочными – в зоне влияния предприятий, выделяющих в атмосферу щелочи, а также на обширных территориях с засоленными щелочными почвами.

**Оборудование, материалы и реактивы:** осадкомер на метеоплощадке или сосуды для сбора и хранения воды; чашки для выпаривания; водяная баня; чашки Петри; фильтровальная бумага; пинцет; индикаторная бумага; различные мелкие семена.

**Ход работы:** осадки собирают осадкомером (в случае наличия такого). Их можно также собрать во время дождя в различных местах в широкие сосуды, например, кристаллизаторы. Можно использовать свежевыпавший снег.

600 мл осадков (в 3-кратной повторности) упаривают в чашках для выпаривания на водяной бане, постоянно подливая новые порции жидкости. После выпаривания дождевой воды в чашку добавляют по каплям дистиллированную воду и тщательно растирают осадок стеклянной палочкой, сливая все в пробирку. Каплями воды (3 раза) очищают чашку полностью. Объем жидкости в пробирке должен составлять 6 мл (концентрация увеличивается в 100 раз).

#### **А. Определение рН осадков.**

Для этого используют 1 мл жидкости из пробирки. рН определяют опусканием индикаторной бумажки в жидкость и сравнением изменившегося цвета со шкалой на коробочке индикаторной бумаги. Применяется следующая градация осадков, рН: сильнокислые (3–4), кислые (4–5), слабокислые (5–6), нейтральные (6–7), слабощелочные (7–8), щелочные (8–9), сильнощелочные (9–10).

## **Б. Определение токсичности осадков.**

Сконцентрированная жидкость (около 5 мл) осадков используется для определения их токсичности. Для этого производят упаривание осадков в фарфоровых чашках на водяной бане. Чашки Петри стерилизуют (можно в сушильном шкафу при температуре 150–200°C), на их дно укладывают кружки фильтровальной бумаги, на которую наливают по 5 мл жидкости. На фильтры рассыпают 50 штук мелких семян: салата, мака, горчицы, редиса и др.

Чашки Петри закрывают крышками и помещают в термостат при температуре +25–26°C. Контроль – чашки с теми же семенами, фильтры в которых увлажнены 5 мл дистиллированной воды. После прорастания семян в контроле на 50 производят их подсчет. Данные по всхожести в опытных вариантах выражают в процентах к контролю, который принимается за 100 %. Применяют следующую градацию: 100% – нет токсичности, 80–90% – очень слабая токсичность, 60–80% – слабая, 40–60% – средняя, 20–40% – высокая токсичность, 0–20% – очень высокая токсичность, близкая к летальной.

В качестве биотеста можно использовать одинаковые проростки гороха, фасоли, которые отбирают из партии после их прорастания. У горошин срезают половинки обеих семядолей, чтобы у них было ровное ложе. Фильтровальную бумагу, лежащую на дне химического стакана емкостью 200–250 мл, смачивают 5 мл опытного раствора, на дно помещают по 5 подготовленных горошин, закрывают крышкой от чашки Петри. Повторность – 3-кратная. После того, как горошины вырастут на высоту 5–7 см и более (до крышки стакана), производят их измерение. Контроль – горошины на дистиллированной воде. Подсчет проводится так же, как и при биотестировании по прорастанию семян.

## **Работа № 11. Метод биотестирования качества природных и сточных вод с ряской (*LemnaminorL.*) излодеей (*Elodea Canadensis Rich.*)**

Современные методы контроля качества природных вод, полноты очистки сточных вод, влияния их на природные воды включают лишь химические показатели ВПК и ХПК, а также содержания различных форм азота, фосфора и других химических веществ, на которые установлены ПДК. Ни один из этих показателей, ни все вместе

взяты не могут непосредственно характеризовать токсичность воды для водных организмов. Это возможно лишь с помощью токсикологических опытов с использованием водных организмов-биоиндикаторов. Гидробионты реагируют на действие целого комплекса веществ, содержащихся в сточных водах. Нередко токсичность воды обусловлена присутствием веществ в столь низких концентрациях, что их невозможно идентифицировать из-за недостаточной чувствительности или отсутствия аналитического метода.

Вместе с тем установлено, что даже после полной биохимической очистки (до БПК<sub>полн</sub> – 10–15 мг/л O<sub>2</sub>) сточных вод различных предприятий промышленности, очищенная вода может оставаться токсичной для гидробионтов (рыб, их икры, мальков, кормовых беспозвоночных, водорослей и других организмов).

Следовательно, информацию о качестве сточных вод и их влиянии на природные воды и гидробионтов можно получить лишь при использовании одновременно данных гидрохимических анализов и токсикологических экспериментов на водных организмах, т.е. результатов биотестирования.

Для биотестирования используются самые различные организмы (водные растения, водоросли, ракообразные, моллюски и рыбы).

Действие токсических веществ по влиянию на организмы можно разделить на острую и хроническую токсичность. Различают также прямую токсичность, косвенную, общую, избирательную и остаточную токсичность. В данной работе излагается определение острой прямой токсичности. В результате применения экспресс-методов на токсичность устанавливают, является ли испытуемое вещество или сточная вода резко токсичными или нет, при каком разбавлении чистой водой исчезает острая токсичность. При постановке опытов по определению острой токсичности сточных вод или токсических веществ следует учитывать влияние среды во время проведения экспериментов: состава воды, рН, жесткости, температуры. Воду для разведения берут обычно из водоема-приемника сточных вод в том месте, где она наиболее чистая.

**Оборудование и материалы:** сосуды для сбора ряски; стаканы на 500 мл; линейки; весы торсионные; лезвия.

**Ход работы:** одинаковые растения ряски отбирают из естественных популяций условно чистых водоемов в начале июня, когда много молодых, наиболее жизнеспособных растений, в сосуды,

на дне которых налито немного чистой воды. В жаркую погоду, чтобы избежать подсыхания ряски, очень хорошо пользоваться широкогорлым термосом с кусочками льда на дне. Лед следует прикрыть несколькими слоями влажной фильтровальной бумаги, чтобы он не касался ряски. Затем отбирают одинаковые особи ряски и рассаживают их по пять штук в стаканы с водой, качество которой хотят определить. Повторность опытов трехкратная. Контроль – вода из чистого водоема или водопроводная вода, выстоянная и прошедшая очистку фильтрацией через активированный уголь. Опытные сосуды выставляют на рассеянный свет. Ежедневно учитывают следующие параметры: изменение окраски, потеря тургора, повреждение точек роста, выживаемость (в течение 5–10 суток), прирост и число боковых отростков, число корней и их длина. В случае малой токсичности воды и относительно хорошей сохранности растений в конце опыта их вынимают из воды, обсушивают фильтровальной бумагой, отделяют бритвой надводную и подводную части и взвешивают на торсионных весах. Полученные измерения выражают по отношению к контролю, взятому за 100%, обрабатывают статистически.

В качестве тест-растения можно использовать элодею, опыты с которой проводятся аналогично вышеописанным. Элодея – растение стоячих и медленно текущих вод. Интенсивно размножается обрывками побегов. Ее выращивание для биотестов возможно в условиях аквариумов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почве и растениях / Ю.В. Алексеев. – М.: Агропромиздат, 1987 – 140 с.
2. Артамонов, В.И. Растения и чистота природной среды / В.И. Артамонов. – М.: Наука, 1980. – 173 с.
3. Беспамятнов, Г.П. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспамятнов, Ю.А. Кротов. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.
4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под ред. Р.Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 348 с.
5. Бязров, Л.Г. Некоторые аспекты лишеноиндикации загрязнения среды / Л.Г. Бязров // Биоиндикация и биомониторинг. – М.: Наука, 1991. – С. 54–56.
6. Викторов, С.В. Индикационная геоботаника / С.В. Викторов, Г.Л. Ремезова. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 167 с.
7. Винберг, Г.Г. Первичная продукция водоемов / Г.Г. Винберг. – Минск, 1960. – С. 217.
8. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / под ред. М.В.Горленко. – М.: Мысль, 1978. – 365 с.
9. Гродзинский, А.М. Краткий справочник по физиологии растений / А.М. Гродзинский, Д.М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1973. – 590 с.
10. Деревья и кустарники СССР / под ред. П.И. Лапина. – М.: Мысль, 1966. – 637 с.
11. Дженсен, У. Ботаническая гистохимия / У. Дженсен. – М.: Мир, 1965. – 377 с.
12. Дмитриев, М.Т. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде / М.Т. Дмитриев, Н.И. Казнина, Н.А. Пингина. – М.: Химия, 1989. – 367 с.
13. Дорогань, Л.В. Экологический практикум / Л.В. Дорогань, В.П. Филиппов. – Воронеж, 1994. – 39 с.
14. Елагин, И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов / И.Н. Елагин. – Новосибирск: Наука, 1976. – 158 с.
15. Елагин, И.Н. Атлас-определитель фенологических фаз растений / И.Н. Елагин, А.И. Лобанов. – М.: Наука, 1979. – 95 с.
16. Жегалин, О.И. Снижение токсичности автомобильных двигателей / О.И. Жегалин, П.Д. Лихачев. – М.: Транспорт, 1985. – 119 с.
17. Загрязнение воздуха в жилых и общественных зданиях / пер. с англ. Р.А. Уадди, Р.А. Щефф. – М.: Стройиздат, 1987. – 154 с.

18. Земляницына, Т.О. Влияние тяжелых металлов, закисления среды и биогенных элементов на фитопланктон в проточных мезокосмах / Т.О. Земляницына, Г.И. Виноградова // Биология внутренних вод: информ. бюл. – СПб., 1992. – № 91. – С. 36.
19. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
20. Клейн, Р.М. Методы исследования растений / Р.М. Клейн, Д.Т. Клейн. – М.: Колос, 1974. – 526 с.
21. Ковальский, В.В. Геохимическая экология / В.В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 271 с.
22. Коростелев, П.П. Лабораторная техника химического анализа / П.П. Коростелев. – М.: Химия, 1981. – 311 с.
23. Лесная энциклопедия: в 2-х т. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – ТТ. 1–2. – 631 с.
24. Методика инспекторского контроля за выбросами загрязняющих веществ с отработанными газами двигателей автотранспортных средств. – Л.: Изд-во ГГО им. А.И. Воейкова, 1987. – 76 с.
25. Методы биотестирования качества водной среды / под ред. О.Ф. Филенко. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 106 с.
26. Методы определения вредных веществ в воздухе / под ред. М.С. Быховского, С.Л. Гинсбурга, О.Д. Хализовой. – М.: Химия, 1966. – 245 с.
27. Методы определения вредных веществ в воздухе и других средах / под ред. О.Д. Хализовой. – М.: Химия, 1960. – Ч. 1. – 317 с.
28. Муравьева, С.И. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе / С.И. Муравьева, Е.К. Прохорова. – М.: Химия, 1988. – 320 с.
29. Мэннинг, У. Дж. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений / У. Дж. Мэннинг, У.А. Федер. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – 143 с.
30. Наплекова, Н.Н. Экология и охрана природы / Н.Н. Наплекова, Л.Н. Коробова, Б.И. Тепляков. – Новосибирск, 2000. – 215 с.
31. Наука об окружающей среде / пер. с англ. Б. Небел.: в 2-х тт. – М.: Мир, 1993.
32. Небел, Б. Наука об окружающей среде / Б. Небел. – М.: Мир, 1993. – 420 с.
33. Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений / В.С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, 1979. – 278 с.
34. Новиков, Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. – М.: Медицина, 1990. – 399 с.

35. Общесоюзные нормативы для таксации лесов: справочник. – М.: Колос, 1982. – 695 с.
36. Одум, Ю. Экология / пер. с англ.: в 2-х т. – М.: Мир, 1986.
37. Починок, Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок. – Киев, 1976.
38. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева – М: Изд-во МГУ, 1989. – 303 с.
39. Практикум по почвоведению / под ред. И.С. Кауричева. – М.: Колос, 1980. – 271 с.
40. Практикум по физиологии растений / под ред. И.И. Гунара. – М., 1972. – С. 88–92.
41. Промышленная ботаника / под ред. Е.Н. Кондратюка. – Киев: Наукова думка, 1980. – 260 с.
42. Рамад, Ф. Основы прикладной экологии / Ф. Рамад. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 540 с.
43. Ревель, П. Среда нашего обитания / П. Ревель, Ч. Ревель // Загрязнение воды и воздуха. – М.: Мир, 1995. – 296 с.
44. Реймерс, Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 638 с.
45. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны / С.И. Муравьева, М.И. Буковский, Е.К. Прохорова [и др.] – М.: Химия, 1991. – 367 с.
46. Скурлатов, Ю.И. Введение в экологическую химию / Ю.И. Скурлатов, Г.Г. Дзука, А. Мизити. – М.: Высш. шк., 1994. – 399 с.
47. Смит, У.Х. Лес и атмосфера / У.Х. Смит. – М.: Прогресс, 1985. – 428с.
48. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1997. – 305 с.
49. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288с.
50. Харборн, Дж. Введение в экологическую химию / Дж. Харборн. – М., 1985. – С. 47–81.
51. Химия окружающей среды/ под ред. Дж.О.М. Бокриса. – М.: Химия, 1982. – 671 с.
52. Чернышев, В.Д. Принципы адаптации живых организмов: экол. аспект / В.Д. Чернышов. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 384 с.
53. Шаприцкий, В.Н. Разработка нормативов ПДВ для защиты атмосферы: справочник / В.Н. Шаприцкий. – М.: Металлургия, 1990. – 415 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Приложение А**

### **Образец оформления отчета**

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Институт агроэкологических технологий  
Кафедра «Ландшафтная архитектура, ботаника, агроэкология»

**ОТЧЕТ**  
**по учебной практике**  
**по дисциплине «Методы экологических исследований»**

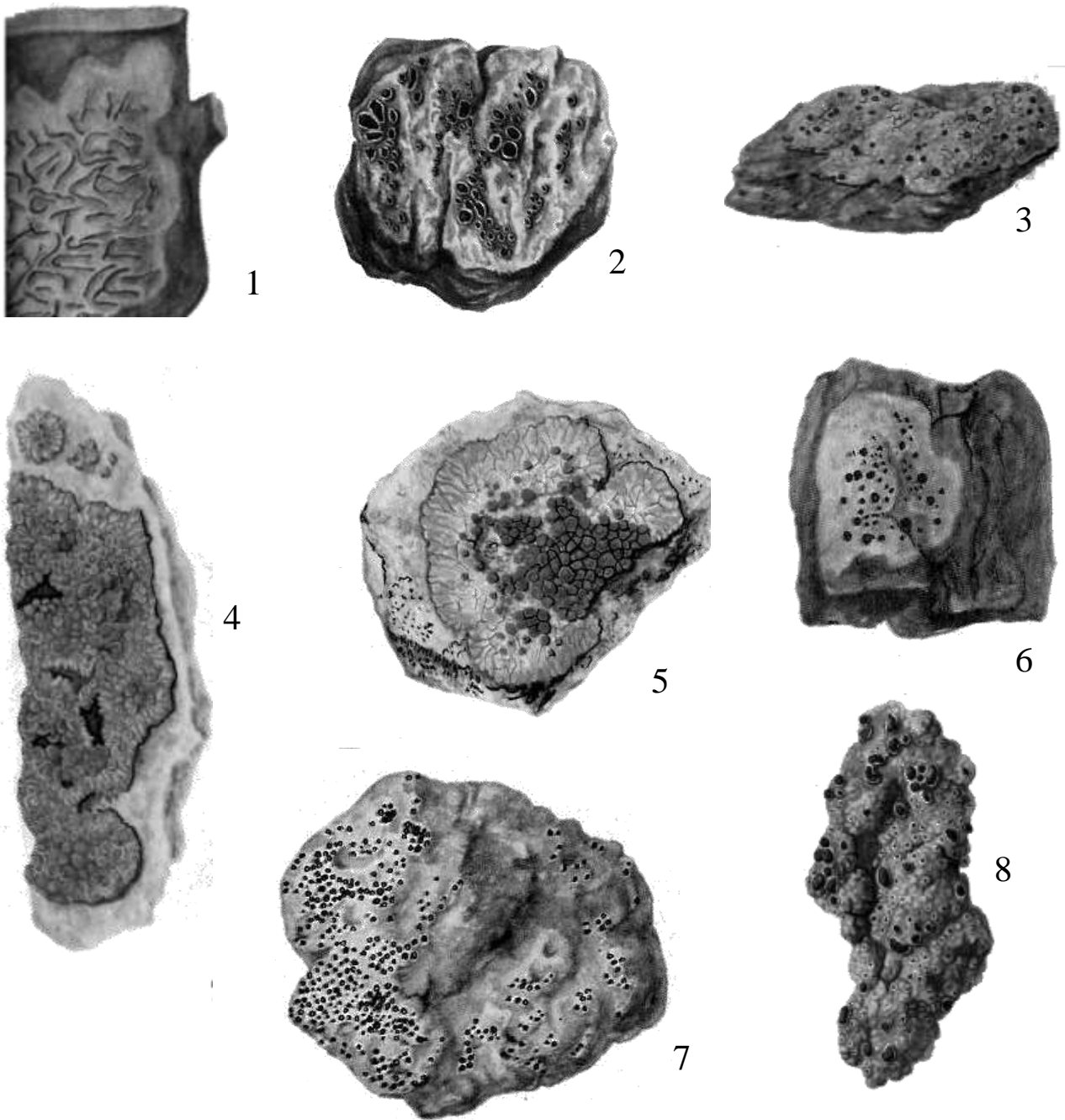
Выполнил:

Проверил:

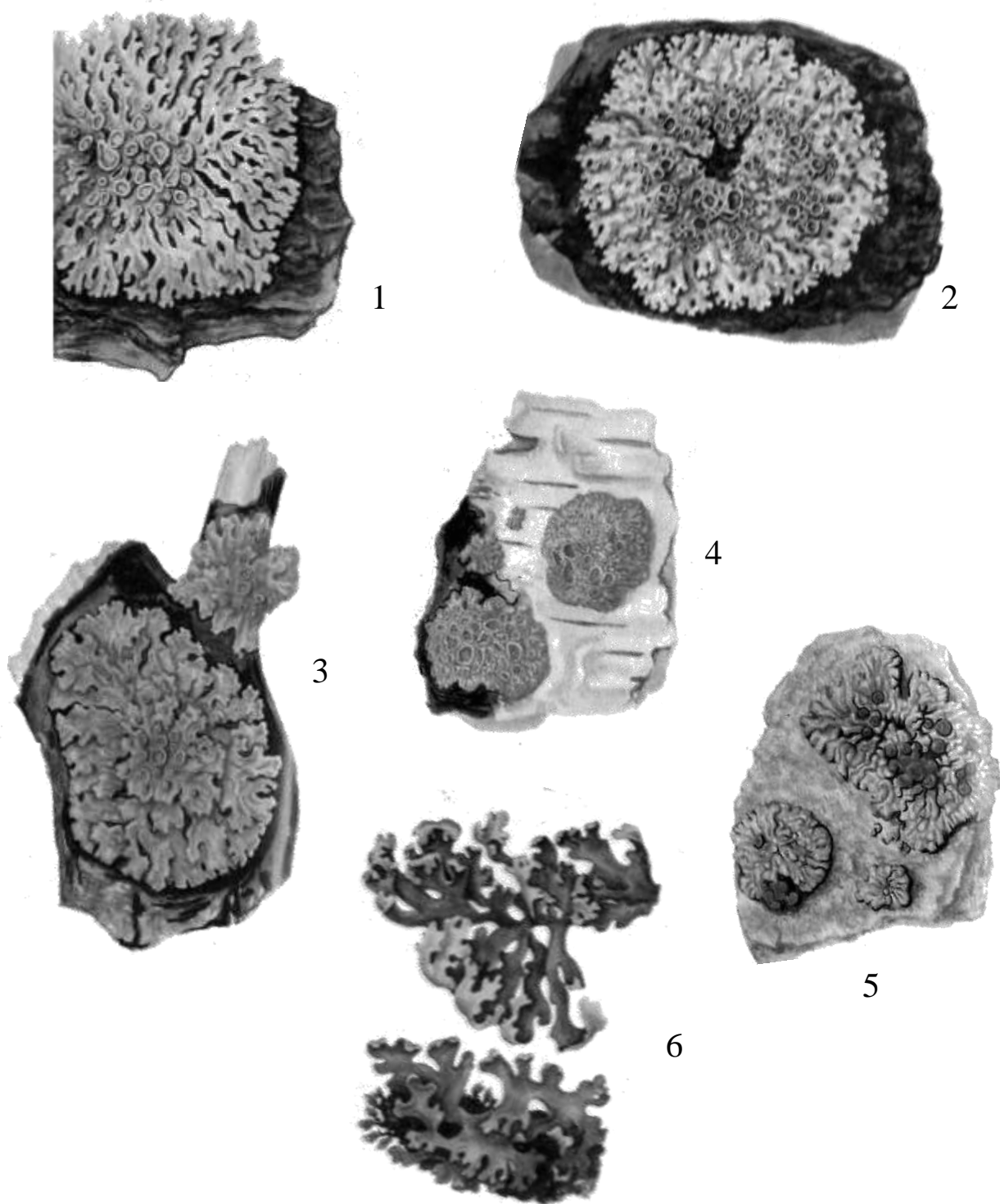
Красноярск 20 \_\_ г.



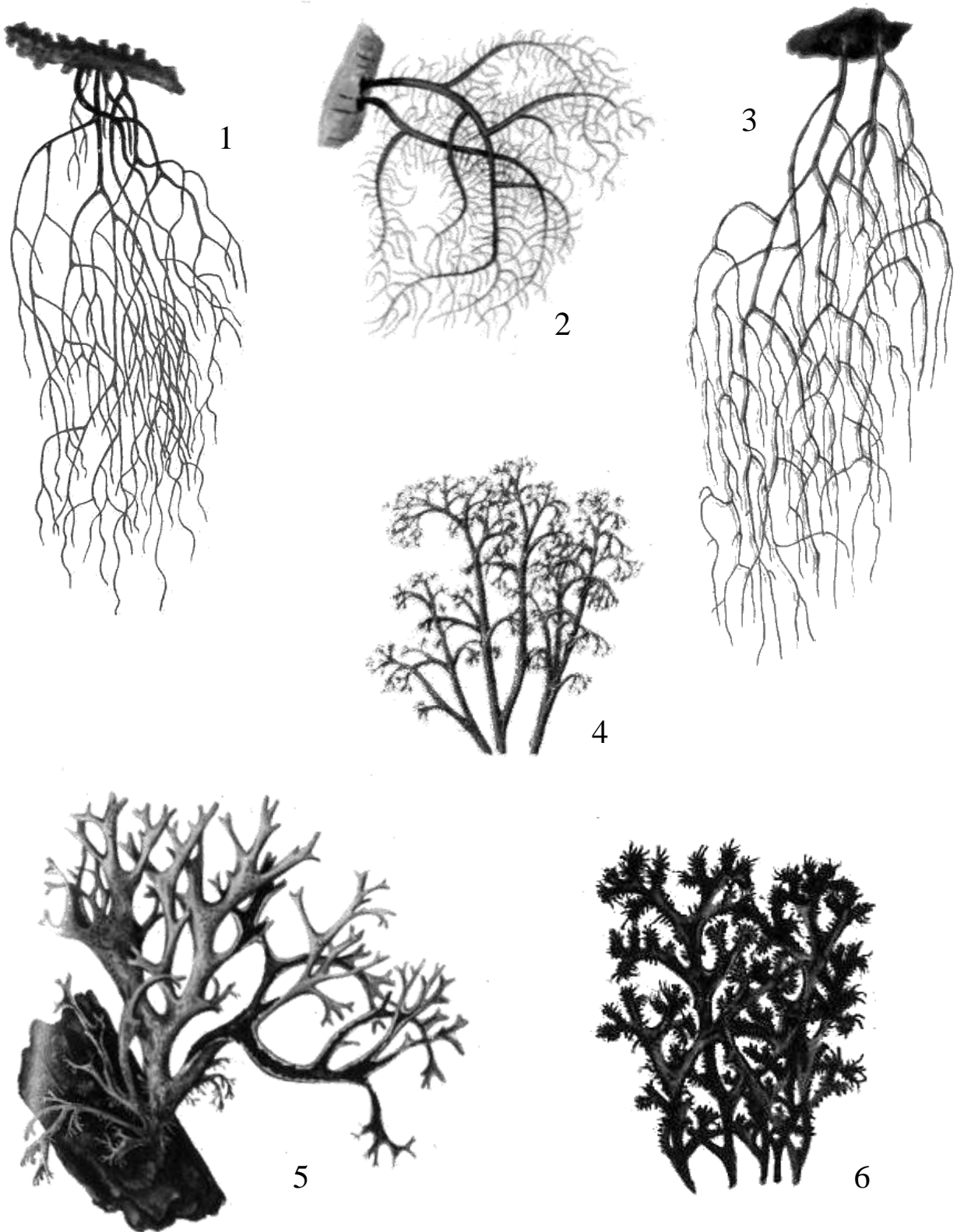
ТИПЫ ТАЛЛОМОВ ЛИШАЙНИКОВ



*Рисунок Б.1 –Накипные лишайники: 1 – графис тисьменный; 2 – леканора разнообразная; 3 – лецидея соредиозная; 4 – калоплака стенная; 5 – калоплака оранжевая; 6 – лецидея скученная; 7 – лецидея погруженная; 8 – гематома ветровая*



*Рисунок Б.2 –Листовые лишайники: 1 – фисция аиполя; 2 – фисция припудренная; 3 – ксантория постенная; 4 – ксантория многоплодная; 5 – гаспарриния обманчивая; 6 – кладония листовая*



*Рисунок Б.3 –Кустистые лишайники: 1 – алектория гривистая; 2 – уснея хохлатая; 3 – рамалина волосовидная; 4 – кладония лесная; 5 – эверния шелушащаяся; 6 – цетрария черноватая*

# **МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Методические указания по прохождению учебной практики*

**Фомина Наталья Валентиновна**

*Электронное издание*

Редактор М.М. Ионина

Подписано в свет 30.06.2017. Регистрационный номер 164

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117  
e-mail: rio@kgau.ru