

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

**МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
Методические указания по прохождению учебной практики**

Красноярск 2016

Составитель: Фомина Н.В.

Рецензент: Еськова Е.Н. - доцент кафедры «Экология и естествознание» ИАЭТ ФГБОУ Красноярский ГАУ

Методы экологических исследований: методические указания по учебной практике. – Красноярск: КрасГАУ, 2016. – 77с.

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

Красноярский государственный  
аграрный университет, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
<b>Введение</b> .....	5
<b>Правила по технике безопасности</b> .....	6
Работа № 1. Определение загруженности улиц автотранспортом и некоторых параметров окружающей среды, усугубляющих загрязнение.....	9
Работа № 2. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта на участке магистральной улицы (по концентрации СО).....	10
Работа № 3. Расчет условий рассеивания выбросов промышленных предприятий.....	12
Работа № 4. Изменение продолжительности жизни людей во временном плане под влиянием антропогенных факторов.....	15
<b>Химический мониторинг окружающей среды</b> .....	17
Работа № 5. Определение засоленности почв городских улиц по сухому остатку почвенной вытяжки. ....	17
Работа № 6. Качественное определение легко- и среднерастворимых форм химических элементов в почвах городских улиц.....	19
Работа № 7. Определение свинца в смывах со стен и оборудования.....	21
<b>Биоиндикация состояния окружающей среды</b> .....	23
Работа № 8. Определение загрязнения окружающей среды пылью по ее накоплению на листовых пластинках растений. Построение карты загрязнения территории пылью. Оценка токсичности пыли.....	27
Работа № 9. Определение плодородия почвы по ее цвету и продуктивности растений.....	28
Работа № 10. Определение состояния окружающей среды по комплексу признаков у хвойных.....	31
Работа № 11. Определение состояния окружающей среды в прошлые годы по радиальному приросту древесных растений.....	33
Работа № 12. Качественная оценка загрязнения воздуха с помощью лишайников (лихеноиндикация).....	36
Работа № 13. Индикация состояния окружающей среды по	

	древесным растениям.....	37
Работа № 14	Определение площади листьев у древесных растений в загрязненной и чистой зонах.....	42
Работа № 15	Определение поражения и омертвления тканей листа при антропогенном загрязнении воздушной среды по проценту пораженной ткани.....	43
Работа № 16	Биоиндикация загрязнения почв пестицидами по проросткам культурных растений.....	45
Работа № 17	Определение кислотности и токсичности осадков, выпадающих в зонах загрязнения.....	46
Работа № 18	Метод биотестирования качества природных и сточных вод с ряской ( <i>Lemna minor</i> L.) и элодеей ( <i>Elodea Canadensis</i> Rich.).....	48
Работа № 19	Проведение фенологических наблюдений. Построение феноспектров и их анализ.....	50
	<b>Библиографический список.....</b>	<b>55</b>
	<b>Приложения.....</b>	<b>58</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время экология стала интегральной наукой, связанной почти со всеми естественными и техническими дисциплинами. Овладение практическими навыками и методами проведения экологических исследований углубляет познание предмета. В практикум включены работы с использованием несложных химических анализов и простых в воспроизведении биологических объектов (преимущественно растений).

Методические указания предназначены для проведения учебной практики по дисциплине «Методы экологических исследований» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», а также может служить справочным пособием. Каждая практическая работа рассчитана на занятия от 2 до 6 учебных часов. Работы могут выполняться как в группах, так и индивидуально каждым студентом. По результатам практики студенты оформляют отчет (титульный лист см. приложение 1).

В практикум включены правила по технике безопасности при выполнении работ в лаборатории и в природе. Практикум состоит из трех частей, в состав которых входит 19 практических работ. Первая часть посвящена работам по разделу охрана окружающей среды и содержит 4 работы; вторая часть - химическому мониторингу состояния окружающей среды, содержит 3 практические работы; третья часть содержит 12 работ по биоиндикации окружающей среды.

Завершается практикум приложением, которое включает в себя пример оформления отчета, задачи и таблицы для выполнения работ, бланки описания фитоценозов и нормативные показатели: предельно допустимые концентрации (ПДК) для ряда веществ в воздухе, воде, почве.

## ПРАВИЛА ПО ТЕХНИКЕ 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 одевать 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.

## РАЗДЕЛ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

### **Работа № 1. Определение загруженности улиц автотранспортом и некоторых параметров окружающей среды, усугубляющих загрязнение.**

Существенной составляющей загрязнения воздушной среды городов являются выхлопные газы автотранспорта, которые в ряде столиц мира, административных центрах России, составляют 60-80% от общих выбросов. Автотранспорт выбрасывает в воздушную среду более 200 компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, окислы азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов (бензопирен и бензоантроцен). При этом наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается в воздух на малом ходу (на перекрестках, остановках перед светофорами). Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05% углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу - 0,98%, окиси углерода соответственно - 5,1% и 13,8%.

Работа дает возможность оценить загруженность участка улицы разными видами автотранспорта, сравнить в этом отношении разные улицы и изучить окружающую обстановку. Собранные параметры необходимы для расчетов уровня загрязнения воздушной среды, предлагаемого в следующей работе.

**Ход работы:** Разделиться на группы по 3-4 человека (один считает, другой записывает, остальные дают общую оценку обстановки). Группы размещаются на определенных участках разных улиц с односторонним движением. В случае двустороннего движения каждая группа располагается на своей стороне. Сбор материала по загруженности улиц автотранспортом может производиться с замерами в 8, 13 и 18 часов и в ночные часы. Из ряда замеров вычисляют среднее. Интенсивность движения автотранспорта определяется методом подсчета автомобилей разных типов три раза по 20 минут в каждом из сроков. Учет ведется способом точкования и квадратиков. Запись ведется согласно таблице:

Тип автомобиля	Число единиц	
	бензиновые	дизельные
Легкий грузовой		
Средний грузовой		
Тяжелый грузовой		
Автобус		

Легковой		
----------	--	--

На каждой точке наблюдений производится оценка улицы:

1. Тип улицы: городские улицы с односторонней застройкой (набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи), жилые улицы с двусторонней застройкой, дороги в выемке, магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой; с двух сторон, транспортные тоннели и др.
2. Уклон. Определяется глазомерно или эклиметром.
3. Скорость ветра. Определяется анемометром.
4. Относительная влажность воздуха. Определяется психрометром.
5. Наличие защитной полосы из деревьев и др.

Автомобили разделяют на две категории: с бензиновым и дизельным двигателем, согласно данным, представленным в таблице. Произвести оценку движения транспорта по отдельным улицам. Согласно ГОСТ –17.2.2.03–77: низкая интенсивность движения - 2,7-3,6 тыс. автомобилей в сутки, средняя – 8 – 17 тыс. и высокая – 18 – 27 тыс. Построить графики. Сравнить суммарную загруженность различных улиц города в зависимости от типа автомобилей, дать объяснение различий.

## **Работа № 2. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта на участке магистральной улицы (по концентрации СО).**

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, в мг/м<sup>3</sup>. Исходными данными для работы служат показатели, собранные во время проведения предыдущей работы или предложенные в приложении 2.

*Пример: магистральная улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольный уклон 2°; скорость ветра 4 м/сек, относительная влажность воздуха – 70%, температура 20°С. Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях - 500 автомашин в час (N). Состав автотранспорта: 10% грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 10% со средней грузоподъемностью, 5% с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 5% автобусов и 70% легковых автомобилей.*

**Ход работы:** Формула оценки концентрации окиси углерода ( $K_{CO}$ ):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_U \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II}, \text{ где:}$$

**0,5** - фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м<sup>3</sup>;

**N** - суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автом./час;

**K<sub>T</sub>** - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода;

**K<sub>A</sub>** - коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

**K<sub>y</sub>** - коэффициент, учитывающий изменение загрязнение атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона;

**K<sub>C</sub>** - коэффициент, учитывающий изменение загрязнение атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от скорости ветра;

**K<sub>B</sub>** - коэффициент, учитывающий изменение загрязнение атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от относительной влажности воздуха;

**K<sub>П</sub>** - коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Коэффициент токсичности автомобилей определяется как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = P_i \cdot K_{Ti}, \text{ где:}$$

**P<sub>i</sub>** – состав автотранспорта в долях единицы;

**K<sub>Ti</sub>** – определяется по таблице 1.

Таблица 1

Тип автомобиля	Коэффициент K <sub>T</sub>
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

Значение коэффициента K<sub>A</sub>, определяется по табл. 2.

Таблица 2

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент K <sub>A</sub>
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, на-	0,4

бережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	
Пешеходные тоннели	0,3

Значение коэффициента  $K_v$ , определяется по табл. 3, а коэффициента  $K_c$  по табл. 4. Значение коэффициента  $K_b$ , приведено в табл. 5.

Таблица 3

продольный уклон, °	коэффициент $K_y$
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Таблица 4

скорость ветра, м/с	коэффициент $K_c$
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Таблица 5

относительная влажность	коэффициент $K_b$
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений приведен в табл. 6.

Таблица 6

Тип пересечения	Коэффициент $K_n$
Регулируемое пересечение:	
- со светофорами обычное	1,8
- со светофорами управляемое	2,1
- саморегулируемое	2,0
Нерегулируемое:	
- со снижением скорости	1,9
- кольцевое	2,2
- с обязательной остановкой	3,0

ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равно  $5 \text{ мг/м}^3$ . Подставив значения согласно заданию (или собственные данные) оцените уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода. Сделайте выводы. Какие мероприятия можно предложить для снижения уровня выбросов?

$$\text{Пример: } K_m = 0,1 - 2,3 + 0,1 - 2,9 + 0,05 - 0,2 + 0,05 - 3,7 + 0,7 - 1 = 1,41;$$

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 \cdot 500 \cdot 1,4) - 1 - 1,06 - 1,20 - 1,00 = 8,96 \text{ мг/м}^3$$

### Работа № 3. Расчет условий рассеивания выбросов промышленных предприятий

Распространение в атмосфере промышленных выбросов из труб и вентиляционных устройств подчиняется законам турбулентной диффузии. На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывают состояние атмосферы, расположение предприятий и источников выбросов, характер местности, химические свойства

выбрасываемых веществ, высота источника диаметр трубы и т.д. горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью и направлением ветра, а вертикальное распределением температур в атмосфере по высоте.

В основу «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» ОНД-86, положено условие, при котором суммарная концентрация каждого вредного вещества не должна превышать максимальную разовую предельно допустимую концентрацию данного вещества в атмосферном воздухе. Максимальная концентрация  $C_m$  вредных веществ у земной поверхности образуется на оси факела выброса на расстоянии  $X_{max}$  от источника выброса (для горячей газовой смеси):

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \text{ где:}$$

$A$  – коэффициент стратификации атмосферы, зависящий от температурного градиента и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания выбросов (для центра России принимают значение 120);

$M$  – масса вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

$V_1$  – объем выбрасываемой газовой смеси, м<sup>3</sup>/с;

$H$  – высота трубы, м;

$F$  – коэффициент, учитывающий скорость оседания взвешенных частиц выброса в атмосфере (для газов = 1, для пыли при эффективности очистки газоочистной установки более 0,9  $F=2,5$  и менее 0,75  $F=3$ );

$\Delta T$  – разность между температурой газовой смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха, равной средней температуре самого жаркого месяца в 13 часов;

$\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

$m$  – безразмерный коэффициент, учитывающий условия выхода газов из трубы:

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1\sqrt{f} + 0.34\sqrt[3]{f}}, \text{ где: } f = 10^3 \cdot W_0^2 \cdot D / H^2 \Delta T;$$

$W_0$  – средняя скорость выхода газов из трубки, м/с;

$D$  – диаметр трубы, м;

$n$  – безразмерный коэффициент, зависящий от параметра  $V_m$  м/с;

$$V_m = 0.65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}},$$

$$\begin{aligned} \text{при } V_m \leq 0,3 & \quad n=3, \\ \text{при } V_m > 2 & \quad n=1, \\ \text{при } 0,3 < V_m < 2 & \quad n = 3 - \sqrt{(V_m - 0.3) \cdot (4.36 - V_m)}. \end{aligned}$$

Ожидаемая максимальная концентрация загрязнителей при выбросе холодной газовой смеси определяется по уравнению:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot k}{H^{2/3}}, \text{ где:} \quad k = \frac{S_d}{8V_1}, \quad V_m = 1.3 \cdot \frac{W_0 \cdot D}{H}.$$

Расстояние ( $X_{max}$ ) до места, где ожидается максимальная, определяется:

**- для газов и мелкодисперсной пыли**

$X_{max} = dH$ , где:  $d$  - безразмерная величина, зависящая от параметра  $V_m$ :

- для холодного выброса, при  $V_m \leq 2$   $d = 11.4 \cdot V_m$ , при  $V_m > 2$   $d = 16.1 \sqrt{V_m}$ ;

**- для крупнодисперсной пыли ( $F \geq 2$ )**

$$X_{max} = \frac{5-F}{4} dH;$$

**- для горячей газовой смеси:**

$$\text{при } V_m \leq 2 \quad d = 4.95 V_m \left( + 0.28 \sqrt[3]{f} \right),$$

$$\text{при } V_m > 2 \quad d = 7 \sqrt{V_m} \left( + 0.28 \sqrt[3]{f} \right).$$

Концентрация загрязнителя в приземном слое атмосферы на любом расстоянии  $X$  от источника выброса, отличном от  $X_{max}$ , определяется по формуле:  $C = C_m \cdot S_1$ , где:

$S_1$  - коэффициент, зависящий от величины  $X/X_{max}$ :

$$\text{при } \frac{X}{X_{max}} \leq 1 \quad S_1 = 3 \left( \frac{X}{X_{max}} \right)^4 - 8 \left( \frac{X}{X_{max}} \right)^3 + 6 \left( \frac{X}{X_{max}} \right)^2;$$

$$\text{при } 1 < \frac{X}{X_{max}} \leq 8 \quad S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left( \frac{X}{X_{max}} \right)^2 + 1};$$

$$\text{при } \frac{X}{X_{max}} > 8 \text{ (при } F=1) \quad S_1 = \frac{\frac{X}{X_{max}}}{3,58 \left( \frac{X}{X_{max}} \right)^2 - 35,2 \left( \frac{X}{X_{max}} \right) + 120};$$

$$\text{при } 2 \leq F \leq 3 \quad S_1 = \frac{1}{0,1 \left( \frac{X}{X_{max}} \right)^2 + 2,47 \left( \frac{X}{X_{max}} \right) - 17,8}.$$

**Ход работы:** Рассчитайте приземную концентрацию пыли на разном расстоянии от одного источника загрязнений; при различных

параметрах источника загрязнений и параметрах района расположения источника. См. приложение 3. Сделайте выводы.

*Пример: Рассчитать приземную концентрацию пыли в точке, расположенной на расстоянии  $X=1800\text{м}$  от источника загрязнений и находящейся на ветровой оси, при следующих параметрах источника:  $H = 50\text{м}$ ,  $D = 0,6\text{м}$ ,  $V_1 = 4,24\text{м}^3/\text{с}$ ; температура газов  $T = 40^\circ\text{C}$ ;  $M = 40\text{г}/\text{с}$ ;  $F = 2$ .*

*Параметры района расположения источника:  $A = 180$ ; температура наружного воздуха  $T = 20^\circ\text{C}$ ;  $\eta = 1,2$*

$$C_m = \frac{180 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 1,2}{50^2 \cdot \sqrt[3]{4,24 \cdot (40 - 22)}} = 1,7023 \text{мг}/\text{м}^3$$

$$X_{\max} = 267 \text{ м},$$

$$\frac{X}{X_{\max}} = 1800/267 = 6,74$$

$$S_1 = 0,2 \quad C = C_{\max} \cdot S_1 = 1,7023 \cdot 0,2 = 0,3405 \text{мг}/\text{м}^3$$

#### **Работа № 4. Изменение продолжительности жизни людей во временном плане под влиянием антропогенных факторов.**

Продолжительность жизни людей является интегральным показателем, включающим в себя многие факторы. За последние десятилетия продолжительность жизни в России и близлежащих странах постоянно снижается. Основной причиной этого является ухудшение экологической обстановки, общее понижение уровня жизни, ведущее к ослаблению человеческого организма, снижению его иммунитета. Так, под влиянием Чернобыльской аварии, сброса в некоторые озера и реки радиоактивных вод, загрязнения наземных и водных экосистем тяжелыми металлами, пестицидами, нитратами происходит возрастание заболеваемости людей (онкологические, желудочно-кишечные болезни). Нарастание стрессовых нагрузок из-за неблагоприятия экологических и социальных условий ведет к повышенному риску в отношении сердечно - сосудистых заболеваний. При этом в каждом отдельном случае воздействию подвергаются определенные возрастные группы населения. Так, под влиянием радиоактивного облучения, загрязнения пестицидами, тяжелыми металлами в первую очередь подвергаются дети и старики.

Данная работа предложена американским ученым и педагогом Б. Небелом (1993) и заключается в сборе материала о продолжительности жизни людей на долго действующих кладбищах

с последующей его обработкой в виде диаграмм, графиков, с интерпретацией полученных данных в зависимости от изменений экологической обстановки (для разных возрастных и половых групп населения).

**Ход работы:** Для сбора материала используют старые кладбища, где имеются захоронения людей за последние 80-100 лет.

Обычно на кладбище всегда есть деление на старую и новую часть. На каждой из них, проходя по диагонали в одном и другом направлении (это можно сделать по стрелке компаса), произвольно выбирать 80-100 могил, переписать даты рождения, смерти, пол. Построить кривую выживаемости в целом для данной человеческой популяции или по половому признаку. Показатели разбить на классы. По оси ординат откладывают число людей (0, 5, 10, 15, 20, 30 человек), а по оси абсцисс - возраст, до которого они дожили (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 и т.д.) Тот же сбор материала произвести на кладбище с более поздними сроками захоронения (новое кладбище) и поострить такую же кривую.

Сравнить кривые на графиках и объяснить изменения в продолжительности жизни определенных возрастных групп. Можно построить график общей смертности по годам: по оси ординат - число людей (как и в предыдущем случае), а по оси абсцисс - годы (1930-1935; 1935-1940; 1940-1945 и т.д.) Сравнить кривые на графиках и объяснить изменения в продолжительности жизни людей за последние 50-100 лет. Сбор материала на кладбище осуществляют в течение занятия, обработка материала и его интерпретация может быть проведена как домашнее задание.

## **ХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

---

### **Работа № 5. Определение засоленности почв городских улиц по сухому остатку почвенной вытяжки.**

Для борьбы с гололедом на городских улицах очень часто применяют поваренную соль ( $\text{NaCl}$ ). Под действием соли лед тает, делается пористым и скользким. Однако образующийся рассол разъедает обувь пешеходов, высаливаясь на коже белой полосой, разъедает металлические части автомашин, портит шины. В самой же почве увеличивается концентрация почвенного раствора (особенно у почв с хорошим поглощающим комплексом: черноземы, глинистые почвы), что приводит к дефициту доступной для растений влаги, нарушает их водный режим. Особенно ярко это проявляется у лип растущих вдоль дорог. Хлорозы и некрозы листовой пластинки у лип под действием солей наблюдаются чаще всего во второй половине лета и начинаются с края листа, постепенно распространяясь на всю листовую пластинку. Живая ткань постепенно отмирает, и листья преждевременно опадают. Однако это явление не специфично и может наблюдаться и под влиянием других факторов (газовое загрязнение воздуха, ухудшение водного режима почв и растений).

**Оборудование, материалы и реактивы:** весы технические или аналитические; колбы на 500 мл; воронки; стеклянные палочки; ступки; почвенное сито с ячейкой 1 мм; чашки для выпаривания; водяная баня; фильтры; сушильный шкаф; дистиллированная вода, не содержащая  $\text{CO}_2$ . Для освобождения от  $\text{CO}_2$  2-3 л дистиллированной воды кипятят 30 мин. и охлаждают закрыв колбу ватой.

#### **Ход работы:**

**1. Приготовление почвенной вытяжки.** Определить гигроскопическую влагу почвы. Взять воздушно-сухую навеску с учетом этого показателя. Например, в почве содержится 4,56% гигроскопической влаги. Соответственно навеска берется 104,56 или 52,28 г воздушно-сухой почвы (из расчета 100 и 50 г) абсолютно сухого образца.

Навеску почвы поместить в сухую колбу емкостью 500-750 мл и прилить 5-кратное количество дистиллированной воды, не содержащей углекислоты (250-500 г). Колбу с навеской закрыть резиновой пробкой и взболтать в течение 5 мин, вытяжку отфильтровать через сухой складчатый фильтр. Фильтр помещают в воронку диаметром 15-20 см так, чтобы он лежал на 0,5-1 см ниже

края воронки. Нельзя допустить, чтобы фильтр был выше воронки, так как в этом случае по краю фильтра образуются «выцветы» солей, и концентрация их в фильтрате снижается.

Перед тем, как вылить вытяжку в фильтр, содержимое колбы встряхивают, чтобы взмутить навеску, и на фильтр стараются перенести по возможности всю почву. Это необходимо для того, чтобы частички почвы закольматировали поры фильтра, что способствует увеличению прозрачности фильтрата. При выливании суспензии струю направляют на боковую стенку фильтра, чтобы он не прорвался. Вытяжку профильтровывают до тех пор, пока фильтрат не станет прозрачным. Анализ водной вытяжки начинают после того, как она полностью отфильтруется. Ее количество измеряют мерным цилиндром. Водные вытяжки анализируют сразу же после их получения; так как под влиянием микробиологической деятельности может изменяться их состав (щелочность, окисляемость). Хранят вытяжку в колбе с закрытой пробкой.

**2. Определение сухого остатка вытяжки.** Сухой остаток водной вытяжки дает представление об общем содержании в почве растворимых в воде органических и минеральных соединений. По величине сухого остатка определяют степень засоленности почв.

50-100 мл водной вытяжки помещают в фарфоровую чашку диаметром 7-10 см (предварительно высушенную и взвешенную). Выпаривают, постепенно добавляя новые порции вытяжки. По окончании выпаривания чашку с сухим остатком вытирают снаружи фильтровальной бумагой и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение трех часов, охлаждают, взвешивают. Содержание растворимых веществ характеризуется величиной сухого остатка (С, %), выраженной в процентах:

$$C = A \cdot 100 / P, \text{ где:}$$

**A** – масса остатка, г;

**P** – навеска почвы, соответствующая взятому объему вытяжки, г.

Для того, чтобы удалить из сухого остатка растворимые органические вещества, пробы в чашках прокаливают в муфеле при температуре 600°С до белого цвета: 10 - 15 мин с момента достижения указанной, температуры. Если озоление не произошло, то чашку охлаждают, добавляют несколько капель дистиллированной воды и снова прокаливают. После охлаждения чашку с солями взвешивают и рассчитывают количество солей на 1 г. почвы. Сделать выводы. Содержание водорастворимых солей в большинстве почв

колеблется от сотых до десятых долей процента. Засоленными считаются почвы с содержанием солей более 0,2%. Если в почвах содержание, солей превышает 1 %, то их относят к солончакам.

### **Работа № 6. Качественное определение легко- и среднерастворимых форм химических элементов в почвах городских улиц.**

Присутствие в почвах легко- и среднерастворимых соединений имеет важное значение. Наиболее вредными для растений солями являются гидрокарбонат натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), хлориды ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) и сульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), т.е. легкорастворимые соединения. Легкорастворимые соли, повышающие плодородие почв нитраты (соли азотной кислоты). Из среднерастворимых солей безвредными являются карбонаты кальция и магния, а также сульфат кальция (гипс). Вредное влияние на растения оказывает закись железа, а гидраты окиси железа - безвредны. Практически все из этих солей могут встречаться в почвах на обочинах дорог и городских улиц, как в силу применения противогололедных средств ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ), так и вследствие оседания пыли от эксплуатации дорог и особенно мощного потока автотранспорта, где присутствуют не только продукты сгорания бензина, но и продукты амортизации самих машин и дорог

**Оборудование, материалы и реактивы:** весы; колбы на 200 и 100 мл, воронки, стеклянные палочки, бумажные фильтры, пробирки; 10% и 37%-ная соляная кислота, конц. азотная кислота, азотнокислое серебро, 20%-ный раствор хлористого бария, раствор дифениламина в серной кислоте, 4%-ный раствор щавелевокислого аммония.

#### **Ход работы:**

**1. Приготовление почвенной вытяжки.** Взвешивают 25г растертой и просеянной почвы. Переносят в коническую колбочку на 100 мл и заливают 50 мл дистиллированной воды предварительно удалив углекислый газ (см. работу №5). Взбалтывают 15 мин., затем 5 мин. отстаивают и фильтруют через воронку со складчатым фильтром, сливая раствор по стеклянной палочке, наливая каждый раз немного более чем до половины фильтра.

#### **2. Определение ионов хлора.**

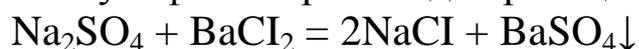
5 мл водной вытяжки, подкисляют азотной кислотой (1-2 капли) для разрушения бикарбонатов, прибавляют несколько капель

азотнокислого серебра, перемешивают. По характеру осадка AgCl судят о содержании ионов хлора.

Характеристика осадка	Содержание Cl <sup>-</sup>	
	мг на 100 мл вытяжки	г на 100 г почвы, %
Большой хлопьевидный	>10	Десятые доли
Сильная муть	5-10	Сотые доли
Опалесценция	1-0,1	Тысячные доли

### 3. Определение сульфат-иона

2 мл водной вытяжки отливают в пробирку, добавляют несколько капель концентрированной соляной кислоты и 1-2 мл раствора хлористого бария. Раствор в пробирке нагревают до кипения. При наличии сульфатов происходит реакция:

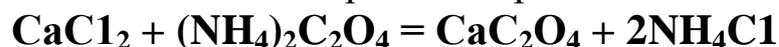


Сульфат бария выпадает в виде белого мелкокристаллического осадка.

Характеристика осадка	Содержание SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
	мг на 100 мл вытяжки	г на 100 г почвы, %
Большой, быстро оседающий на дно	50	Десятые доли
Муть, появляющаяся сразу	10-1	Сотые доли
Медленно появляющаяся, слабая муть	1-0,5	Тысячные доли

### 4. Определение кальция

3 мл фильтрата водной вытяжки наливают в пробирку, подкисляют 1-2 каплями 10%-ной соляной кислоты и добавляют 1,5-2 мл 4%-ного раствора щавелевокислого аммония (оксалата аммония). При наличии кальция протекает реакция:



Характеристика осадка	Содержание Ca <sup>2+</sup>	
	мг на 100мл вытяжки	г на 100г почвы, %
Большой, выпадающий сразу	50	Десятые доли
Муть, выделяющаяся при перемешивании	10-1	Сотые доли
Слабая муть, выделяющаяся при стоянии	1-0,1	Тысячные доли

### 5. Определение нитратов

В пробирку к 2 мл водной вытяжки добавляют по каплям раствор дифениламина в серной кислоте. При наличии нитратов раствор окрашивается в синий цвет.

## **Работа № 7. Определение свинца в смывах со стен и оборудования**

**Свинец** - токсичный материал, широко применяемый в промышленности. Интенсивное техногенное поступление свинца в среду обитания привело к увеличению его содержания в ней на 4 порядка. К числу наиболее важных техногенных источников свинца относятся выбросы продуктов, образующихся при высокотемпературных технологических процессах, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, сточные воды, добыча и переработка металла. Так свинец выделяется в воздух рабочего помещения в процессах пайки, распространенных в любом сварочно-монтажном производстве, при котором используются оловяно-свинцовые сплавы с содержанием свинца 40-61 %. При конденсации пары свинца сорбируются на стенах помещения и на оборудовании.

Свинец способен накапливаться в организме человека, вызывая нарушение работы сердечно-сосудистой системы, нервной, эндокринной, желудочно-кишечной и других систем.

Метод определения основан на измерении степени помутнения раствора, образующегося при взаимодействии иона свинца с хроматом калия. Чувствительность определения – 5 мкг свинца в анализируемом объеме раствора. Предельно допустимая концентрация свинца в смывах не установлена.

**Оборудование, материалы и реактивы:** шаблон для отбора проб; флакончики емкостью 15 мл с резиновыми крышками; колбы мерные; пипетки емкостью 1, 5, 10 мл с делениями; цилиндры емкостью 10, 50, 100, 500 мл; пробирки колориметрические 15 мм; калий хромовокислый, свинец азотнокислый, уксусная кислота; *стандартный раствор № 1* с содержанием свинца 1 мг/мл готовят растворением 0,1598 г нитрата свинца в 100 мл дистиллированной воды. Раствор устойчив в течение года. *Стандартный раствор № 2*, содержащий 100 мкг/мл свинца готовят разбавлением стандартного раствора № 1 в 10 раз 2%-ной уксусной кислотой; смыв со стен и оборудования.

**Ход работы:** Ватным тампоном, смоченным 2%-ным раствором уксусной кислоты, по приложенному шаблону произвести смыв с поверхности площадью 100 см<sup>2</sup>. Тампон поместить во флакончик, залить 10 мл 2%-ной уксусной кислоты, закрыть резиновой крышкой и хорошо встряхнуть. Оставить стоять на 3-4 часа. Для анализа берется весь раствор или его часть. Пробу фильтруют через

бумажный фильтр. К 5 мл фильтрата приливают 0,1 мл 5%-ного раствора хромата калия, перемешивают. Через 15-20 мин сравнивают визуально степень помутнения пробы со шкалой (на черном фоне).

**Приготовление растворов шкалы для определения концентрации свинца.**

№ стандарта	Стандартный раствор № 2, мл	2%-ый раствор уксусн. кислоты, мл	Содержание свинца, мкг
1	0,05	4,95	5
2	0,10	4,90	10
3	0,15	4,85	15
4	0,20	4,80	20
5	0,40	4,60	40
6	0,60	4,40	60
7	0,80	4,20	80
8	1,00	4,00	100

## 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, т. к. 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 которой 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 № 8. 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:

$$m = \frac{P}{S} \text{ мг/см}^2, \text{ где:}$$

$m$  - масса пыли на 1 см<sup>2</sup> 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, 16, 17)

**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 № 9. 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.

**Почву по содержанию гумуса и цвету можно условно разделить на следующие категории по плодородию**

Окраска почв	Содержание гумуса, %	Категории
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 расколоть 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 № 10. 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).

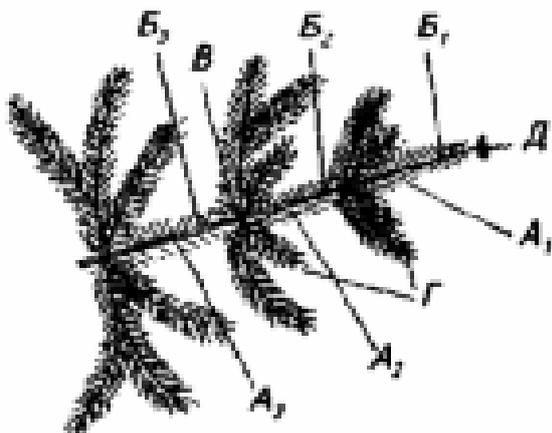
**Оборудование, реактивы, материалы:** весы, разновесы, линейки, лупы с увеличением в 4-10 раз, миллиметровка, термостат, ветви одного вида хвойных, произрастающего в городских посадках или в зоне влияния металлургических предприятий, ТЭС и др.; ветви, взятые в относительно чистой зоне загородных территорий.

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



**Рис. 1.** Части ветви хвойного дерева, служащие биоиндикаторами: А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, А<sub>3</sub> - осевые побеги первого, второго и третьего года; В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub> - хвоя первого, второго и третьего года; В - мутовка; Г - боковые побеги; Д -

высушивают в термостате до

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

абсолютно-сухого состояния и

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	Некрозы	
						%	характ ер

### Схема записи результатов измерений побегов и почек

Место взятия образца	Побеги			Почки		
	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 № 11. 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.

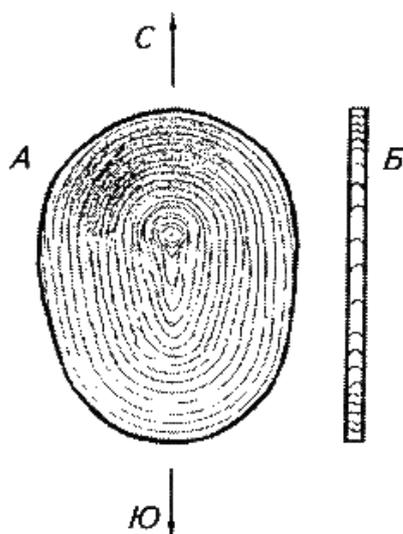
Годичные кольца нарастают каждый вегетационный период в результате периодической деятельности камбия и состоят из двух частей: ранней древесины (более светлая, откладывается в первую половину вегетации) и поздней (более темная, откладывается во вторую половину вегетации). В ранней древесине больше водопроводящих 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 годовыми кольцами, взятые приростным буравом (керны) от внешних слоев до внутренних. Использование приростного бурава особенно желательно, т.к. это исключает гибель и порчу деревьев при большом количестве материала и обеспечивает достаточную повторяемость. 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 спилов (отполированные и покрытые лаком), так как заготовка спилов в естественных условиях требует специального разрешения лесных организаций, особенно в пределах зеленых зон городов.



**Рис. 2.** Расположение и размеры годовых колец: А – круговой спил древесины, Б – керн, взятый приростным буравом.

В северных условиях и в средней полосе годовые 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 годовых колец в мм. Полученная кривая отражает изменения годового прироста по конкретным годам и выявляет аномалии этого процесса, обусловленные экологическими факторами.

## Работа № 12. 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, 10 x 10 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. приложение 4).

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:

Признаки	Деревья									
	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 № 13. 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, т.к. 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 (см. приложение 5):

- Зимний покой (I). Он начинается осенью, когда у всех листьев изменилась летняя окраска и сформировались почки.
- Начало весеннего сокодвижения (II). После прокола коры в эту фазу появляются капельки сока.
- Набухание почек (III). Почки заметно увеличиваются в размерах, кроющие чешуйки расходятся.
- Распускание почек (IV). В это время появляются кончики первых листьев или хвоинок.
- Развертывание листьев (V). Появляются маленькие светлоокрашенные листочки.
- Рост побегов (VI). У сосны — до появления хвоинок; у березы, ольхи, лиственницы — после появления первых листьев; у липы, тополя — после прироста листьев.
- Летняя вегетация (VII). Листья приобретают характерную для летнего периода окраску и размер.
- Осеннее расцветивание листьев (VIII). 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.
- Осеннее опадание листьев (IX). Обычно начинается одновременно с расцветиванием листьев. У тополевых и ольховых — со времени опадания первых зеленых листьев.

- Бутонизация (X). Распознается при появлении первых признаков бутонов (яблоня, слива, черемуха) или разрыхлении сережек (ольха, береза).
- Цветение (XI). Признак начала фазы - раскрытие кончиков у первых появившихся цветков (клен, боярышник, яблоня) или высыпание пыльцы (ольха, береза, ель, сосна).
- Созревание плодов (XII). Начинается со времени достижения плодами размеров, характерных для их зрелого состояния.
- Рассеивание плодов (XIII). 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.

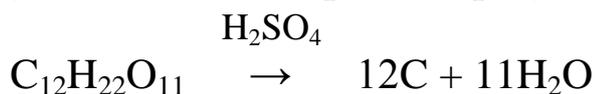
3. Наличие некрозов (отмирание ограниченных участков ткани), их процент по сравнению с общей поверхностью листьев. Различают точечные, пятнистые, межжилковые, краевые и верхушечные некрозы (рис. 3). Часто наибольший процент пораженной ткани наблюдается непосредственно у жилок листа, ближе к черешку.



**Рис 3.** Некрозы листьев. Описание в тексте.

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. Сбор энтомовредителей в морилку.

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

Состояние зеленых насаждений оцените согласно разделу II. Дополнительно собирать 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, охарактеризовать повреждения разных пород деревьев и выяснить степень устойчивости пород к загрязнению окружающей среды.

#### **Работа № 14. 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, т.к. 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:

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

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 (А) и ширину (В) 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 № 15. 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, т. к. 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, т. к. 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 ( $P_{л}$ ). Определяют площадь листа ( $S_{л}$ ):

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

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

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

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

## **Работа № 16. 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 работ:**

#### **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

$$A_{\text{ф}} = 100 - (D_{\text{х}}/D_{\text{к}}) * 100, \text{ где:}$$

$A_{\text{ф}}$  - фитотоксическая активность ингибирования, %;

$D_{\text{х}}$  - средняя длина корней на опытном варианте, мм;

$D_{\text{к}}$  - средняя длина корней на контроле, мм.

Сравнить результаты биотестирования почвы после применения инсектицида и фунгицида.

#### **Работа № 17. 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 свежеснеживший снег.

600 мл осадков (в 3-х 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°C - +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 процентов. 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 № 18. Метод биотестирования качества природных и сточных вод с ряской (*Lemna minor* L.) и элодеей (*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 взятые 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. Однако эти определения являются ориентировочными. Если же необходимо определить минимальное

разбавление воды или максимальную концентрацию токсических веществ, при которых не будет вредного влияния на гидробионтов, надо проводить испытания с несколькими тестами в течение длительного срока (месяца и более).

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.

## **Работа № 19. Проведение фенологических наблюдений. Построение феноспектров и их анализ.**

**Фенологические наблюдения** - это основа всех экологических прогнозов. Так, изменение микроклимата в городской экосистеме сразу же скажется на сроках схода снега, прилета птиц или их зимовки, на изменении видового и популяционного состава городских животных, на распускании листьев деревьев, ходе вегетации, сроках цветения ряда видов и т. д. Изменение феноритмов у растений - интегральный индикационный показатель.

Под влиянием неблагоприятных изменений абиотических, биотических и антропогенных факторов среды у растений в пределах генетически обусловленной нормы реакции происходит смещение фенофаз, иногда - накладка одной фенофазы на другую, выпадение фенофаз. Так, например, при сильном суховее пшеница, посеянная на полях с полевзащитными полосами оптимальной конструкции, будет проходить последовательно все фенофазы вплоть до формирования полноценных семян. А на полях без защитных полос может быть сокращение сроков прохождения фенофаз, их неполное протекание и в результате - формирование щуплого зерна и его раннее осыпание.

При сильном воздействии антропогенных факторов среды у древесных видов появляются пигментные пятна, хлоротические и некротические изменения и повреждения листьев и плодов, раннее опадание листовой пластинки без полного ее расцветивания и главное - сокращение вегетационного периода, иногда на 1-1,5 месяцев.

В условиях городских экосистем Черноземья при большой нагрузке улиц автотранспортом наиболее сильно на антропогенные воздействия реагируют такие древесные породы, как каштан конский, все виды липы, клен остролистный, ель обыкновенная и сосна обыкновенная. Они могут служить биоиндикаторами, хотя на ряд антропогенных факторов реагируют в той или иной степени все виды. Для получения достоверного результата необходима комплексная оценка по ряду признаков у разных видов при большой выборке.

Различают следующие фенофазы растений:

I. У травянистых злаковых: всходы, кущение, выход в трубку, образование листьев, цветение, начало созревания плодов, полное их созревание, начало рассеивания плодов и семян.

II. У древесных растений (см. приложение 5):

1. Зимний покой (I). Начинается тогда, когда осенью почти у всех листьев изменилась окраска, характерная для летнего состояния, сформировалась почка. Различают стадии покоя: предпокой, глубокий покой, вынужденный покой.

2. Начало весеннего сокодвижения - «весенний плач». Признаком начала фазы является появление капелек сока после прокола коры.

3. Набухание почек (II). Наступает тогда, когда почки заметно увеличиваются в размерах, кроющие чешуйки расходятся.

4. Распускание почек (III). Появляются кончики самых первых листьев (хвоинок), опадают почечные чешуи.

5. Развертывание листьев (IV). Появляются первые листочки, которые могут быть еще очень маленькими, иметь складчатую поверхность, светло-зеленую окраску.

6. Рост побегов (V). У одних видов (сосна) начинается до появления листьев - хвоинок, у других (тополь, липа) во время роста листьев, у третьих (ольха, береза, лиственница) после появления первых листьев.

7. Летняя вегетация (VI). Начинается тогда, когда первые по времени появления листья приобретут характерные для их летнего состояния размеры и окраску.

8. Осеннее расцветивание листьев (VII). Начинается со времени появления первых по-осеннему окрашенных листьев. Часто первым признаком фазы служит появление в кронах деревьев отдельных веток с полностью пожелтевшими листьями. У вечнозеленых растений фаза характеризуется отмиранием самых старых листьев (хвои).

9. Осеннее опадение листьев (VIII). Обычно начинается одновременно с расцветиванием листьев. У растений из рода ольховых, тополевых - со времени опадения первых зеленых листьев.

Различают также репродуктивные фазы, которые можно показать и на отдельном феноспектре. У древесных растений они следующие.

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

2. Цветение (X). Признак начала фазы - раскрытие кончиков у первых появившихся цветков (клен, боярышник, яблоня) или высыпание пыльцы (ольха, береза, ель, сосна).

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

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

Наиболее информативным суммарным признаком влияния антропогенных или других (абиотических и биотических) факторов среды является длина вегетационного периода. За начало вегетационного периода в метеорологии условно принимается момент, когда среднесуточная температура воздуха превышает  $+5^{\circ}\text{C}$ . При этом надо различать место проведения наблюдений. Так, в Сибири, при сильном промерзании почвы в зимний период, весной, даже при среднесуточной температуре воздуха, превышающей  $+5^{\circ}\text{C}$ , вегетация у растений часто не наблюдается. В районах же с непромерзающей почвой (Ставропольский, Краснодарский края) весной при температуре воздуха выше нуля может начаться вегетация у некоторых растений.

Биологи за начало вегетации у растений принимают первые признаки набухания почек, реже - появление кончиков листьев. Другие ученые за начало вегетации принимают те весенние изменения в растениях, при которых обязательно поступление воды. У многих растений таким признаком может считаться наступление набухания почек, т. е. времени очень заметного и почти беспрерывного роста.

У вечнозеленых растений, помимо восстановления тургора (если он был утрачен), очень хорошим признаком начала вегетации следует считать ясно отмечаемое приобретение листьями багульника, брусники и хвоей можжевельника, сосны, ели типичной для лета темной окраски. В лесах начало весеннего плача у березы, клена является первым признаком начала вегетации. Таким же информативным признаком является разворачивание первых листьев у весенних эфемероидов.

За конец вегетации метеорологи принимают образование снежного покрова. Многие исследователи концом вегетации считают опадение листьев у древесных пород. Другие принимают за конец вегетации у летнезеленого растения момент, когда заканчивается фаза осеннего расцветивания листьев, т. е. фактически - разрушение хлорофилла и окончание фотосинтеза. У вечнозеленых растений за окончание периода вегетации считается правильным отмечать ту

дату, когда начнется изменение летней окраски листьев или хвои (частичное разрушение хлорофилла).

Индикаторами осенних заморозков служат сельхозкультуры: картофель, помидоры, огурцы, на юге - хлопчатник, а также декоративные виды - георгины, бархатцы, на юге - канны. Отмечаются для каждого вида первые повреждения и полная гибель растений от данного вида заморозков.

Фенологические наблюдения за индикационными объектами проводятся или на отдельных модельных экземплярах (при этом обычно затруднен выбор средней модели), либо на всей популяцией или группе особей. Следует отметить, что все весенние фенофазы проходят в более короткие сроки по сравнению с осенними. Так, фазы облиствения и зацветания обычно проходят довольно дружно и завершаются за 9-11 суток и менее, а фазы расцветивания листьев, осеннего их опадения, созревания плодов могут быть растянуты на 1 - 1,5 месяца. Примерно такую же разницу наблюдали и мы, сравнивая прохождение фенофаз у одних и тех же видов в условиях уличных посадок городской экосистемы по сравнению с более чистой зоной загородных территорий.

Вполне очевидно, что попытка характеризовать осеннее пожелтение листвы по случайно выбранному модельному дереву обречена на неудачу. В ряде руководств за начало фазы рекомендуется принимать день, когда в фазу вступило 5-10% состава популяции, а за начало массового прохождения фенофазы принято считать момент, когда в фазу вступило не менее 40-50% состава взятой под наблюдение популяции.

**Оборудование и материалы:** миллиметровая бумага; линейки; цветные карандаши или фломастеры; гербарные образцы листьев покрытосеменных древесных растений различной степени желтизны с хлорозами и некрозами, растущие побеги, побеги с заложившимися почками; разработанный образец построения феноспектров для одних и тех же видов, произрастающих в резко различающихся экологических условиях; разработанное задание для студентов.

**Ход работы:** Лист миллиметровой бумаги размером 20x30 см делят пополам линией по более длинной стороне. Линия делится на равные отрезки, обозначающие 12 месяцев (или 6-7 месяцев вегетации); каждый месяц делится на декады. Подекадно наносят на том же листе графики: в виде столбиков осадки и ломаной линией - температуру воздуха. Эти данные необходимы для объяснения

характера прохождения фенофаз в зависимости от климатических или микроклиматических условий (например, год влажный или засушливый). В случае одинаковых абиотических факторов и различий только в антропогенном влиянии показатели температуры и осадков можно опустить.

Выбирают условные обозначения для отдельных фенофаз, согласно легенде и заданию строят график, называемый феноспектром (см. приложение 6). Т.к. каждая фенофаза постепенно переходит в другую фенофазу, линии раздела между фенофазами наклонные (это означает, что растения переходят из одной фазы в другую не все одновременно). Удлинение сроков тех или иных фенофаз возможно из-за изменения экологических условий: например, переувлажнения почвы в зимний период, большого количества осадков на фоне длительного теплого лета и др. Сокращение фенофаз наблюдается в случае стрессовых условий: внезапный легкий заморозок или суховей, внезапные аварийные выбросы предприятий. В этих случаях переход одной фенофазы в другую может быть резким.

**Задание:**

1. Построить и объяснить феноспектры для одной и той же древесной породы при ее произрастании в различных районах (см. приложение 7).

2. Нанести на феноспектр длину вегетационного периода древесных пород в резко различающихся условиях среды.

3. Дать предположительное объяснение изменения феноритмов при произрастании древесных пород в разных экологических условиях и возможности использования этого интегрального показателя как весьма информативного биоиндикатора

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

---

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

в проточных мезокосмах //Биология внутренних вод: Информ. бюл. - Спб., 1992. - № 91. - С. 36.

19. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. - М.: Гидрометеиздат, 1984. - 560 с.

20. Клейн Р. М., Клейн Д. Т. Методы исследования растений. - М.: Колос, 1974.-526с.

21. Ковальский В. В. Геохимическая экология. - М.: Наука, 1974. - 271с.

22. Коростелев П. П. Лабораторная техника химического анализа. - М.: Химия, 1981.-311с.

23. Лесная энциклопедия: В 2-х т. - М.: Сов. энциклопедия, 1986. - Т. 1-2.-631 с.

24. Методика инспекторского контроля за выбросами загрязняющих веществ с отработанными газами двигателей автотранспортных средств / ГГО им. Воейкова А. И. - Л., 1987. - 76 с.

25. Методы биотестирования качества водной среды / Под ред. О.Ф. Филенко. - М.: МГУ, 1989. - 106 с.

26. Методы определения вредных веществ в воздухе / Под ред. М. С. Бы-ховского, 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., Прохорова Е. К. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе. - М.: Химия, 1988. - 320 с.

29. Мэннинг У.Дж., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. - М: Гидрометеиздат. Моск. отделение, 1985. - 143 с.

30. Наплекова Н.Н., Коробова Л.Н., Тепляков Б.И. Экология и охрана природы. – Новосибирск, 2000. – 215с.

31. Наука об окружающей среде / Пер. с англ. Б. Небел.: В 2-х т. - М.: Мир, 1993. - Т. 1-2.

32. Небел Б. Наука об окружающей среде: В 2-х т. - М.: Мир, 1993. - Т. 1-2. В 2-х т.-420с.

33. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. - Новосибирск: Наука, 1979. - 278 с.

34. Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н. Методы исследования качества воды водоемов. - М., Медицина, 1990. - 399 с.

35. Одум Ю. Экология: Пер. с англ.: В 2-х т. - М.: Мир, 1986. - Т.1-2.

36. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. - Киев, 1976.-С. 5-10.
37. Практикум по агрохимии / Под ред. Минеева В. Г. - М: Изд-во МГУ, 1989. - 303 с.
38. Практикум по почвоведению / Под ред. И. С. Кауричева. - М.: Колос, 1980. - 271 с.
39. Практикум по физиологии растений / Под ред. И. И. Гунара. - М., 1972. - С. 88-92.
40. Промышленная ботаника / Под ред. Е. Н. Кондратюка. - Киев: Наукова думка, 1980. - 260 с.
41. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. - Л: Гидрометеиздат, 1981. - 540 с.
42. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания: В 4 кн. Кн. 2: Загрязнение воды и воздуха. - М: Мир, 1995. -296 с.
43. Реймерс Н. Ф. Природопользование (словарь-справочник). - М.: Мысль, 1990. - 638 с.
44. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны / Муравьева С. И., Буковский М. И., Прохорова Е. К. и др. - М.: Химия, 1991. - 367 с.
45. Скурлатов Ю. И., Дука Г. Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. - М.: Высш. шк., 1994. - 399 с.
46. Смит У. Х. Лес и атмосфера: Пер. с англ. - М.: Прогресс, 1985. - 428с.
47. Справочник «Общесоюзные нормативы для таксации лесов». - М.: Колос, 1982. - 695 с.
48. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. - Воронеж: ВГУ, 1997. - 305 с.
49. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. - 288с.
50. Харборн Дж. Введение в экологическую химию. Пер. с англ. - М., 1985.-С. 47-81.
51. Химия окружающей среды: Пер. с англ. / Под ред. Бокриса Дж. О. М. - М.: Химия, 1982. - 671 с.
52. Чернышев В.Д. Принципы адаптации живых организмов (экол. аспект). - Владивосток: Дальнаука, 1996. - С.384.
53. Шаприцкий В. Н. Разработка нормативов ПДВ для защиты атмосферы. Справочник. - М.: Металлургия, 1990. - 415 с.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

---

**Приложение 1**

**Образец оформления отчета**

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Красноярский государственный аграрный университет»**

**Институт агроэкологических технологий  
Кафедра Ландшафтная архитектура, ботаника, агроэкология**

**ОТЧЕТ  
по учебной практике  
по методам экологических исследований**

Выполнил:

Проверил:

**Красноярск – 20 \_г.**

## Приложение 2

### **Задачи для работы № 2. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта на участке магистральной улицы (по концентрации угарного газа).**

**1.** Магистральная улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольный уклон  $1^\circ$ ; скорость ветра 2 м/сек, относительная влажность воздуха – 60%, температура  $25^\circ\text{C}$ . Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях - 800 автомашин в час (N). Состав автотранспорта: 5% грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 5% со средней грузоподъемностью, 10% с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 10% автобусов и 70% легковых автомобилей.

**2.** Жилая улица с одноэтажной застройкой, продольный уклон  $2^\circ$ ; скорость ветра 4 м/сек, относительная влажность воздуха – 70%, температура  $28^\circ\text{C}$ . Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях - 400 автомашин в час (N). Состав автотранспорта: 5% грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 5% со средней грузоподъемностью, 5% с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 5% автобусов и 80% легковых автомобилей.

**3.** Дорога с односторонней застройкой, продольный уклон  $3^\circ$ ; скорость ветра 6 м/сек, относительная влажность воздуха – 60%, температура  $15^\circ\text{C}$ . Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях - 600 автомашин в час (N). Состав автотранспорта: 15% грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 20% со средней грузоподъемностью, 12% с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 3% автобусов и 50% легковых автомобилей.

**4.** Набережная, продольный уклон  $0,5^\circ$ ; скорость ветра 8 м/сек, относительная влажность воздуха – 85%, температура  $24^\circ\text{C}$ . Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях - 400 автомашин в час (N). Состав автотранспорта: 5% грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 5% со средней грузоподъемностью, 2% с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 3% автобусов и 85% легковых автомобилей.

### Приложение 3

#### **Задачи для работы № 3. Расчет условий рассеивания выбросов промышленных предприятий.**

**1.** Рассчитать приземную концентрацию пыли в точке, расположенной на расстоянии  $X = 500\text{м}$ ,  $1000\text{м}$ ,  $1500\text{м}$  и  $2000\text{м}$  от источника загрязнений и находящейся на ветровой оси, при следующих параметрах источника:  $H = 50\text{м}$ ,  $D = 0,6\text{м}$ ,  $V_1 = 4,24\text{м}^3/\text{с}$ ,  $W_0 = 10\text{м}/\text{с}$ ; температура газов  $T = 40^\circ\text{C}$ ;  $M = 40\text{г}/\text{с}$ ;  $F = 2$ .

Параметры района расположения источника:  $A = 180$ ; температура наружного воздуха  $T = 20^\circ\text{C}$ ;  $\eta = 1,2$

**2.** Рассчитать приземную концентрацию пыли в точке, расположенной на расстоянии  $X = 500\text{м}$ ,  $1000\text{м}$ ,  $1500\text{м}$  и  $2000\text{м}$  от источника загрязнений и находящейся на ветровой оси, при следующих параметрах источника:  $H = 100\text{м}$ ,  $D = 2\text{м}$ ,  $V_1 = 10,56\text{м}^3/\text{с}$ ,  $W_0 = 10\text{м}/\text{с}$ ; температура газов  $T = 40^\circ\text{C}$ ;  $M = 40\text{г}/\text{с}$ ;  $F = 2$ .

Параметры района расположения источника:  $A = 140$ ; температура наружного воздуха  $T = 25^\circ\text{C}$ ;  $\eta = 1,2$

**3.** Рассчитать приземную концентрацию пыли в точке, расположенной на расстоянии  $X = 1500\text{м}$  от источника загрязнений и находящейся на ветровой оси, при следующих параметрах источника:  $H = 80\text{м}$ ,  $D = 1\text{м}$ ,  $V_1 = 7,24\text{м}^3/\text{с}$ ,  $W_0 = 8\text{м}/\text{с}$ ; температура газов  $T = 30^\circ\text{C}$ ;  $M = 40\text{г}/\text{с}$ ;  $F = 2$ .

Параметры района расположения источника:  $A = 180$ ; температура наружного воздуха  $T = 15^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ,  $25^\circ\text{C}$ ,  $30^\circ\text{C}$ ;  $\eta = 1,2$

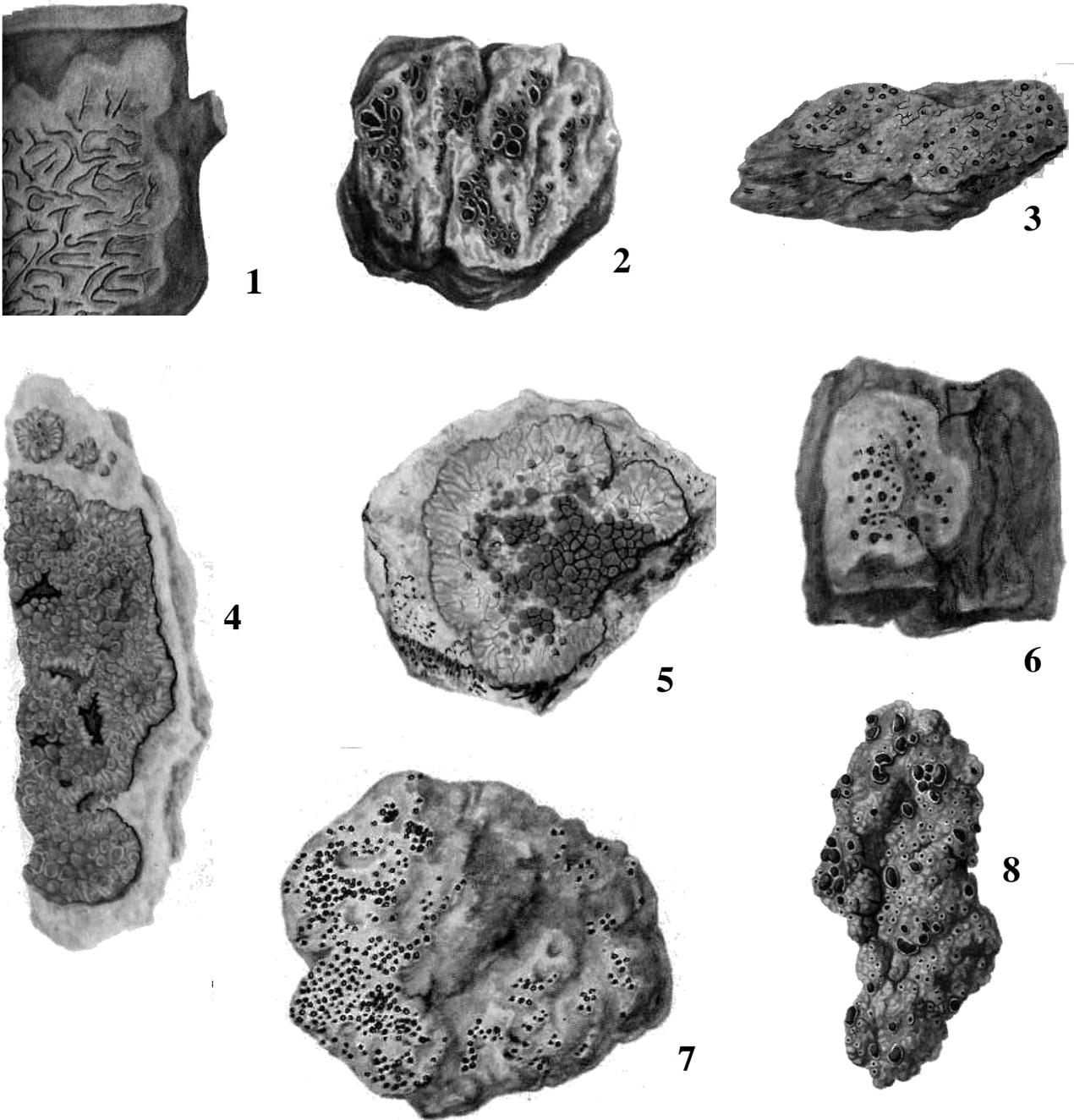
**4.** Рассчитать приземную концентрацию пыли в точке, расположенной на расстоянии  $X = 1000\text{м}$  от источника загрязнений и находящейся на ветровой оси, при следующих параметрах источника:  $H = 150\text{м}$ ,  $D = 5\text{м}$ ,  $V_1 = 55,24\text{м}^3/\text{с}$ ,  $W_0 = 15\text{м}/\text{с}$ ; температура газов  $T = 30^\circ\text{C}$ ;  $M = 30\text{г}/\text{с}$ ;  $F = 2$ .

Параметры района расположения источника:  $A = 140$ ; температура наружного воздуха  $T = 15^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ,  $25^\circ\text{C}$ ,  $30^\circ\text{C}$ ;  $\eta = 1,2$

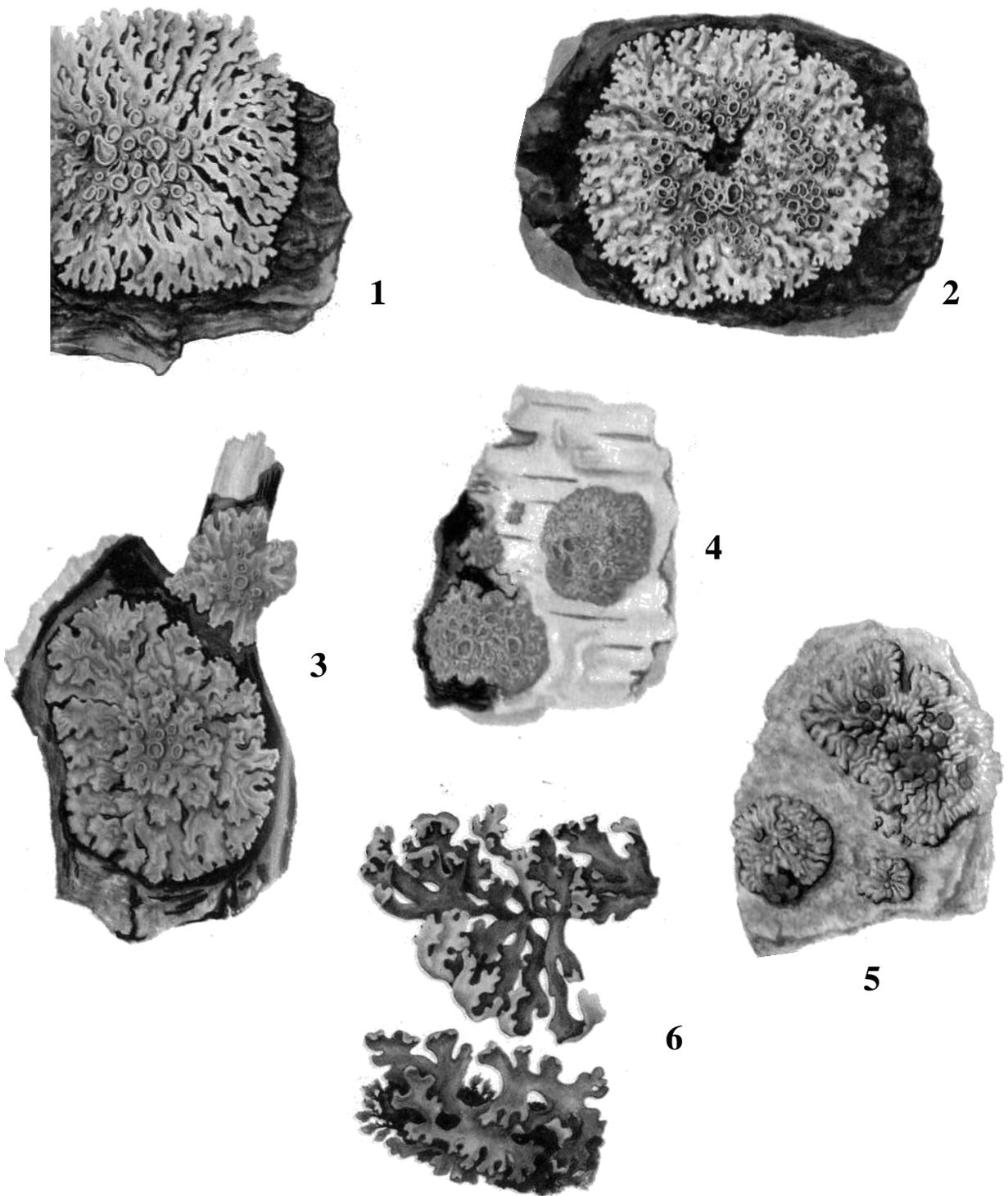
**5.** Рассчитать приземную концентрацию пыли в точке, расположенной на расстоянии  $X = 500\text{м}$ ,  $1000\text{м}$ ,  $1500\text{м}$  и  $2000\text{м}$  от источника загрязнений и находящейся на ветровой оси, при следующих параметрах источника:  $H = 150\text{м}$ ,  $D = 5\text{м}$ ,  $V_1 = 55,24\text{м}^3/\text{с}$ ,  $W_0 = 15\text{м}/\text{с}$ ; температура газов  $T = 30^\circ\text{C}$ ;  $M = 30\text{г}/\text{с}$ ;  $F = 2$ .

Параметры района расположения источника:  $A = 180$ ; температура наружного воздуха  $T = 25^\circ\text{C}$ ;  $\eta = 1,2$

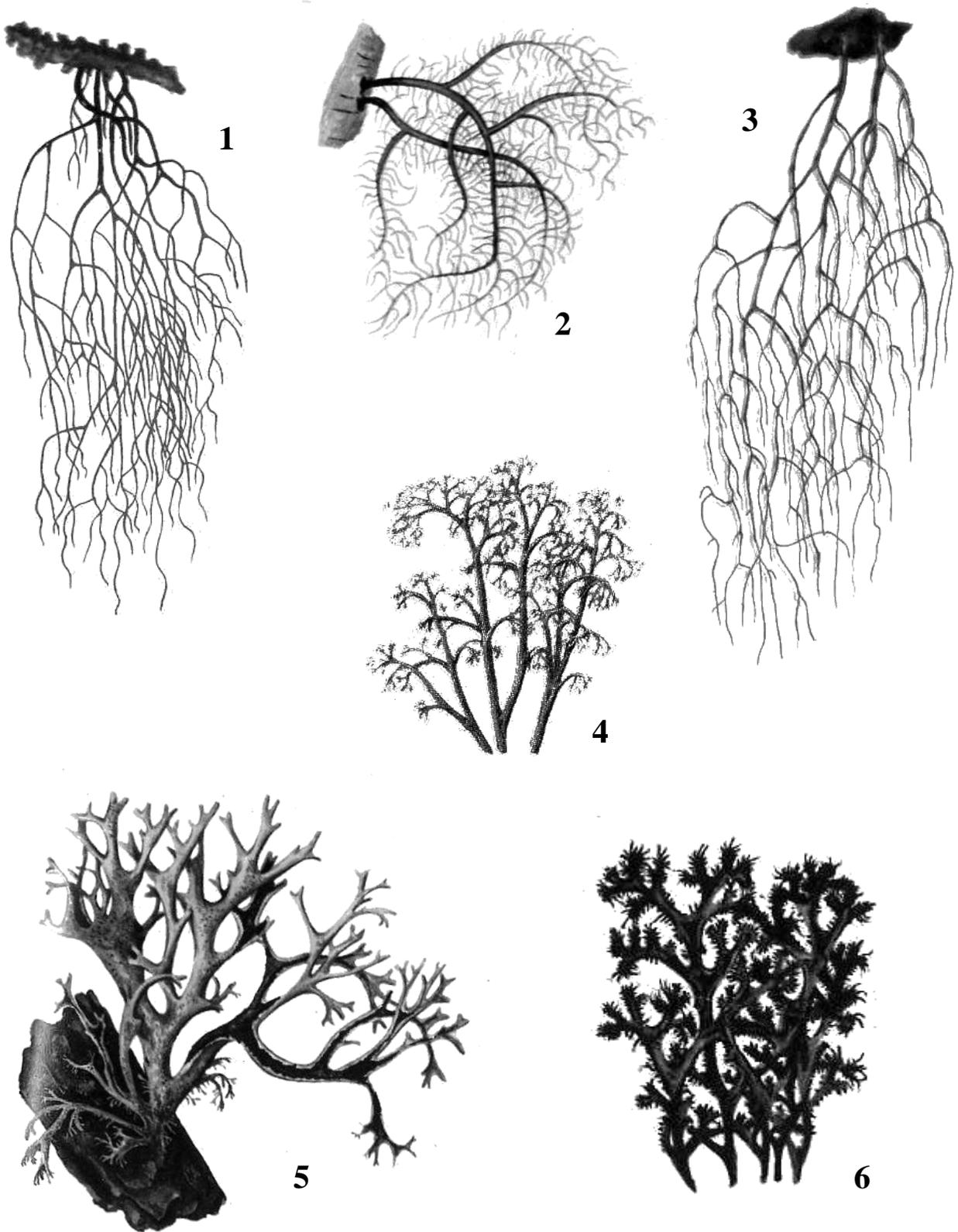
ТИПЫ ТАЛЛОМОВ ЛИШАЙНИКОВ



**Рис. 4.** Накипные лишайники: 1 - графис письменный, 2 - леканора разнообразная, 3 - лецидея соредиозная, 4 - калоплака стенная, 5 - калоплака оранжевая, 6 - лецидея скученная, 7 - лецидея погруженная, 8 - гематома ветровая



**Рис. 5.** Листовые лишайники: 1 - фисция аиполя, 2 фисция припудренная, 3 - ксантория настенная, 4 - ксантория многоплодная, 5 - гаспариния обманчивая, 6 - кладония листовая



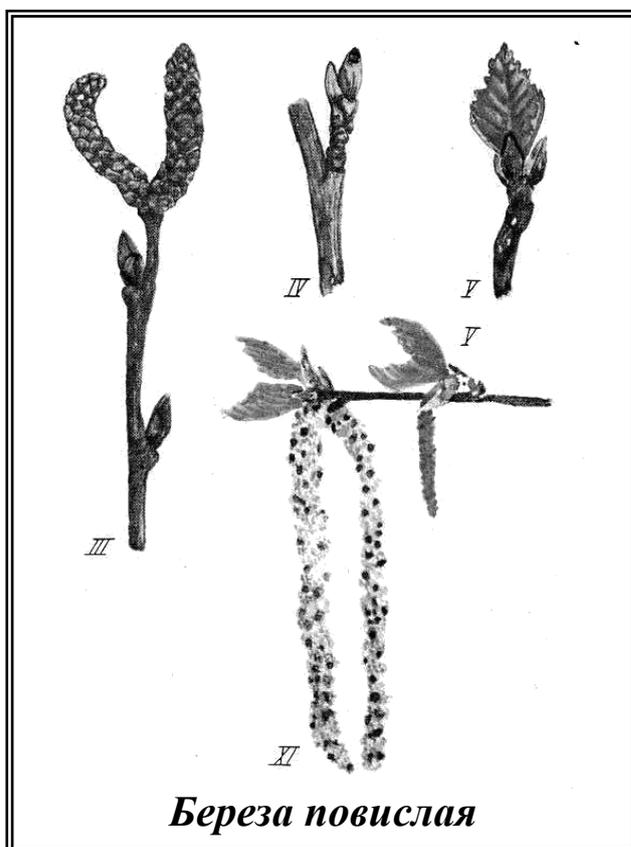
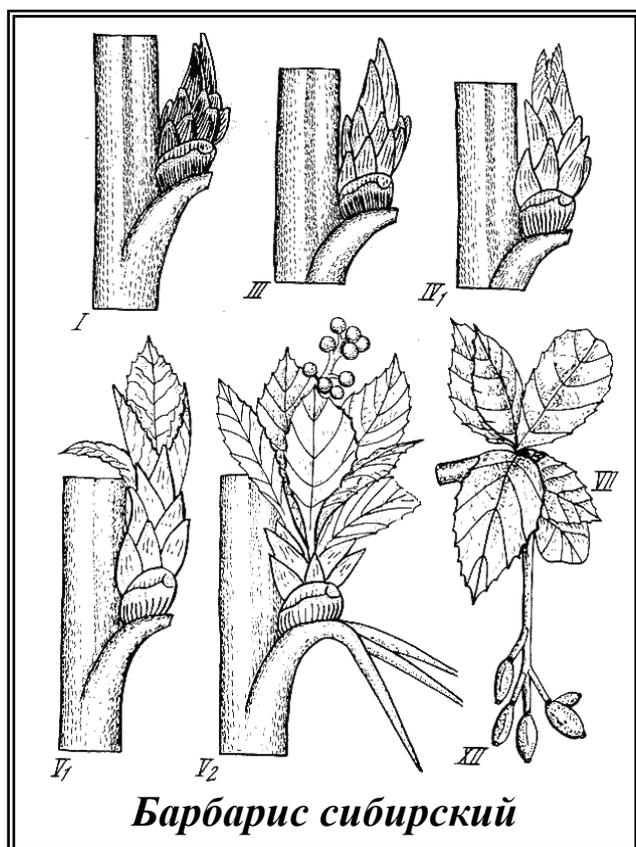
**Рис. 6.** Кустистые лишайники: 1 - алектория гривистая, 2 - уснея хохлатая, 3 - рамалина волосовидная, 4 - кладония лесная, 5 - эверния шелушащаяся, 6 - цетрария черноватая

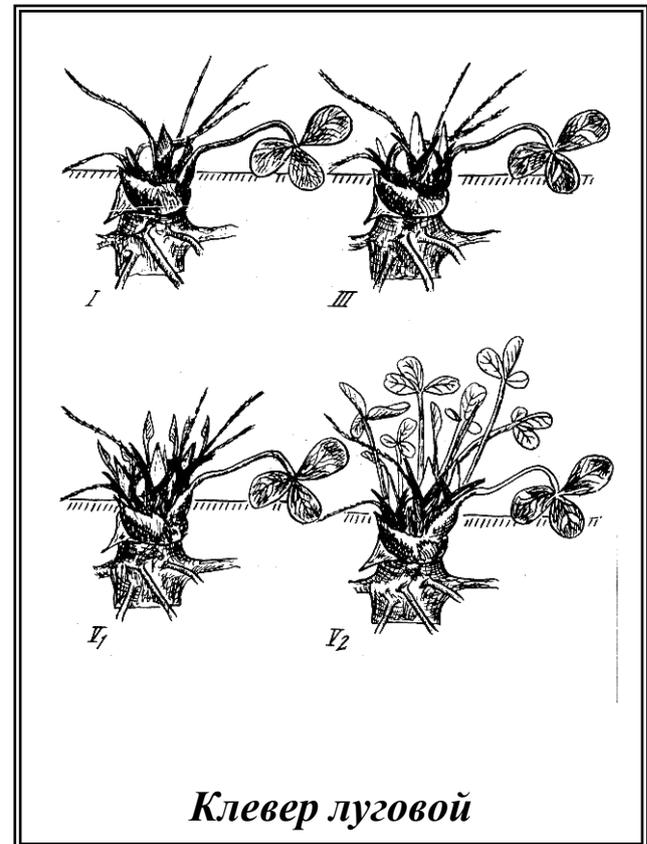
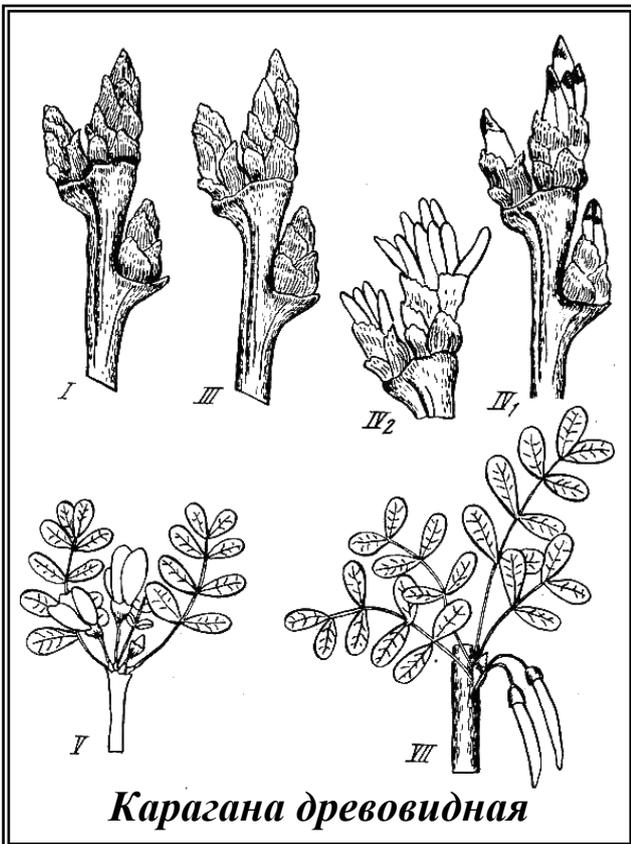
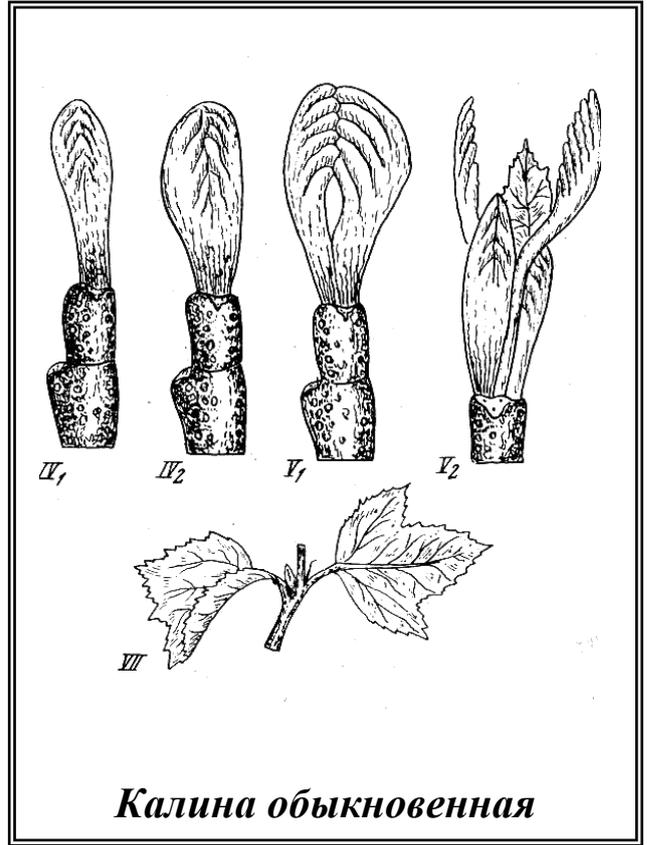
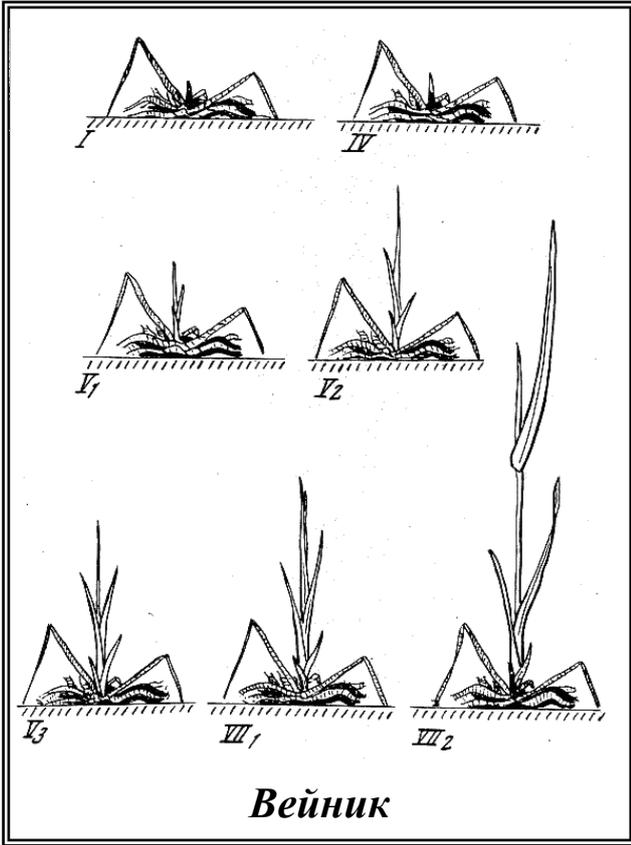
## ТАБЛИЦЫ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФАЗ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ

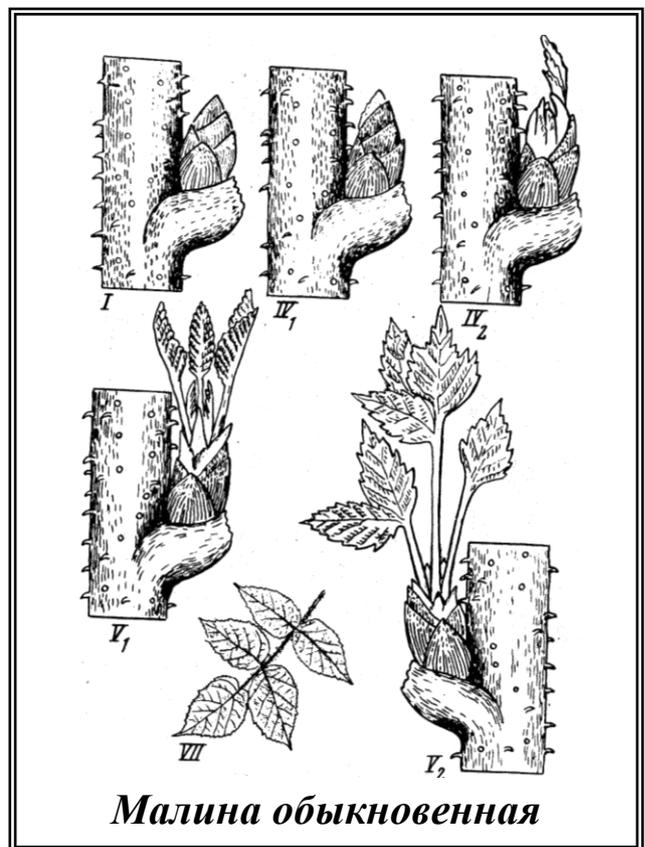
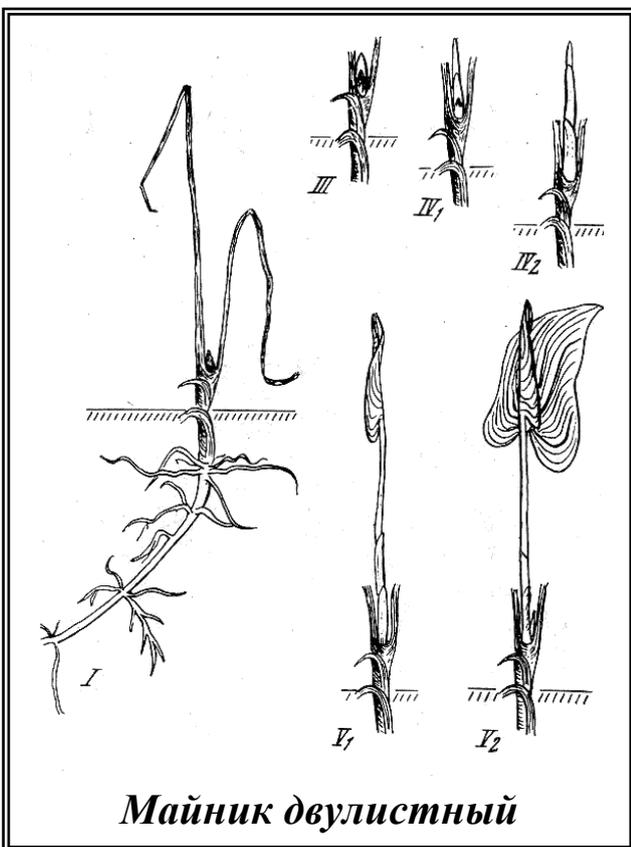
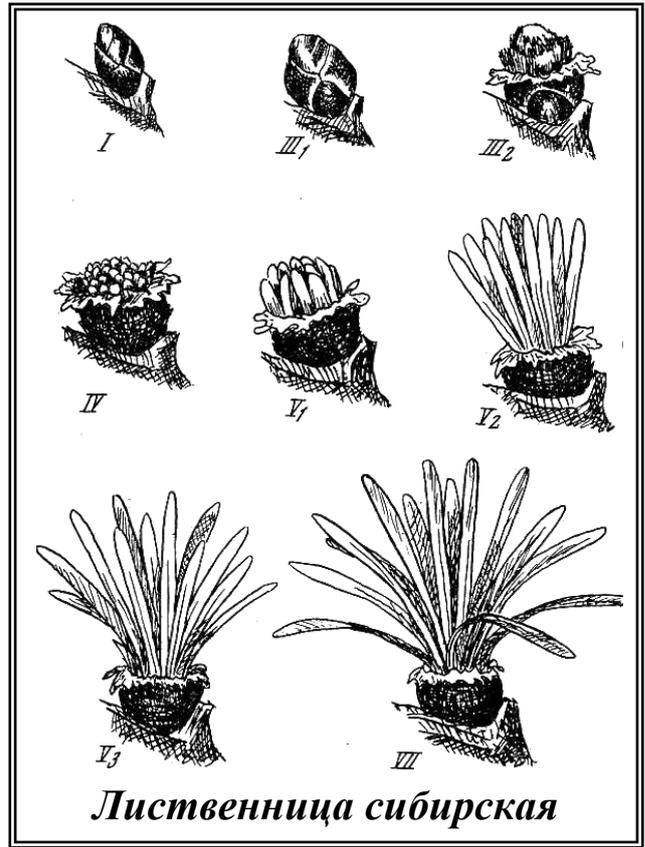
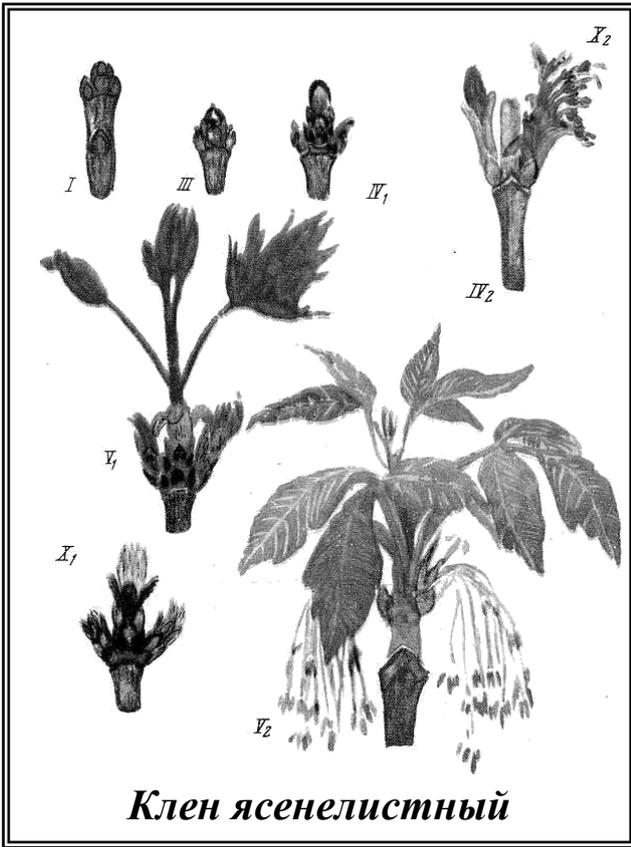
На приведенных ниже таблицах рисунки, означающие начало фенофаз, отмечены римской цифрой, более мелкие изменения в пределах фазы – арабской цифрой.

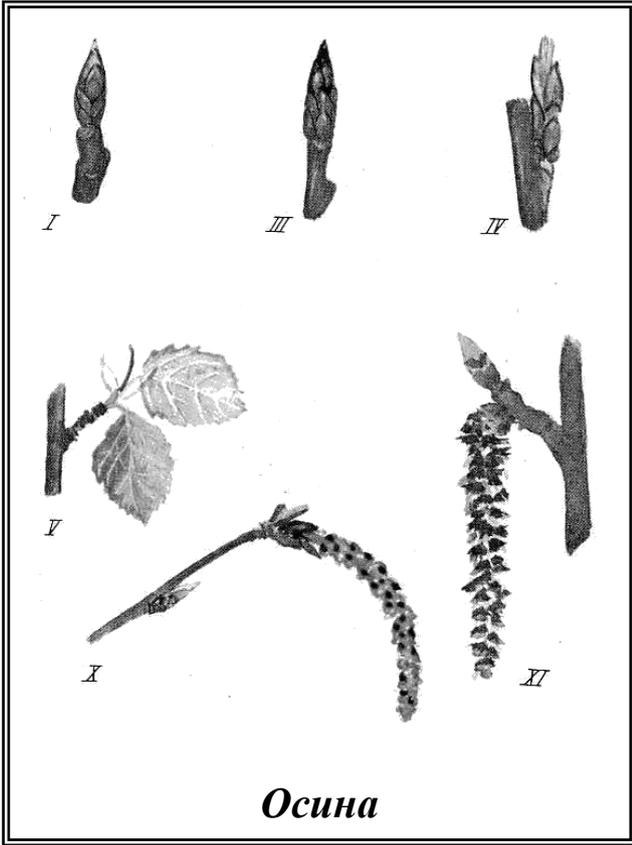
Фенофазы:

- I. Зимний покой
- II. Начало весеннего сокодвижения
- III. Набухание почек
- IV. Распускание почек
- V. Развертывание листьев
- VI. Рост побегов
- VII. Летняя вегетация
- VIII. Осеннее расцвечивание листьев
- IX. Осеннее опадание листьев
- X. Бутонизация
- XI. Цветение
- XII. Созревание плодов
- XIII. Рассеивание плодов

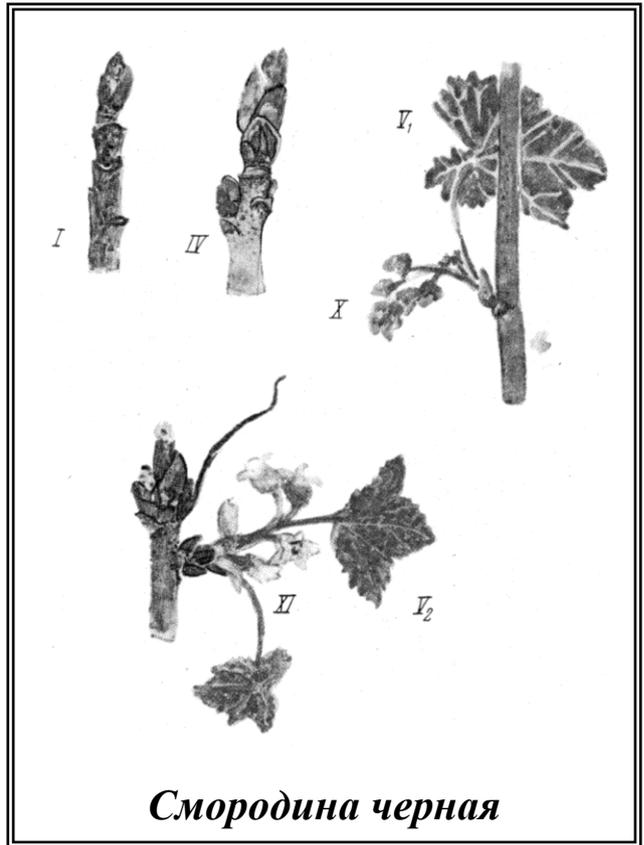




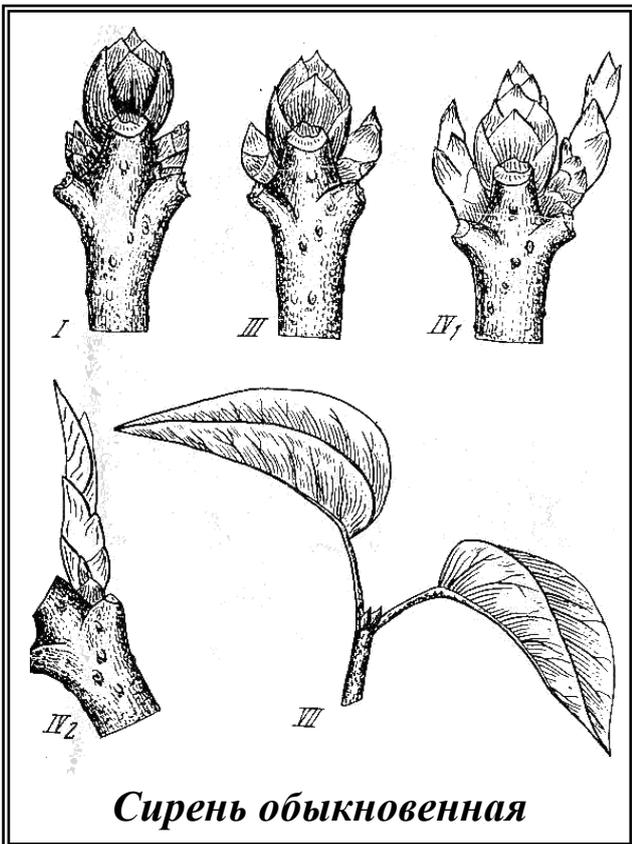




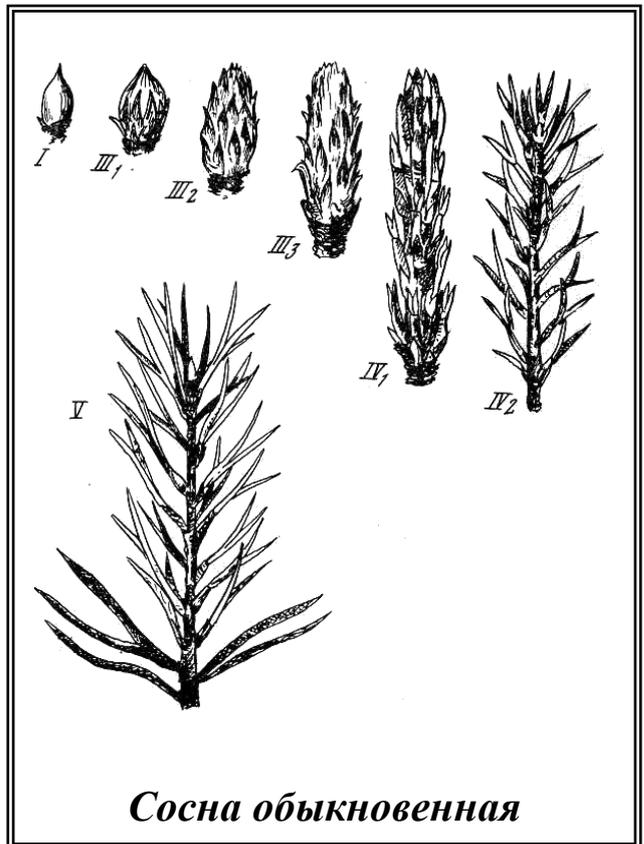
**Осина**



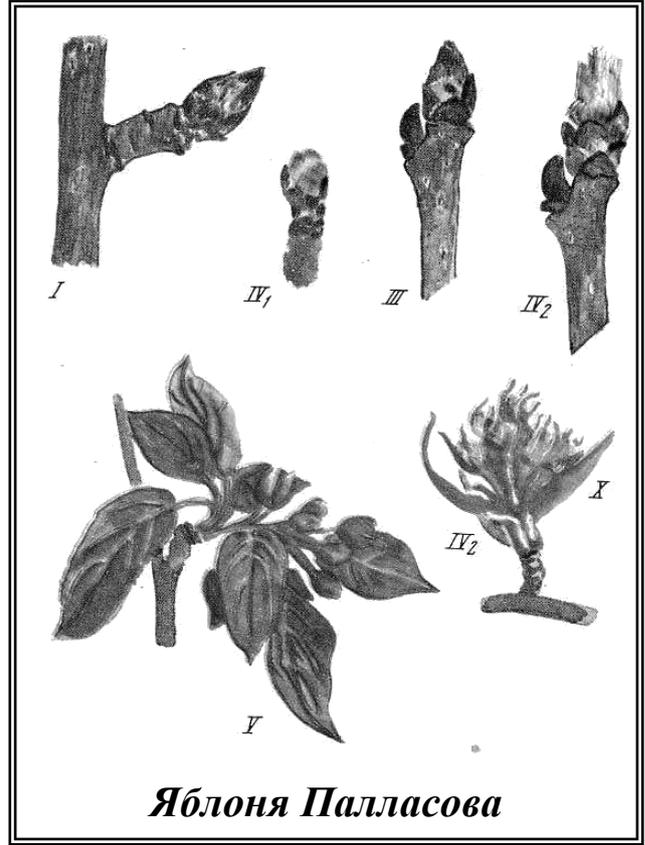
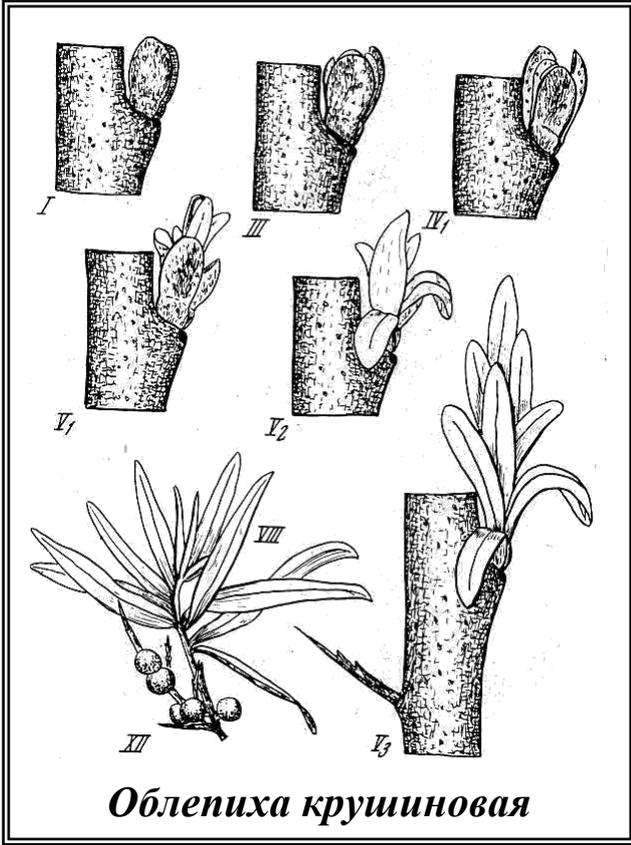
**Смородина черная**



**Сирень обыкновенная**

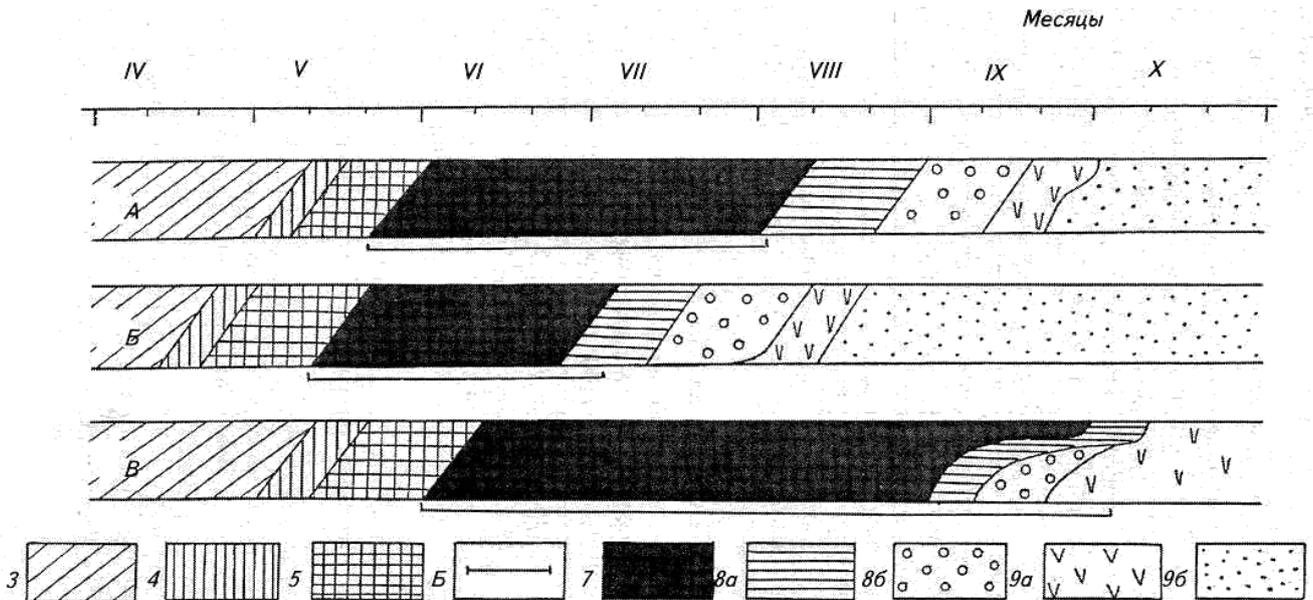


**Сосна обыкновенная**



## Приложение 6

Образец построения феноспектров (прохождение фенофаз) лиственниц разного географического происхождения в культурах в 60 км от г. Красноярска: А – лиственница сибирская южного происхождения, Б – лиственница сибирская северного происхождения, В – лиственница японская.



Фенофазы: 3 - набухание почек, 4 – появление первых кончиков хвоинок, 5 - разворачивание хвоинок, 6 - рост побегов, 7 - летняя вегетация, 8а – начало осеннего расцветивания хвои, 8б – полное расцветивание, 9а – начало осеннего листопада, 9б – полное опадение хвои.

## Приложение 7

Таблица 7

Сроки начала и окончания фенофаз у древесных видов в разных экологических условиях

№ фенофазы	Название фенофазы	Сроки прохождения фенофаз					
		каштан		липа		осина	
		Вблизи водохранилища	Центральные улицы	Загородный парк	Центральные улицы	Загородный парк	Центральные улицы
3	Начало набухания почек	10.04-30.04	30.03-10.04	10.04-25.04	5.04-10.04	25.04 – 15.05	15.04 – 05.05
4	Начало облиствения	30.04-5.05	10.04-20.04	25.04-5.05	10.04-20.04	15.05 – 20.05	05.05 – 10.05
5	Развертывание листьев	5.05-20.05	20.04-15.05	5.05-20.05	20.04-22.04	20.05 – 10.06	10.05 – 05.06
6	Рост побегов	20.05-10.09	10.05-15.08	10.05-25.08	5.05-30.07	25.05 – 16.07	17.05 – 01.07
7	Фаза летней вегетации:						
	Начало	10.06-15.06	1.05-20.05	25.05-30.05	20.05-25.05	5.06 – 15.05	30.05 – 05.05
	Конец	15.09-20.10	16.08-20.08	25.08-15.09	10.08-15.08	25.08 – 10.09	15.08 – 25.08
8а	Начало осеннего расцвечивания листьев (появление первой желтизны)	15.09-20.10	16.08-20.08	25.08-15.09	10.08-15.08	25.08 – 15.09	15.08 – 05.09
8б	Полное расцвечивание листьев	20.10-20.11	30.08-10.09	25.09-20.10	25.08-30.08	15.09 – 10.10	05.09 – 01.10
9а	Начало осеннего листопада	20.11-10.12	30.08-30.09	10.10-25.10	30.08-10.09	10.10 – 20.10	30.09 – 10.10
9б	Полное опадение листьев	Не произошло	30.09-30.10	25.10-25.11	10.10-20.11	20.10 – 30.11	10.10 – 15.11

**Приложение 8**

**БЛАНК ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЛЕСНОГО ФИТОЦЕНОЗА**

Описание № \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Формация \_\_\_\_\_

Название ассоциации \_\_\_\_\_

Географическое положение (область, район) \_\_\_\_\_

Геоморфологические условия (рельеф, экспозиция) \_\_\_\_\_

Микрорельеф \_\_\_\_\_

Лесная подстилка (мощность, состав) \_\_\_\_\_

Почва (вид, степень увлажнения) \_\_\_\_\_

Степень сомкнутости крон \_\_\_\_\_

Формула древостоя \_\_\_\_\_

**Растительный покров – древесный**

№	Название пород	Подъярус	Господ. высота деревьев, в м	Господ. диаметр стволов, в м	Число стволов на площади 100 м <sup>2</sup>	Примечание
1						
2						

**Подлесок**

№	Название пород	Подъярус	Господ. высота, в м	Кол-во экз. на пл. 100 м <sup>2</sup>	Жизненность	Примечание
1						
2						

**Травостой**

Аспект \_\_\_\_\_

Проективное покрытие в % \_\_\_\_\_

№	Название растений	Высота, в см	Обилие по Друде	Фенофаза	Жизненность	Примечание
1						
2						

Возобновление древостоя \_\_\_\_\_

Внеярусная растительность (лианы, эпифиты) \_\_\_\_\_

Хозяйственное использование фитоценоза \_\_\_\_\_

Составил \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_

### БЛАНК ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЛУГОВОГО ФИТОЦЕНОЗА

Описание № \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Формация \_\_\_\_\_

Название ассоциации \_\_\_\_\_

Географическое положение (область, район) \_\_\_\_\_

Геоморфологические условия (рельеф, экспозиция) \_\_\_\_\_

Микрорельеф \_\_\_\_\_

Почва (вид, степень увлажнения) \_\_\_\_\_

Аспект \_\_\_\_\_

Общее проективное покрытие в % \_\_\_\_\_

Напочвенный покров \_\_\_\_\_

#### Растительный покров

№	Название растений	Ярус	Высота, в см	Обилие	Фенофаза	Жизненность	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>I</b>	<b>Злаки</b>						
1							
2							
<b>II</b>	<b>Осоки</b>						
1							
2							
<b>III</b>	<b>Бобовые</b>						
1							
2							
<b>IV</b>	<b>Разнотравье</b>						
1							
2							
<b>V</b>	<b>Хвощи</b>						
1							
2							
<b>VI</b>	<b>Мхи и лишайники</b>						
1							
2							

Хозяйственное использование фитоценоза \_\_\_\_\_

Составил \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_

**Приложение 9**

Таблица 8

**Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. (Извлечение из списка № 3086-84.)**

Вещества	Мах разовая	ПДК <sub>3</sub> мг/м <sup>3</sup> средне-сут.	Класс опасности
Азота диоксид	0,085	0,04	2
Азота оксид	0,6	0,06	3
Аммония нитрат (аммиачная селитра)	-	0,3	4
Аммиак	0,2	0,04	4
Анилин	0,05	0,03	2
Ацетон	0,35	0,35	4
Белок пыли белково-витаминного концентрата	-	0,001	2
Бенз(а)пирен	-	0,1мкг/ 100м <sup>3</sup>	1
Бензин (нефтяной, малосернистый, в пересчете на углерод)	5	1,5	4
Бензин сланцевый (в пересчете на углерод)	0,05	0,05	4
Бензол	1,5	0,1	2
Гексан	60	.	4
Диэтиловый эфир	1	0,6	4
Железа оксид (в пересчете на железо)	-	0,04	3
Железа сульфат (в пересчете на железо)	-	0,007	3
Железа хлорид (в пересчете на железо)	-	0,004	2
Йод	-	0,03	2
Кадмия оксид (в пересчете на кадмий)	-	0,001	2
Кислота азотная по молекуле HNO <sub>3</sub>	0,4	0,15	2
Кислота серная по молекуле H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,3	0,1	2
Кислота уксусная	0,2	0,06	3
Кобальт металлический	-	0,001	1
Ксилол	0,2	0,2	3
Магния оксид	0,4	0,05	3
Марганец и его соединения (в пересчете на оксид марганца)	0,01	0,001	2
Мышьяк, неорганические соединения (в пересчете на мышьяк)	-	0,003	2
Никель, растворимые соли (в пересчете на никель)	-	0,0002	1
Никель металлический	-	0,001	2
Озон	0,16	0,03	1
Олова хлорид (в пересчете на олово)	0,5	0,05	3
Пенициллин	0,05	0,0025	3

Вещества	Мах разовая	ПДК, мг/м <sup>3</sup> средне-сут.	Класс опасности
Пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния в %:			
выше 70 (динас и др.)	0,15	0,05	3
70-20 (шамот.цемент)	0,3	0,1	3
ниже 20 (доломит и др.)	0,5	0,15	3
Пыль хлопковая	0,5	0,05	3
Ртуть металлическая	-	0,0003	1
Сажа	0,15	0,05	3
Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)	-	0,0003	1
Свинец сернистый (в пересчете на свинец)		0,0017	1
Сероводород	0,008	-	2
Сероуглерод	0,03	0,005	2
Синтетические моющие средства типа "Кристалл" на основе алкилсульфата натрия (контроль по алкилсульфату натрия)	0,04	0,01	2
Спирт метиловый	1	0,5	3
Спирт этиловый	5	5	4
Тетрациклин	0,01	0,006	2
Толуол	0,6	0,6	3
Трихлорметан (хлороформ)		0,03	2
Трихлорфторметан (фреон - 11)	100	10	4
Углерода оксид	5	3	4
Углерода тетрахлорид	4	0,7	2
Фенол	0,01	0,003	2
Формальдегид	0,035	0,003	2
Фтористые соединения (в пересчете на фтор): газообразные соединения	0,02	0,005	2
Хлор	0,1	0,03	2

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, Обладающих суммацией воздействий, сумма их концентраций не должна превышать 1.

Эффектом суммации обладают: ацетон, фенол; аэрозоли оксида ванадия (V) и оксиды марганца; аэрозоли оксида ванадия (V) и оксиды серы; озон, диоксид азота и формальдегид; оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, гексан; диоксид серы и аэрозоль серной кислоты; диоксид серы и сероводород; диоксид серы и диоксид азота; сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная); этилен, пропилен, бутилен и амилен.

**ПДК аэрозолей преимущественно фиброгенного действия**

Вещества	ПДКмг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Алюминий и его сплавы (в пересчете на Al)	2	4
Доломит	6	4
Железа окись с примесью окислов марганца до 3%	6	4
Зерновая пыль (вне зависимости от содержания двуокиси кремния)	4	4
Зола горючих сланцев	4	4
Известняк	6	4
Кремнийсодержащие пыли:		
а) кремния двуокись кристаллическая: кварц, кристобалит, тридимит, при содержании ее в пыли свыше 70%;	1	3
б) кремния двуокись аморфная при содержании ее в пыли свыше 70%;	1	3
в) кремния двуокись аморфная в смеси с окислами марганца с содержанием каждого из них более 10%	1	3
Нитроаммофоска	4	4
Пыль растительного и животного происхождения: с примесью двуокиси кремния более 10% (лубяная, хлопковая, хлопчатобумажная, льняная, шерстяная, пуховая и др.); с примесью двуокиси кремния менее 2% (мучная, хлопчатобумажная, древесная и др.);	2	4
Сажи черные промышленные с содержанием 3,4-бенз(а)пирена не более 35 мг на 1 кг	-	4
Сажки черные промышленные с содержанием 3,4-бенз(а)пирена не более 35 мг на 1 кг	4	4
Силикаты и силикатосодержащие пыли:		
асбест природный и искусственный;	2	4
асбестоцемент	6	4
стеклянное и минеральное волокно;	4	6
цемент, апатит, глина;	6	4
Углерода пыли: кокс нефтяной, пековый, сланцевый, электродный	6	4
Каменный уголь с содержанием двуокиси кремния менее 2%	10	4
Чугун	6	4

**Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ (мг/л) в водных объектах (Извлечение из приложения 2 к "Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" и дополнительных перечней)**

Наименование ингредиента	Водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения		Водные объекты рыбохозяйственного назначения	
	ЛПВ *	ПДК	ЛПВ	ПДК
Анилин	Санитарно-токсикологический	0,1	Токсикологический	0,0001
Аммиак	Общесанитарный	2,0	->-	0,05
Бензол	Санитарно-токсикологический	0,5	->-	0,5
Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ)	->-	0,1	->-	Недопустим
Железо	Органолептический	0,5	->-	-
Кадмий	Санитарно-токсикологический	0,01	->-	0,005
Керосин	Органолептический	0,1	->-	-
Медь	->-	1,0	->-	0,001
Мышьяк	Санитарно-токсикологический	0,05	->-	0,005
Нефть много-сернистая	Органолептический	0,1	Рыбохозяйственный	0,05
Никель	Санитарно-токсикологический	0,1	Токсикологический	0,01
Ртуть	Общесанитарный	0,05	-	-
Свинец	->-	0,1	Общесанитарный	0,1
Стирол	Органолептический	0,1	Органолептический	0,1
Фенол	->-	0,001	Рыбохозяйственный	0,001
Формальдегид	Общесанитарный	0,05	-	-
Фтор	Санитарно-токсикологический	1,5	Токсикологический	0,05
Хлор активный	Общесанитарный	отсутствие	-	-
Хром	Органолептический	0,1	Санитарно-токсикологический	0,001
Цианид	Санитарно-токсикологический	1,0	Токсикологический	1,0
Цинк	Общесанитарный	1,0	->-	0,1

\* ЛПВ-лимитирующий показатель вредности, отражающий приоритетность требований к качеству воды.

**Предельно допустимые концентрации ( ПДК ) некоторых загрязняющих веществ в почве. (Извлечение из списков №2264-80 от 30.10.80; №2546-82 от 30.04.82 и Приложения к списку №2546-82 Минздрава СССР)**

Вещество	ПДК <sub>П</sub> , мг/кг	Вещество	ПДК <sub>П</sub> , мг/кг
Марганец	1 500 по ОС	Бромфос	0,4 по ТВ
Мышьяк	2 по ОС	Перхлорвинил	0,5 по ТВ
Ртуть	2,1 по ОС	Изопрнилбензин	0,5 по МА
Свинец	20 по ОС	Фосфора оксид Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub>	200 по ТВ
Хром	0,05 по МВ	а-Метилстирол	0,5 по МА
Бенз(а)пирен	0,02 по ОС	Формальдегид	7 по ОС