

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ В БИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве практикума для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 06.03.01, 06.04.01 Биология

С А М А Р А
Издательство Самарского университета
2024

УДК 574(075)

ББК Е080я7

Л125

Авторы: *Л. М. Кавеленова, Н. В. Власова,
Ю. В. Макарова, Е. В. Ревинская*

Рецензенты: д-р биол. наук, проф. А. Н. И н ю ш к и н,
д-р мед. наук, проф. М. В. М а н ж о с

Л125 Лабораторные методы в биоэкологических исследованиях:
практикум / *Л. М. Кавеленова, Н. В. Власова, Ю. В. Макарова,
Е. В. Ревинская.* – Самара: Издательство Самарского университета,
2024. – 176 с.: ил.

ISBN 978-5-7883-2092-2

Практикум содержит общую информацию, относящуюся к различным аспектам практики лабораторных исследований, а также подробное изложение полевых и лабораторных методов биоэкологического изучения почвенного покрова и растений.

Материалы предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям биологического и экологического профиля, преподавателям экологических дисциплин. Практикум может быть также использован в системе повышения квалификации учителей биологии, географии и др. специальностей, где необходима подготовка педагогов по руководству исследованиями в сфере экологии.

УДК 574(075)

ББК Е080я7

ISBN 978-5-7883- 2092-2

© Самарский университет, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
1. ОСНОВЫ ТЕХНИКИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	8
1.1. Правила безопасности при работе в лаборатории.....	8
1.2. Лабораторная посуда – виды и назначение.....	8
1.3. Химические реактивы – категории и использование.....	20
1.4. Растворы, их категории и особенности приготовления...	23
1.5. Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости – определение, группы, меры безопасности.....	28
1.6. Работа с лабораторными приборами общего назначения..	32
1.7. Нагревательные приборы и их использование.....	35
2. ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОТОПИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ПОЧВ И РАСТЕНИЙ.....	40
2.1. Простейшие приборы для определения метеорологических показателей и работа с ними.....	40
2.2. Приемы полевого обследования растительности и почв ...	51
2.3. Оценка состояния древесных растений по В.А. Алексееву.....	57
2.4. Анализ фенологических процессов развития растений. Анализ климатических данных, характеризующих местообитания живых организмов.....	60
2.5. Фенологические наблюдения за развитием древесных растений в весенний период на территории г. Самары.....	67
2.6. Сравнение видового состава флор модельных участков..	75
3. ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ...	77
3.1. Определение плотности твердой фазы почвы.....	77
3.2. Весовой метод определения карбонатов по Х.П. Бауру.	79
3.3. Определение содержания гумуса в почве по методу Б.А. Никитина.....	81
3.4. Определение аммиачного азота в почве.....	83

3.5. Определение активности почвенных ферментов: каталаза.....	85
3.6. Экспресс-метод определения уреазной активности почвы.....	86
3.7. Определение целлюлозоразрушающей активности почвы модифицированным аппликационным методом.....	88
4. ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТЕНИЙ.....	90
4.1. Определение содержания золы в растительных тканях...	90
4.2. Определение содержания гидрофобных соединений.....	91
4.3. Определение водоудерживающей способности листьев..	93
4.4. Определение содержания свободных аминокислот.....	95
4.5. Определение содержания пролина по Л.С. Бейтсу (Bates e.a., 1973).....	97
4.6. Определение содержания фенольных соединений.....	98
4.7. Использование йодных реакций при определении различных химических компонентов растений.....	102
4.8. Определение жизнеспособности пыльцевых зерен йодным методом.....	104
4.9. Определение содержания фотосинтетических пигментов.....	105
4.10. Изучение состояния побегов хвойных растений: оценка охвоенности побегов различного возраста, выявление повреждений хвои, определение смачиваемости поверхности хвои.....	108
5. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСТЕНИЙ.....	111
5.1. Определение фитонцидной активности растений.....	111
5.2. Определение активности водорастворимых выделений.....	112
5.3. Определение характера действия сапролинов.....	113

5.4. Определение характера действия миазминов.....	114
5.5. Приемы определения аллелопатической активности почвы и иных объектов помощью биотестов.....	115
5.6. Изучение взаимовлияния семян при совместном прорастании методом рулонов.....	117
6. ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА АНАЛИЗА В БИОЛОГИИ.....	119
6.1. Основные принципы и понятия хроматографии.....	119
6.2. Разделение смеси свободных аминокислот (водорастворимых фенольных соединений) методом тонкослойной хроматографии (ТСХ).....	124
6.3. Определение ионов железа в пищевых продуктах методом тонкослойной хроматографии (ТСХ).....	126
6.4. Определение содержания растворимого калия в почве методами БХ и ТСХ.....	127
6.5. Приемы экстракции и хроматографического исследования аллелопатически активных веществ: катехинов из растительного материала.....	130
Приложение 1.....	134
Приложение 2.....	151
Приложение 3.....	152
Приложение 4.....	153
Приложение 5.....	154
Приложение 6.....	155
Приложение 7.....	156
Приложение 8.....	157
Приложение 9.....	159
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	168

ВВЕДЕНИЕ

Учебный план подготовки биологов-бакалавров на биологическом факультете Самарского университета традиционно включает спецпрактикум, проходящий на 5 и 6 семестрах. Раздел пятого семестра скомпонован из работ, демонстрирующих разнообразные лабораторные методы исследования почв и растительного материала. Авторы данного практикума постарались максимально широко ознакомить студентов с общими приемами лабораторной работы, включая обращение с химической посудой, приборами и реактивами, правила безопасности работ, приемы математической обработки данных и их графической визуализации.

Первое руководство для лабораторного практикума было издано нами еще в 1995 г. как методические указания. Однако, поскольку ежегодно при проведении БСП апробировались новые работы, а проведение НИР и НИРС на кафедре экологии, ботаники и охраны природы сопровождалось постановкой новых методик исследования, мы столкнулись с необходимостью существенно переработать и расширить предлагаемый лабораторный практикум, что было сделано в 2024 г.

Данное пособие по сравнению с прежними версиями существенно расширилось, в том числе за счет включения разделов, посвященных фенологическим исследованиям и хроматографии, которые специально для практикума подготовили доценты Ю.В. Макарова и Е.В. Ревинская, а также разделов, относящихся к технике лабораторных работ.

Каждый из разделов предваряется пояснением по сути работ или проводимого метода, экологическому значению определяемых показателей. При необходимости текст сопровождается сносками-пояснениями относительно важных и узнаваемых, как правило, только путем личного опыта деталей предлагаемых методик. Мы также приводим ссылку на источник, в соответствии

с которым составлялось описание работы. В текст не включаются описания лабораторных приборов и приемов работы с ними (ФЭК, СФ и пр.), но указаны источники, где подобная информация может быть найдена.

Некоторые разделы практикума, как нам думается, могут представлять интерес для педагогов, организующих учебно-исследовательскую работу с учащимися в школах, колледжах и органах дополнительного образования. Если использование данного руководства вызовет вопросы, замечания, пожелания, мы с радостью ознакомимся с ними, чтобы учесть в нашей дальнейшей работе.

1. ОСНОВЫ ТЕХНИКИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1.1. Правила безопасности при работе в лаборатории

Прежде чем приступить к выполнению любых работ в химической (экологической, микробиологической и пр.) лаборатории, следует детально изучить и усвоить правила безопасности, среди которых есть общие, которые распространяются на все лаборатории, и частные, относящиеся к определенным видам работ, оборудованию, операциям. Усвоение правил техники безопасности завершается проверкой и фиксируется в журнале инструктажа по технике безопасности. В научных и производственных лабораториях существуют также специальные журналы для инструктажа по пожарной, электрической безопасности и пр. Сотрудник, не прошедший инструктаж, не может быть допущен к работе. Основные правила безопасности, которые относятся к вашей работе, представлены в прилож. 1.

1.2. Лабораторная посуда – виды и назначение

В химии при выполнении опытов и синтезов используется стеклянная и фарфоровая химическая посуда разного назначения, с которой можно детально ознакомиться в различных руководствах [Техника... 2009; Лабораторная... 2016; Руководство... 1988; Авдякова 2010; Гайдукова 2019; Воскресенский 1973; Гороновский 1974].

Стеклянная химическая посуда

Химическая посуда тонко- и толстостенная изготавливается из стекла разных марок. Посуда из толстого стекла не выдерживает нагрева, нагревать можно только тонкостенную посуду, термостойкость которой зависит от состава стекла. Основным требова-

нием, предъявляемым к стеклянной посуде, является ее химическая и термическая устойчивость. Химическая устойчивость – это свойство стекла противостоять разрушающему действию кислот, щелочей и других веществ.

Термическая устойчивость – это способность посуды выдерживать резкие колебания температуры. Лучшим стеклом считается пирекс, потому что оно обладает термической и химической устойчивостью, имеет малый коэффициент расширения. Поэтому особо термостойкие изделия (стаканы, реторты, пробирки) изготавливают из пирексового стекла. Пирекс содержит 80% оксида кремния (IV). Температура его размягчения + 620⁰С. Для проведения опытов при высоких температурах используют кварцевую посуду. Кварцевое стекло содержит 99,95% оксида кремния (IV), температура его размягчения +1650⁰С. Тонкое кварцевое стекло вследствие очень низкого коэффициента термического расширения выдерживает резкое охлаждение.

Лабораторную посуду изготавливают в основном из стекла типов ТУ (термически устойчивое), ХУ-1 и ХУ-2 (химически устойчивое). Содержание оксида кремния в обычном лабораторном стекле составляет примерно 70%. На рис. 1 представлена стеклянная химическая посуда, применяемая в лабораторной практике.

1. Пробирка химическая. Пробирки – это наиболее простая химическая посуда, которую используют для проведения в них качественных реакций, а также опытов с небольшим количеством реактивов. Объем реактива в пробирке не должен превышать половины объема пробирки. В химической лаборатории пробирки размещают в специальном штативе.

2. Стакан химический. Химические стаканы – это низкие или высокие цилиндры с носиком или без него, простые и калиброванные. Используют для приготовления растворов и проведения реакций при комнатной температуре и нагревании.

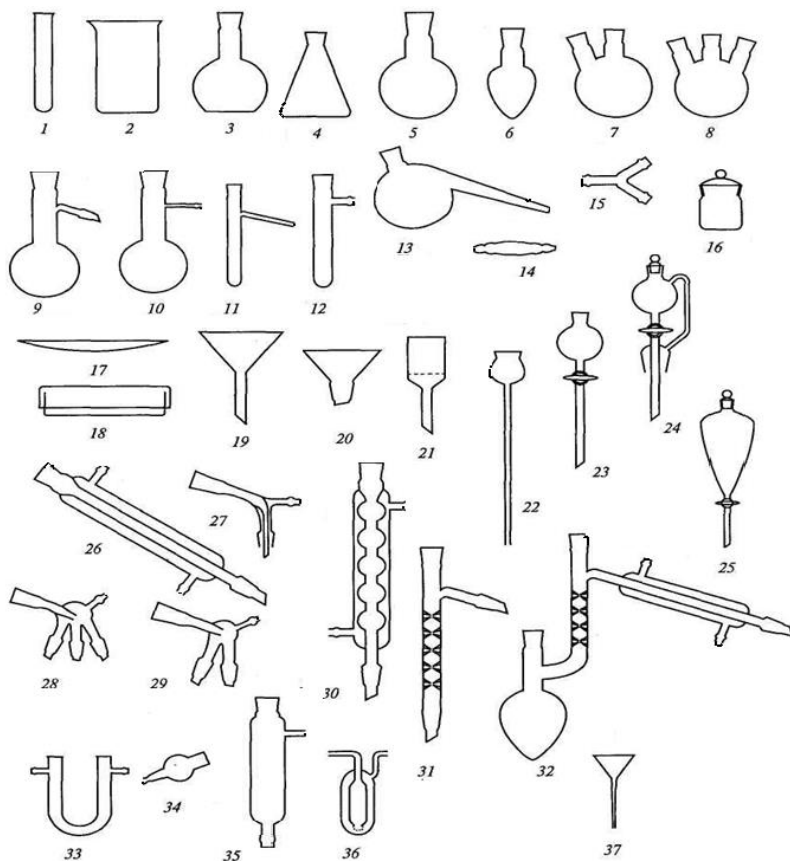


Рисунок 1 – Стекло́нная химическая посуда: 1 - пробирка; 2 - стакан химический;

3 - колба плоскодонная; 4 - колба коническая (Эрленмейера); 5 - колба круглодонная; 6 - колба Кляйзена; 7 - колба двугорлая; 8 - колба трехгорлая; 9, 10 - колбы Вюрца; 11, 12 - пробирки Вюрца; 13 - реторта; 14 - переходник; 15 - тройник; 16 - бюкс; 17 - часовое стекло; 18 - чашка Петри; 19 - воронка химическая; 20 - воронка для сыпучих веществ; 21 - воронка со стеклянным фильтрующим дном; 22 - воронка длинная; 23, 24 - капельные воронки;

25 - воронка делительная; 26 - холодильник Либиха; 27 - аллонж; 28, 29 - «пауки»; 30 - холодильник шариковый; 31 - дефлегматор; 32 - U-образная трубка; 33 - хлоркальциевая трубка; 34 - осушительная колонка; 35 - промывалка Мюнке; 36 - воронка Мюнке

3. Колба плоскодонная. Используют для приготовления и хранения растворов.

4. Колба коническая (Эрленмейера). Используют при титровании.

5, 7, 8. Колбы круглодонные. Наиболее часто используют при проведении синтезов. Колбы могут изготавливаться с коротким и длинным горлом, одно-, двух-(7), трехгорлыми (8) и т.д.

6. Колба Кляйзена. Используют в качестве перегонной колбы и приемника при перегонке жидкостей.

9, 10. Колбы Вюрца. Используют в качестве перегонной (с изогнутым отводом (9) или реакционной колбы (с прямым коротким отводом 10).

11, 12. Пробирки Вюрца. Используют для микроперегонки.

13. Реторта. Используют при прокаливании веществ с одновременной отгонкой продуктов разложения (например, для получения азотной кислоты).

14, 15. Переходник и тройник. Используют для соединения резиновых шлангов.

16. Бюкс. Применяют для взвешивания агрессивных веществ и хранения небольших количеств реагентов.

17. Часовое стекло. В лабораторной практике часовые стекла универсальны – ими накрывают химические стаканы при проведении химических синтезов, на них помещают полученное вещество для высушивания на воздухе, их используют в качестве тары при взвешивании малых количеств неагрессивных веществ.

18. Чашка Петри. Используют для высушивания на воздухе или в эксикаторе веществ и фильтров с осадками.

19. Воронка химическая. Используют для фильтрования и переливания жидкостей.

20. Воронка с широким горлом. Используют для загрузки сыпучих веществ.

21. Воронка со стеклянным фильтрующим дном. Используют для фильтрования при пониженном давлении. Воронку со стеклянным фильтрующим дном так же называют «стеклянным пористым фильтром» или просто «стеклянным фильтром».

22. Воронка длинная. Используют в опытах по получению водорода.

22. Воронка длинная. Используют в опытах по получению водорода.

23, 24. Капельные воронки. Используют для дозируемой, по каплям, подачи реагентов в реакционную смесь. Для выравнивания давлений в реакционной колбе и в капельной воронке 24 пространство над крапом воронки соединяется трубкой с пространством под крапом. Воронка в этом случае закрывается сверху пробкой.

25. Воронка делительная. Используют для разделения несмешивающихся жидкостей.

26. Холодильник Либиха – прибор для охлаждения и конденсации паров, образующихся при нагревании и кипячении жидкостей. Состоит из холодильной трубки и муфты, прочно соединенной с холодильной трубкой, которая имеет на противоположных концах по отводу: один для впуска воды, другой для выхода. Холодильник Либиха в зависимости от расположения в приборе может выполнять функции как прямого или прямоточного холодильника (пар поступает с одной стороны холодильника, а жидкость вытекает с другой), так и обратного холодильника (жидкость стекает обратно в колбу). Используют при перегонке, экстракции и при проведении других процессов.

27. Аллонж – переход между холодильником и приемником. Используют в качестве соединительного элемента в установке по перегонке веществ. К аллонжу присоединяется хлоркальциевая трубка, при перегонке в вакууме – водоструйный насос.

28, 29. «Пауки» – аллонжи с несколькими выходами для одновременного присоединения нескольких приемников. Используют как соединительные элементы в установках по перегонке веществ.

30. Холодильник шариковый. Используют при перегонке в качестве обратного холодильника.

31. Дефлегматор. Используют в качестве насадки при фракционной перегонке жидкостей. В дефлегматорах при неполном охлаждении пара кипящего раствора происходит частичная конденсация пара более высококипящей жидкости. Образовавшийся промежуточный конденсат называют флегмой. Флегма стекает обратно в колбу, а пар обогащается компонентом с более низкой температурой кипения и попадает в холодильник, где подвергается уже полной конденсации.

32. U-образная трубка. Используют для осушки газов и очистке от примесей с помощью твердого реагента.

33. Хлоркальциевая трубка. Используют для изоляции реакционной смеси от воздействия атмосферной влаги и оксида углерода (IV). Трубка заполняется твердым поглотителем.

34. Осушительная колонка. Используют для осушки газов и очистке от примесей с помощью твердого реагента.

35. Промывалка Мюнке – склянка для очистки газов от примесей жидким поглотителем.

36. Воронка Мюнке. Используют для заполнения промывалки. Для изготовления массивных и прочных изделий используют толстое стекло. Примеры таких приборов, используемых в лабораторной практике, представлены на рисунке 2.

1. Аппарат Киппа. Используют для получения устойчивого тока газа в течение длительного времени.

2. Газометр. Используют для сбора и хранения газа.

3. Эксикатор. Используют для высушивания веществ при комнатной температуре с помощью различных осушителей.

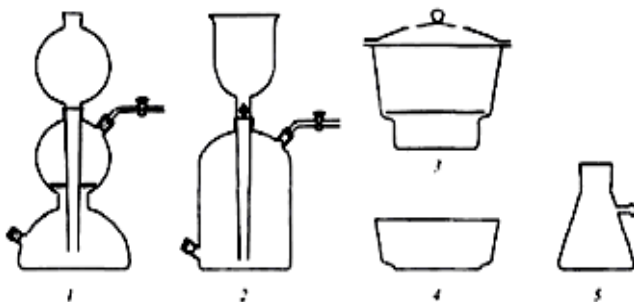


Рисунок 2 – Стекланные лабораторные приборы: 1 - аппарат Кипа; 2 - газометр; 3 - эксикатор; 4 - кристаллизатор; 5 - колба Бунзена

4. Кристаллизатор. Используют для охлаждения растворов и при сборе газов под водой.

5. Колба Бунзена. Используют в качестве приемных колб для фильтрата при фильтровании и под пониженным давлением.

6. Химические склянки, бутылки и т.д.

Шлифы

Две притертые друг к другу отшлифованные поверхности (т.е. внутренний и внешний шлифы) представляют собой соединения на шлифах. Шлифы применяются для стеклянных узлов деталей и для герметичной закупорки сосудов вместо резиновых пробок и соединительных шлангов. Шлифы различных размеров могут быть соединены при помощи переходных муфт.

Штативы

Основой для сборки различных стеклянных установок служат лабораторные штативы или стационарные рамы-каркасы. При выборе способа крепления руководствуются соображениями удобства. Лапки и кольца, предназначенные для закрепления стеклянных приборов, должны иметь мягкие резиновые прокладки на поверхностях, соприкасающихся со стеклом.

Фарфоровая посуда

Кроме стеклянной посуды в лаборатории используются керамические изделия ввиду их относительно высокой механической прочности и низкой химической активности. Из керамики (в частности фарфора) делают массивные кружки и стаканы, воронки Бюхнера, шпатели, ложечки, ступки, треугольники, чашки для упаривания, тигли, лодочки и другие изделия. На рисунке 3 представлена фарфоровая посуда, применяемая в лабораториях.

1, 2. Кружка, стакан. Используют для приготовления и хранения хромовой смеси, хранения соды на мойке и т.д.

3. Ступка с пестиком. Используют для перетирания и измельчения не очень твердых веществ.

4. Тигель с крышкой. Используют для прокаливания веществ.

5. Лодочка. Используют при проведении синтезов в электрических печах, могут быть нагреты до $800 - 900^{\circ}\text{C}$.

6. Чашка. Используют для выпаривания и упаривания растворов. Нагревать на открытом пламени не рекомендуется. Для упаривания помещают на водяную или песчаную баню.

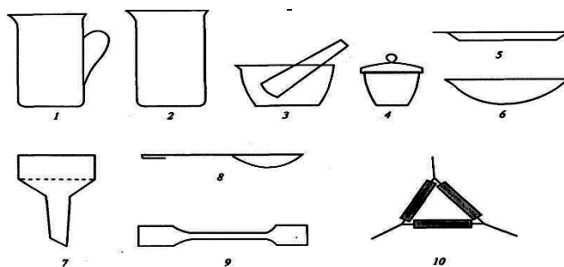


Рисунок 3 – Фарфоровая посуда: 1 - кружка; 2 - стакан; 3 - ступка с пестиком;

4 - тигель с крышкой; 5 - лодочка; 6 - чашка для упаривания;

7 - воронка Бюхнера; 8 - фарфоровая ложка; 9 - шпатель; 10 - треугольник

7. Воронка Бюхнера. Используют при фильтровании при пониженном давлении с бумажным фильтром.

8, 9. Ложечка, шпатель. Используют для набора реактивов.

10. Треугольник. Используют для установки тиглей на кольцо штатива.

Мерная посуда

Для измерения объема жидкости и для приготовления растворов заданной концентрации используется мерная посуда различного назначения: мерный цилиндр, мерная пипетка, мерная колба (рис. 4). Мерная посуда откалибрована для 20⁰С и ее нельзя нагревать. Уровень измеряемой жидкости определяется по нижнему мениску. Для заполнения пипеток используются пипетаторы (груши). Кажем особенности использования различных видов мерной посуды.

1. Мерный цилиндр. Используют для измерения относительно больших объемов жидкости (5 мл – 2 л). Точность измерения при этом не очень велика.

2, 3. Бюретки (со стеклянным краном 2 или шариком 3) позволяют выливать строго заданное количество жидкости с высокой точностью (0,1 – 0,01 мл). Используют при титровании.

4. Пипетка градуированная. Используют для отбора точного объема небольшого количества жидкости (0,1 – 20 мл).

5. Мерная пипетка (пипетка Мора) с кольцевой меткой. Используют для отбора строго заданного объема жидкости.

6. Мерная колба с кольцевой меткой. Мерная колба представляет собой плоскодонную колбу с длинным и узким горлом, на котором нанесена кольцевая метка, показывающая границу, до которой наливают жидкость. Используют для приготовления растворов точной концентрации.

В лабораторной практике используют посуду, изготовленную из полимерных материалов (полиэтилен, полипропилен и др.). При высокой химической устойчивости такая посуда обладает низкой термостойкостью, и поэтому ее используют в работах, не требую-

щих нагревания. Из полиэтилена изготавливают воронки для жидких и сыпучих веществ, промывалки, капельницы, флаконы для транспортировки и хранения химических реактивов.

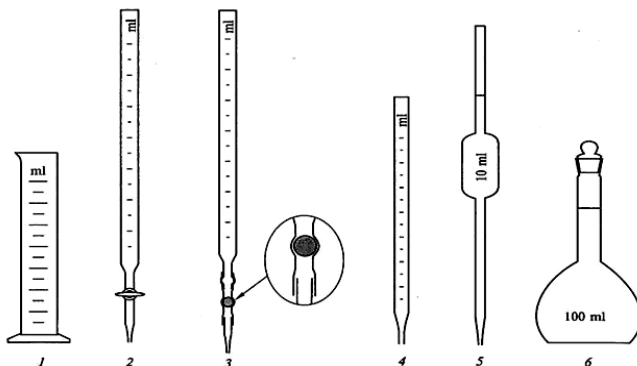


Рисунок 4 – Мерная посуда: 1 - мерный цилиндр; 2 - бюретка с краном; 3 - бюретка с шариком; 4 - пипетка градуированная; 5 - пипетка Мора; 6 - мерная колба

Для закрепления посуды во время работы используют железные штативы с кольцами и лапками. Чтобы стеклянная посуда при нагревании не лопалась, ее устанавливают на асбестовые сетки.

Правила работы с химической посудой

Работа с посудой на шлифах. В лабораторной практике получила распространение стеклянная посуда с коническими и шаровыми соединениями – шлифованными или мелированными.

Внешний шлиф называют муфтой, а внутренний – керном. При проведении лабораторных работ обычно используют посуду со стандартными коническими шлифованными соединениями диаметром 14,5, 19 и 29 мм. Для фиксации конических шлифов используются пружинки или резиновые колечки, которые крепятся за припаянные к трубкам «усики». При сборке приборов с такими шлифами необходимо проявлять особую осторожность, так как даже малейший перекос может привести к их повреждению.

Шаровые шлифованные соединения позволяют изменять угол между фиксируемыми деталями без нарушения герметичности, не боятся перекосов, выдерживают большие нагрузки и находят применение в приборах, работающих под вакуумом. Для скрепления шаровых соединений используют специальные зажимы.

При сборке большинства приборов, за исключением вакуумных, шлифы не рекомендуется смазывать, если в методике не оговаривается способ смазки. Предварительно шлифы должны быть тщательно очищены от загрязнений и старой смазки. Попадание твердых частиц в зазор шлифованного соединения уменьшает его герметичность и может привести к разрушению.

Для приборов, работающих под вакуумом, используется специальная вакуумная смазка, которую деревянной палочкой наносят двумя – тремя тонкими мазками на слегка подогретый керн. Затем керн вставляют в муфту, поворачивая его вокруг оси. Правильно смазанный шлиф должен быть прозрачным, а вакуумная смазка – не выступать из зазора.

Краны капельных воронок обычно смазывают вакуумной смазкой. Возможно использование и других видов смазок.

При работе с бромом для смазки крана используют концентрированную фосфорную кислоту, или оксид фосфора (V). После смазывания надо обязательно проследить, чтобы отверстие крана не забилося смазкой.

Очистка от вакуумной смазки. По окончании работы прибор разбирают, разъединяют шлифы и снимают смазку ватным тампоном, смоченным тетрахлоридом углерода (в вытяжном шкафу и в перчатках!). Горячие шлифованные соединения разбирают, не дожидаясь полного охлаждения, так как при охлаждении смазка сильно загустевает. Не рекомендуется хранить в смазанном состоянии шлифованные соединения и краны, иначе их невозможно будет разобрать или повернуть. При хранении в собранном виде без смазки между шлифами помещают полоски тонкой бумаги.

Мытье и сушка посуды

Химическую посуду после завершения опытов тщательно моют, сушат и убирают на место. Сначала посуду промывают водопроводной водой, если загрязнения не смываются, то загрязненные места посыпают кальцинированной содой и трут ершиком. Сода используется для удаления следов жиров, масел и для улучшения смачиваемости стекла.

Для отмыwania от загрязнений соединениями марганца используют кристаллическую щавелевую кислоту. Не рекомендуется применять абразивные материалы, повреждающие стекло.

Для очистки посуды от продуктов термического разложения органических веществ, удаления следов жиров можно использовать хромовую смесь, которую готовят в большой фарфоровой ступке: 10 г дихромата калия растирают в тонкий порошок, смачивают 3 – 5 мл воды и при перемешивании добавляют 100 мл 96%-ой серной кислоты. После этого отстоявшийся раствор переносят в толстостенную склянку с притертой пробкой (фарфоровую кружку). После промывания посуды хромовую смесь сливают обратно в склянку (не в раковину!). Хорошим средством для мытья посуды служит также спиртовой раствор щелочи.

После промывания с использованием химических реагентов посуду тщательно моют водопроводной водой и споласкивают два – три раза небольшими порциями дистиллированной воды.

Чистую посуду сушат в сушильном шкафу или на воздухе в перевернутом виде на деревянной или пластмассовой сушилке. Мерную посуду сушат только на воздухе без нагревания.

Задание

1. Используя описания и рисунки 1-4, назовите вид каждого их представленных вам 10 образцов химической посуды. Укажите для них цели использования и особенности обращения при работе.

Может ли данный вид посуды применяться: а) для сильного нагревания образцов? б) для отмеривания точного объема жидкостей?

1.3. Химические реактивы – категории и использование

Реактивами называются хорошо очищенные вещества, используемые для различных лабораторных работ [Техника... 2009; Лабораторная... 2016; Гайдукова 2019]. На каждом коммерческом реактиве должна быть этикетка со следующими обозначениями: название вещества, его химическая формула; масса реактива; ГОСТ (государственный стандарт); квалификация чистоты реактива, номер партии; дата изготовления.

В тех случаях, когда молекулярная формула слишком сложна или не дает наглядного и полного представления о характере органического вещества, вместо формулы пишут наиболее распространенное название вещества. Кроме бумажных этикеток, используют надписи на стекле. В целях безопасности запрещается хранить реактивы без этикеток.

По степени чистоты, то есть по содержанию основного вещества и допустимых примесей, реактивы имеют соответствующую классификацию, представленную в табл. 1.

Три первые марки охватывают все реактивы общего назначения. Препараты более высокой чистоты применяются лишь для специальных работ, где иногда даже миллионные доли процента примесей является недопустимыми. Ими пользуются в промышленности полупроводниковых материалов, радиоэлектронике, квантовой электроники.

При проведении большинства опытов и синтезов используют реактивы «ч.» и «ч.д.а.». Для технических целей (приготовления охлаждающих смесей, мытья) используют дешевые реагенты.

Таблица 1. Классификация реактивов по степени чистоты

Марка реактива	Обозначение	Содержание примесей, %	Область использования
Чистый	«ч.»	0,1	Лабораторные работы учебного и производственного характера
Чистый для анализа	«ч.д.а.»	0,1 – 0,01	Научно-исследовательские и аналитические работы
Химически чистый	«х.ч.»	0,05·10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶	Ответственные научно-исследовательские работы
Спектрально чистый	«с.ч.»	5·10 ⁻⁵	Специальные работы
Особой чистоты	«ос.ч.»	5·10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁹	
Высшей чистоты	«в.ч.»	5·10 ⁻⁷	

При работе химическими реактивами следует придерживаться следующих правил:

1. Твердые химические реактивы отбирайте из банок шпателями (фарфоровыми, металлическими, стеклянными, пластмассовыми), фарфоровыми ложечками или пинцетом.

2. Работу с твердыми щелочами (измельчение, заполнение осушительных колонок) проводите только в защитных очках и перчатках. Щелочь берите шпателем или пинцетом. Такие же меры предосторожности и при работе с фосфорным ангидридом.

3. Для измельчения и смешения химических реактивов используйте ступки. Совместное перетирание веществ позволяет получить достаточно тонкие смеси реагентов. Запрещается совместно перетирать окислители и восстановители во избежание взрыва.

4. Для загрузки твердых веществ в реакционные колбы используйте специальные воронки с широким горлом (рисунок).

5. Жидкости переливают через химические воронки. Слянку, из которой наливают жидкость, держат этикеткой к руке во избежание ее загрязнения порчи.

6. Все склянки с растворами и сухими веществами держите закрытыми, открывайте их только во время использования.

7. Не путайте пробки от колб и пипетки для взятия реактивов.
8. Крышки и пробки от банок с реактивам кладут на стол в перевернутом виде.
9. Неизрасходованные реактивы ни в коем случае не высыпают (не выливают) обратно в банки, их надо сдавать лаборантам.
10. Просыпанные и пролитые реактивы сразу уберите, а стол вымойте и протрите.

Задание

Перенесите таблицу в конспект в полном виде, внося необходимые записи в ячейки.

Марка реактива	Обозначение	Содержание примесей, %	Область использования
Чистый			
	«Ч.Д.А.»		
Химически чистый	«Х.Ч.»		
	«С.Ч.»		Специальные работы
	«ОС.Ч.»		
	«В.Ч.»		

1.4. Растворы, их категории и особенности приготовления

По характеру взятого растворителя растворы делятся на водные и неводные. К последним относятся растворы веществ в органических растворителях (спирт, ацетон, бензол, хлороформ и т.д.). Растворителем большинства солей, кислот и щелочей служит вода [Авдякова 2010; Гайдукова 2019]. Свойства растворов всегда отличаются от свойств растворителя. Раствор закипает при более высокой температуре, чем чистый растворитель. Температура затвердевания, наоборот, у растворов ниже, чем у растворителя.

Насыщенный раствор. Для получения насыщенного раствора готовят раствор, содержащий в единице объема наибольшее количество вещества, которое может раствориться при данной темпе-

ратуре, и добавляют дополнительно небольшое количество растворимого вещества, которое останется нерастворенным.

Пересыщенный раствор. Если приготовить при нагревании концентрированный раствор, близкий к насыщенному, а затем быстро, но осторожно охладить полученный раствор, осадок может не выпасть. Если в такой раствор бросить кристалл соли и перемешать или потереть стеклянной палочкой о стенки сосуда, то из раствора выпадут кристаллы соли. Следовательно, в охлажденном растворе содержалось соли больше, чем это отвечало ее растворимости при данной температуре. Такие растворы называются пересыщенными.

Существуют различные способы выражения концентрации растворов: в массовых долях растворенного вещества, молях на 1 л раствора, эквивалентах на 1 л раствора, граммах или миллиграммах на 1 мл раствора и др.

Массовая доля растворенного вещества определяется в процентах. Данные растворы называются процентными растворами.

Массовая доля растворенного вещества (ω) выражает отношение массы растворенного вещества (m_1) к общей массе раствора (m): $\omega = (m_1/m) \times 100\%$. Массовую долю растворенного вещества принято выражать на 100 г раствора. Следовательно, 10% раствор содержит 10 г вещества в 100 г раствора или 10 г вещества и $100 - 10 = 90$ г растворителя.

Молярная концентрация определяется количеством молей вещества в 1 л раствора. Молярной концентрацией раствора (M) называют отношение количества растворенного вещества в молях (v) к определенному объему этого раствора (V): $M = (v/V)$.

Объем раствора обычно выражают в литрах. В лабораториях величину молярной концентрации принято обозначать буквой M . Так, одномолярный раствор обозначается 1 М (1 моль/л), децимолярный – 0,1 М (0,1 моль/л) и т.д. Для того чтобы установить, ка-

кое количество граммов данного вещества находится в 1 л раствора заданной концентрации, необходимо знать его молярную массу (см. таблицу Менделеева). Известно, что масса 1 моль вещества численно равна его молярной массе, например молярная масса хлорида натрия равна 58,45 г/моль, следовательно, масса 1 моль NaCl равна 58,45 г. Таким образом, 1 М раствор NaCl содержит 58,45 г хлорида натрия в 1 л раствора.

Молярная концентрация эквивалента (нормальная концентрация) определяется числом эквивалентов растворенного вещества в 1 л раствора.

Эквивалентная масса **кислоты** равна ее молярной массе, деленной на основность кислоты. Эквивалентная масса **основания** равна его молярной массе, деленной на степень окисления металла. Так вычисляется эквивалентная масса только для реакции полной нейтрализации. Эквивалентная масса **соли** равна молярной массе соли, деленной на произведение степени окисления металла на число его атомов в молекуле соли.

В лабораторной практике применяют название «нормальная концентрация», которая обозначается в формулах буквой N, а при обозначении концентрации данного раствора буквой «н». Раствор, содержащий 1 эквивалент в 1 л раствора, называется **однонормальным** (обозначается 1 н.), содержащий 0,1 эквивалент – **децинормальным** (0,1 н.), 0,01 эквивалент – **сантинормальным** (0,01 н.).

Титр раствора – количество граммов вещества, растворенного в 1 мл раствора. В аналитической лаборатории концентрацию рабочих растворов пересчитывают непосредственно на определяемое вещество. Титр показывает, какому количеству граммов определяемого вещества соответствует 1 мл рабочего раствора

К **приблизительным растворам** относятся растворы, концентрация которых выражена в процентах, а также растворы кислот, концентрация которых обозначена выражением 1:х.

Перед приготовлением раствора необходимо произвести расчет количества растворяемого вещества и количества растворителя. При приготовлении приблизительных растворов количество растворяемого вещества рассчитывают с точностью до десятых долей, значения молекулярных масс берут округленно до целых чисел, а при расчете количества жидкости доли миллилитра не учитывают. Техника приготовления растворов различных веществ различна. Однако при приготовлении любого приблизительного раствора навеску берут на техномических весах, а жидкости отмеривают мерным цилиндром.

Особенности приготовления растворов щелочей

Расчет количества щелочи для приготовления раствора той или иной концентрации, производят так же, как для растворов солей. Однако твердая щелочь, особенно не очень хорошо очищенная, содержит много примесей, поэтому рекомендуется отвешивать щелочи в количестве, больше рассчитанного на 2-3%.

1. Кусочки щелочи следует брать щипцами, пинцетом, а если необходимо взять их руками, то обязательно в резиновых перчатках. Гранулированную щелочь в виде маленьких лепешечек насыпают фарфоровой ложкой.

2. Отвешивать щелочь на бумаге нельзя; для этого следует использовать только стеклянную или фарфоровую посуду.

3. Щелочь нельзя растворять в толстостенных бутылках, так как при растворении происходит сильное разогревание раствора; бутылка может лопнуть.

Отвешенное на техномических весах количество щелочи помещают в большую фарфоровую чашку или стакан. В эту посуду наливают такое количество воды, чтобы раствор имел концентрацию 35 – 40%. Перемешивают раствор стеклянной палочкой, пока вся щелочь не растворится. Затем раствор оставляют стоять до остывания и выпадения осадка. Осадок представляет собой

примеси (в основном карбонаты), которые не растворяются в концентрированных растворах щелочей. Оставшуюся щелочь осторожно сливают в другой сосуд (лучше с помощью сифона), куда доливают нужное количество воды.

Особенности приготовления растворов кислот

Расчеты для приготовления растворов кислот иные, чем при приготовлении растворов солей и щелочей, так как концентрация растворов кислот не равна 100% из-за содержания воды; нужное количество кислоты не отвешивают, а отмеривают мерным цилиндром. При расчетах растворов кислот используют стандартные таблицы, в которых указан процент раствора кислоты, плотность данного раствора при определенной температуре и количество этой кислоты, содержащееся в 1 л раствора данной концентрации.

Часто употребляют растворы кислот, концентрация которых выражена $1:x$, где x – целое число, показывающее, сколько объемов воды надо взять на один объем концентрированной кислоты. Например, раствор кислоты 1:5 означает, что при приготовлении раствора смешали 5 объемов воды с 1 объемом концентрированной кислоты. Например, приготовить 1 л раствора серной кислоты 1:7. Всего будет 8 частей. Каждая часть равна $1000:8 = 125$ мл. Следовательно, нужно взять концентрированной кислоты 125 мл, а воды – 875 мл.

При приготовлении растворов кислот нужно соблюдать следующие правила:

1. Раствор нельзя готовить в толстостенной бутылки, так как при разбавлении кислот, особенно серной, происходит сильное разогревание. Растворы кислот готовят в колбах.

2. При разбавлении нельзя наливать воду в кислоту. В колбу наливают рассчитанное количество воды, а затем тонкой струёй, постепенно, при перемешивании добавляют нужное количество кислоты. Кислоту и воду отмеривают мерными цилиндрами.

3. После остывания раствора его переливают в бутыль и наклеивают этикетку; бумажную этикетку парафинируют; можно сделать этикетку особой краской прямо на бутылках.

4. Если концентрированная кислота, из которой будут готовить разбавленный раствор, хранится долгое время, то необходимо уточнить ее концентрацию. Для этого измеряют ее плотность и по таблице находят точное содержание кислоты в растворе.

Концентрацию точных растворов выражают в виде молярной или нормальной концентрации или титром. Эти растворы обычно употребляются при аналитических работах; в физико-химических и биохимических исследованиях их применяют нечасто.

Навески для приготовления точных растворов рассчитывают с точностью до четвертого десятичного знака, точность молекулярных масс соответствует точности, с которой они приведены в справочных таблицах. Навеску берут на аналитических весах; раствор готовят в мерной колбе соответствующего объема.

Приготовленные растворы не следует хранить в мерных колбах, их переливают в бутыль с хорошо подобранной пробкой. Если точный раствор нужно перелить в бутыль или в другую колбу, то поступают следующим образом.

Бутыль или колбу, в которую будут переливать раствор, тщательно моют, ополаскивают несколько раз дистиллированной водой и дают постоять в перевернутом виде, чтобы вода стекла, или сушат. Ополаскивают бутыль 2-3 раза небольшими порциями того раствора, который собираются переливать, а затем переливают сам раствор. Каждый точный раствор имеет свой предельный срок хранения.

Задание

1. Что называют «насыщенным раствором» и «пересыщенным раствором»? Способы их приготовления.

2. Понятия «точный» и «приблизительный» растворы. Способы приготовления данных растворов.

3. Правила расчета и приготовления точных растворов.
4. Понятие, способ расчета и приготовления процентных растворов. Выполнить расчет, определить массу навески и количество воды, необходимое для приготовления:
200 г 10% раствора нитрата калия KNO_3
200 г 5% раствора CaCl_2 , исходя из $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$.
5. Выполнить расчет, определить массу навески и количество воды, необходимое для приготовления: 2 л 0,5 М раствора Na_2CO_3 .
6. Выполнить расчет, определить массу навески и количество воды, необходимое для приготовления: 500 мл 0,1 н. раствора Na_2SO_4 .

1.5. Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости – определение, группы, меры безопасности

Особое место среди применяемых в лабораториях огнеопасных веществ занимают органические растворители [Гайдукова 2019]. Они легко воспламеняются, быстро горят и с трудом тушатся. При горении легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) выделяют теплоту в 10 раз интенсивнее, чем древесина. Пары многих органических растворителей даже при комнатной температуре способны образовывать с воздухом пожаро- и взрывоопасные смеси. Опасность применения и хранения органических растворителей зависит от условий – количества и горючести жидкости, температуры, герметичности аппаратуры, наличия источников воспламенения (табл. 2). В зависимости от температуры вспышки ЛВЖ условно принято относить к одному из трех разрядов.

1 разряд – аллилхлорид, ацеталь, ацетон, бензины, гексан, диметилдихлорсилан, дипропиловый эфир, диэтиламин, диэтиловый эфир, метилметакрилат, метилформиат, пропиленоксид, петролейный эфир, сероуглерод, тетрагидрофуран, фуран, циклогексан, циклогексен, этиламин;

Таблица 2. Классификация легковоспламеняющихся веществ

Разряд опасности	Характеристика жидкости
1	Особо опасные
2	Постоянно опасные
3	Опасные при повышенной температуре

2 разряд – акрилонитрил, аллилбром, аллиламин, аллилхлорид, ацетонитрил, бензол, бутиламин, бутилхлорид, аллилацетат, гексаметилдисилоксан, гептан, дибутиловый эфир, диоксан, дихлорэтан, диэтилкетон, изопропилацетат, 2-пропанол, лигроин, метилацетат, метанол, метилэтилкетон, пиридин, толуол, триэтиламин, этилацетат, этилакрилат, этилбензол, этанол и др.;

3 разряд – амилацетат, амилбромид, ацетилацетон, бензилхлорид, бромбензол, бутанол, гексилхлорид, декан, диамиловый эфир, дикетен, диметиламиноэтанол, диметилсульфат, N,N-диэтиламиноэтанол, изоамилацетат, керосины, ксилол, метилакрилат, морфолин, муравьиная кислота, пентанол, пропилбензол, пропанол, скипидар, стирол, уайт-спирит, уксусная кислота, уксусный ангидрид, хлорбензол, циклогексанон.

Жидкости, имеющие температуру вспышки выше 61°C в закрытом тигле или выше 66°C в открытом тигле и способные гореть после удаления источника зажигания, относятся к горючим. Константы ЛВЖ и растворителей представлены в табл. 3.

Таблица 3. Характеристика растворителей

Название	Т кип., $^{\circ}\text{C}$	Плотность D, г/см^3	Твсп., * $^{\circ}\text{C}$
Ацетон	56,2	0,7909	-18
Диэтиловый спирт	36,0	0,7192	-43
Метиловый спирт	64,5	0,7961*	8
Этиловый спирт	78,3	0,7936*	12
Бензол	80,1	0,879	-12
Толуол	110,5	0,866	4
Этилацетат	77,1	0,9006	-3
Хлороформ	61,0	1,486	-
Четыреххлористый углерод	77,0	1,594	-

* Температура вспышки (Твсп.) – минимальная температура, при которой пары жидкости образуют в закрытом сосуде смесь, способную воспламениться.

При работе с ЛВЖ и ГЖ следует:

- не допускать попадания горючих паров в атмосферу (предотвращать образование пожаро-, взрывоопасных смесей); все работы следует проводить при работающей вентиляции;
- исключить возможность воспламенения при случайном образовании пожаро-, взрывоопасной концентрации паров;
- заранее принимать все возможные меры, чтобы последствия аварии, если она произойдет, были минимальными.

При отсутствии вентиляции пары низкокипящих органических растворителей способны опускаться вниз и растекаться по горизонтальным поверхностям, создавая далеко от рабочего места (в 3-5 м) взрывоопасные концентрации (диэтиловый эфир, сероуглерод и др.). Происходит насыщение воздуха парами растворителей; паровоздушная смесь опускается вниз. Этим свойством обладают пары растворителей, кипящих при температуре 80°C и ниже (бензол, четыреххлористый углерод, диэтиловый эфир). При проведении процессов, связанных с нагреванием ЛВЖ и ГЖ (перегонка, перекристаллизация, реакции в кипящих органических растворителях), следует пользоваться эффективными водяными холодильниками, чтобы избежать попадания паров в атмосферу.

Не допускается хранение даже небольших количеств ЛВЖ с температурой кипения ниже 50°C (пентан, сероуглерод, диэтиловый эфир). В конце рабочего дня остатки этих растворителей следует вынести в специальное холодное помещение.

Хранение ЛВЖ и ГЖ допускается в толстостенных бутылках вместимостью не более 1 л, снабженных пробками (лучше корковыми). Бутылки с ЛВЖ и ГЖ помещают в специальные металлические ящики, установленные вдали от источника тепла.

Запрещается выливать отходы ЛВЖ и ГЖ в канализацию.

Нельзя заполнять тару полностью, без воздушного пространства (не доливать 10% объема), иначе повышение температуры на 5-10°C может привести к разрушению бутылки.

При проливе значительных количеств ЛВЖ и ГЖ (более 1 л) следует устранить возможность воспламенения – обесточить работающее электрооборудование общим рубильником, погасить газовые горелки и спиртовки.

В зоне вероятных пожаро-, взрывоопасных концентраций паров нельзя выключать электроприборы с помощью тумблеров или выдергиванием вилки из розетки (образуется искра). Небольшие проливы засыпают мелким сухим песком. После впитывания массу собирают пластмассовым совком в ведро и выносят в безопасное место для сжигания.

Кроме открытого пламени и сильно нагретых предметов источниками воспламенения могут быть теплота химических реакций, контакт с каталитически активными материалами, сильными окислителями, а также искры, возникающие в результате накопления статического электричества.

При работе с ЛВЖ и другими горючими жидкостями нельзя использовать открытые плитки, открытое пламя. Используя ЛВЖ, относящиеся к 1 разряду (диэтиловый эфир, сероуглерод), следует применять либо предварительно нагретые в другом месте жидкостные бани, либо применять бани с погружным элементом.

Необходимо следить, чтобы пробки (крышки) не были повреждены. Растворители, образующие пероксиды, следует держать в бутылках малой емкости (например, диэтиловый эфир – по 100 мл), так как при налипании из больших бутылей каждый раз туда проникает значительное количество кислорода (с воздухом); бутылки должны быть из темного стекла, хранить их с ЛВЖ и ГЖ следует на холоде.

Задание

Расположите перечисленные в порядке алфавита растворители в порядке увеличения их температуры кипения: ацетон, бензол, диэтиловый спирт, метиловый спирт, толуол, хлороформ, четыреххлористый углерод, этилацетат, этиловый спирт.

1.6. Работа с лабораторными приборами общего назначения

Взвешивание – это сравнение массы данного тела с массой гири, масса которых известна и выражена в определенных единицах (мг, г, кг и др.) [Руководство... 1988]. Измерение массы тела или разности значений масс тел проводят на весах, эталонами массы служат гири.

В зависимости от точности, с которой производят взвешивание, весы делятся на группы: а) для грубого взвешивания (точность до граммов); б) для точного взвешивания (точность от 1 до 10 мг); в) аналитические: – обычные (точность до 0,1-0,2 мг); – полумикрохимические (точность до 0,01-0,02 мг); – микрохимические (точность до 0,001 мг); – ультрамикрохимические (точность до 10^{-6} – 10^{-9} мг); г) специальные (пробирные, торзионные и пр.).

Каждые весы имеют свой разновес – набор гирь. На каждой гире обозначена масса разновеса – номинальная масса. Истинная масса обычно не равна номинальной. Для разновеса аналитических весов это отклонение составляет десятые или сотые доли миллиграмма и не отражается на точности взвешивания. Чем меньше гиря, тем больше ее относительная неточность.

Для грубого взвешивания в лаборатории используют чашечные весы. Их устанавливают на ровной поверхности стола. Перед взвешиванием обязательно проверяют правильность установки весов, при этом указатель или стрелка должны показывать нулевое деление. Чашки весов должны быть чистыми.

При взвешивании взвешиваемый продукт кладут на левую чашку весов, а разновес – на правую, вначале кладут крупные гири, потом – более мелкие. Сыпучие материалы добавляют (и убавляют) совочком, шпателем, ложкой, кусочком картона или бумаги; жидкость вливают небольшими порциями. Дымящие и дурно пахнущие жидкости взвешивают только под тягой! Если известна

плотность жидкости, то ее удобнее брать не по массе, а по объему. Для перевода массы в объем пользуются формулой: $V = m / \rho$, где V – объем, мл; m – масса, г; ρ – плотность, г/см³.

На быстродействующих взвешиваемый предмет или тару помещают на площадку весов и рукояткой, расположенной справа, механически подбирают встроенные гири. Счетчик и оптическое устройство, которым оборудованы эти весы, дают непосредственный отсчет массы. Взвешивание на этих весах в десять раз быстрее, чем на чашечных весах, и значительно проще.

***При работе с весами всех типов необходимо
придерживаться правил:***

1. С весами, особенно аналитическими, нужно обращаться всегда очень осторожно. Без нужды не следует переставлять весы.
2. Весы всегда должны быть чистыми. Если при взвешивании чашки весов случайно загрязнятся, немедленно вытереть их.
3. Для взвешивания всегда надо пользоваться тарой. Нельзя насыпать непосредственно на чашку весов никаких веществ.
4. Взвешивание дурно пахнущих и ядовитых веществ на весах для грубого взвешивания и теххимических весах нужно проводить только в вытяжном шкафу.
5. На аналитических весах нельзя взвешивать в открытых сосудах йод, растворы аммиака, концентрированные кислоты – азотную, соляную и уксусную, 3- и 5- хлористый фосфор и летучие вещества, которые могут в парообразном состоянии действовать на материалы, из которых сделаны весы.

В лабораторном практикуме при проведении большинства опытов и синтезов применяют весы с точностью взвешивания 0,1 – 0,01 г и пределом взвешивания 200 – 300 г. Для более точных взвешиваний (для проведения химического анализа) используют аналитические весы с точностью взвешивания $\pm 0,0002$ г.

Взвешивание неагрессивных веществ. Взвешивание на весах всегда проводят с использованием тары. Химические вещества

запрещается помещать прямо на чашку весов. Для взвешивания химических реактивов в качестве тары используют стаканчики для взвешивания или бюксы. Допускается взвешивание на часовом стекле. Фарфоровые чашки использовать не рекомендуется, так как они слишком тяжелые. Для взятия небольших навесок неагрессивных веществ можно использовать кальку. Другая бумага, особенно фильтровальная, в качестве тары при взвешивании не пригодна, так как часть вещества прилипнет к ней. Масса бумаги зависит от влажности окружающего воздуха. Запрещается взвешивать горячие, грязные или мокрые предметы.

Взвешивание агрессивных веществ. Агрессивные вещества взвешивают в только закрытых бюксах. Ампулы, пробирки и приемники с веществом взвешивают в стеклянном стакане.

Взвешивание сыпучих веществ. Взвешивание сыпучих веществ на весах проводят следующим образом:

1. Поместите на чашку весов стаканчик для взвешивания.
2. Запишите его массу или обнулите показания весов.
3. Снимите стаканчик для взвешивания с чашки весов, поставьте на лист чистой бумаги, насыпьте в него взвешиваемое вещество и верните обратно на весы.
4. Если масса вещества не соответствует заданной, то стаканчик с веществом вновь снимите с чашки весов и добавьте (или отберите) необходимое количество вещества.
5. При взвешивании не насыпайте вещество в тару над весами, так как вещество может попасть на весы и загрязнить их.

Задание

Для весов различных марок (не менее 3 моделей!) укажите их особенности, заполнив следующую таблицу:

Марка весов	Предел взвешивания	Точность	Группа весов	Назначение

1.7. Нагревательные приборы и их использование

Муфельные печи. Использование и техника безопасности

Для нагревания или прокаливания веществ при высокой температуре используют электрические печи с терморегуляторами: трубчатые, тигельные и муфельные [Техника... 2009]. Трубчатые печи применяют для проведения реакций в токе газов. Для прокаливания небольшого количества вещества в тиглях наиболее удобны тигельные печи, для больших количеств – муфельные печи.

Нагревание тиглей. В зависимости от температуры используют различные способы нагревания тиглей. Для прокаливания веществ в тигле без контроля температуры обычно используют газовую горелку. Температура тигля при этом обычно не превышает 400⁰С. До более высоких температур (до 600⁰С) тигель можно нагреть паяльной горелкой. Тигель помещают в фарфоровый треугольник установленный на кольце штатива. О примерной температуре тигля судить по свечению (табл. 4). Использование тигельных, трубчатых и муфельных печей позволяет вести нагревание при контролируемой температуре от 100 до 1100⁰С.

Таблица 4. Примерный диапазон температур при различном свечении тигля

T min, ⁰ С	Свечение	T min, ⁰ С	Свечение
500-600	Темно-красное	1000-1200	Белое
600-800	Вишнево-красное	>1500	Ярко-белое
800-1000	Желтое	>1500	Ярко-белое

Правила работы с муфельной печью

1. Муфельная печь должна располагаться на огнеупорном основании, вдали от горючих материалов. Недопустимо вблизи работающей муфельной печи размещать емкости с легковоспламеняющимися жидкостями либо работать с ними. Необходимо организовать отведение от муфельной печи газов – продуктов горения (вытяжная вентиляция).

2. Образцы для сжигания в муфельной печи следует размещать в огнеупорных тиглях (фарфоровых, платиновых), каждый из которых снабжается маркировкой.

3. Тигли с образцами следует помещать в камеру муфельной печи или извлекать из нее ТОЛЬКО при полном охлаждении камеры (печь должна быть выключена).

4. Включение вилки печи в электросеть и выключение из сети проводят ТОЛЬКО при нулевом положении ручки режима нагрева.

5. При озолении проб фитомассы или почвы регулятор режима нагрева выставляют на позицию 3.

6. Проводя озоление образцов в муфельной печи, следует своевременно включить вытяжку, не допуская поступления дыма в воздух лаборатории, и не выключать вытяжку до конца работы.

7. Во избежание растрескивания тиглей при их быстром остывании не рекомендуется извлекать их горячими из печи.

Лабораторные бани

Если необходимо вести нагревание при определенной температуре, то применяют разного рода бани: водяные, паровые, воздушные, солевые, песочные, масляные, глицериновые, парафиновые, из легкоплавких металлов и сплавов. При выборе типа бани следует учитывать свойства нагреваемой смеси (вещества) и нагревающей среды, а также интервал нагрева.

Водяные бани используют при необходимости нагрева до 100°C , они удобны для работы с огнеопасными веществами, нагревающей средой служит вода. В водяной бане с терморегулятором заданная температура может поддерживаться с точностью до 2°C . Водяные бани нельзя использовать при работе с металлическим калием и натрием.

Солевые бани используют для нагревания до температуры выше 100°C , теплоносителями в них служат растворы солей. Температура кипения растворов солей зависит от концентрации: 74,5%-ый раствор хлористого кальция кипит при 175°C .

Масляные бани применяют для нагревания до температуры 180-250⁰С (в зависимости от масла). Минеральным маслом (цилиндровым, компрессорным) их наполняют до половины. Уровень вещества в нагреваемом сосуде должен быть на одном уровне с маслом. Для контроля за температурой в баню помещают термометр. При высокой температуре масла частично разлагаются с выделением дурно пахнущих веществ, вызывающих головную боль. Поэтому нагреваемая масляная баня должна находиться в вытяжном шкафу. При продолжительном нагревании до высокой температуры масло в бане иногда вспыхивает. Вспыхнувшее масло гасят, накрыв баню листом асбеста. Песок и воду для тушения воспламенившегося масла применять нельзя.

Парафиновые бани служат для нагревания до 220⁰С, так как выше этой температуры парафин начинает разлагаться. Правила работы такие же, как и с масляными банями.

Глицериновые бани удобнее масляных. Нагревание на них можно вести не выше 200⁰С, так как нагревающая среда – глицерин (вязкая густая жидкость с температурой кипения около 290⁰С) может разлагаться с образованием акролеина, вызывающего слезотечение и кашель.

В отличие от водяной масляная, парафиновая и глицериновая бани не имеют постоянной температуры нагрева. Сначала бани нагревают до температуры на 20-25⁰С ниже требуемой, а затем осторожно доводят до заданной и регулируют, чтобы не было перегрева.

Силиконовые бани используют при нагревании до 400⁰С. В качестве теплоносителя применяют кремнийорганические соединения – силиконовые масла разных марок.

Песочные бани используют при необходимости нагрева от 100 до 400⁰С. Нагревающей средой является песок (лучше кварцевый, предварительно прокаленный в шкафу для удаления органических примесей). Преимущество – постоянная температура нагревания, недостаток – медленный разогрев бани.

Нагревание – одна из важнейших операций, проводимых в химических лабораториях, которую используют для ускорения большинства органических реакций при выделении, очистке веществ (перегонка, возгонка, растворение, плавление, сушка и др.), определении физических констант веществ (температура плавления, температура кипения). Нагревание можно проводить открытым (голым) пламенем через асбестированную сетку, на бане, электронагревательными приборами. Нагревательные приборы, применяемые в лабораторной практике, разделяются на электрические, газовые, жидкостные. Из электрических нагревательных приборов чаще используют плитки (круглые, прямоугольные, с открытой и закрытой спиралью), сушильные шкафы, а также колбонагреватели и бани.

При работе с электроприборами необходимо п- не допускать попадания горючих паров в атмосферу (предотвращать образование пожаро-, взрывоопасных смесей); все работы следует проводить при работающей вентиляции;

- исключить возможность воспламенения при случайном образовании пожаро-, взрывоопасной концентрации паров;

- заранее принимать все возможные меры, чтобы последствия аварии, если она произойдет, были минимальными.

Следует помнить, что:

- включать прибор можно только в ту сеть, voltage которой соответствует voltage прибора;

- не греть приборы без надобности;

- не обливать приборы растворами солей, щелочей и т.д.;

- ставить электроприборы не на поверхность стола, а только на теплоизолирующий слой (асбест, шамот и др.);

- следить за чистотой приборов, перед включением печей убедиться – нет ли внутри посторонних предметов.

Задание

Прочитать материал, размещенный выше, и с его помощью заполнить таблицу:

Вид бани	Наполнитель	Диапазон температур	Особые меры безопасности при работе
----------	-------------	---------------------	-------------------------------------

2. ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОТОПИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ПОЧВ И РАСТЕНИЙ

2.1. Простейшие приборы для определения метеорологических показателей и работа с ними

Проведение любых полевых исследований обычно включает определение базовых метеорологических показателей с помощью круга доступных приборов [Лосев 2001; Приборы... 2019; О различных... 2024; Шкала... 2024; Жакова 2020]. *Термометр* представляет собой прибор для измерения температуры воды, почвы, воздуха, а также температуры тела. Всего выделяют пять основных видов: жидкостные, механические, электрические, оптические, газовые. Каждый из приведенных видов делится на подвиды. *Жидкостные* основаны на изменении залитой в них жидкости, при изменении температуры измеряемого объекта. Наибольшее распространение получили спиртовой и ртутный термометр. Ртутный – самый распространенный вид для измерения температуры тела. К достоинствам можно отнести высокую точность и низкую цену. Основной недостаток заключается в содержании вредной для человека ртути. Спиртовой термометр применяется в основном в лабораторных условиях – для измерения низких температур.

Принцип действия *механических термометров* аналогичен жидкостным, но в качестве датчика используется не жидкость, а металлическая спираль или лента из биметалла. Механические чаще всего используют для измерения комнатной температуры.

Электрические (цифровые) термометры становятся все популярнее. Это объясняется точностью их показаний и быстротой измерения (обычно около 1 минуты). Принцип действия цифровых измерителей основан на изменении сопротивления проводника под воздействием температуры. В качестве проводника используется

платиновая проволока или платиновое напыление на керамику. Цифровые приборы позволяют измерять температуру тела разными путями: под мышкой, в ухе, во рту и в прямой кишке.

При использовании *оптических термометров* измерение температуры происходит путем оценки изменения уровня светимости, спектра и иных параметров. Примером таких конструкций может служить инфракрасный термометр для измерения температуры тела. Они дают результат моментально, что очень удобно для измерения температуры у маленьких детей. Измерение можно проводить в ухе или на лбу. Действие *газового термометра* основано на зависимости объема или давления идеального газа от температуры. Такие конструкции предназначены для измерения низких или не очень высоких температур. Они изготавливаются из стекла или кварца и наполняются водородом или гелием. Для измерения очень высоких температур применяются измерители из сплава платины с родием и с наполнением из водорода.

Термометр метеорологический – прибор для измерения температуры воздуха. Термометры метеорологические относятся к группе термометров жидкостных. Жидкостные термометры основаны на принципе изменения объема жидкости при повышении или понижении температуры. В качестве термометрической жидкости обычно применяют ртуть или спирт.

В метеорологии применяются две температурные шкалы – Цельсия и Фаренгейта. На шкале Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) точка таяния льда обозначена 0° , а точка кипения воды 100° . Промежуток между ними разделен на 100 частей. На шкале Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$) точку таяния льда обозначают 32° , а точку кипения воды – 212° . Отсчеты по метеорологическим термометрам, предназначенным для измерений на метеостанциях, проводятся с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$. Метеорологические термометры отличаются размерами, устройством, пределами измерений и ценой деления шкалы.

Для определения температуры и влажности воздуха пользуются ртутными психрометрическими термометрами метеорологическими в стационарном и аспирационном психрометре. Цена их деления $0,2^{\circ}\text{C}$; нижний предел измерения -35°C , верхний 40°C (или соответственно -25°C и 50°C).

При температурах ниже -35°C (вблизи точки замерзания ртути) показания ртутных метеорологических термометров становятся ненадёжными; поэтому для измерения более низких температур пользуются низкоградусным спиртовым термометром, устройство которого аналогично психрометрическому, цена деления его шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$, а пределы измерений варьируют: нижний -75 , -65 , -60°C , а верхний 20 , 25°C .

Для измерения максимальной температуры за некоторый промежуток времени применяется ртутный максимальный метеорологический термометр. Цена деления его шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$; пределы измерения от -35 до 50°C (или от -20 до 70°C). Рабочее положение почти горизонтальное (резервуар слегка опущен). В дно резервуара максимального термометра впаян стеклянный конический стержень, который верхним узким концом входит в капилляр. Поэтому в начале капилляра образуется сужение, препятствующее свободному передвижению ртути из капилляра в резервуар. Когда температура повышается, ртуть под действием теплового расширения проталкивается через сужение из резервуара в капилляр. При понижении температуры ртуть из капилляра обратно не проходит, так как силы сцепления между частицами ртути не в состоянии преодолеть силы трения в суженной части термометра, и в этом месте происходит разрыв ртути. Оставшийся в капилляре столбик ртути будет указывать максимальную температуру за определенный промежуток времени. Для того чтобы ртуть ушла обратно в резервуар, термометр встряхивают несколько раз сильными, но плавными движениями руки.

Для измерения минимальной температуры за некоторый промежуток времени используются спиртовые минимальные термометры метеорологические. Цена деления шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$; нижний предел измерений варьирует от -75 до -41°C , верхний от 21 до 41°C . Рабочее положение термометра – горизонтальное. Резервуар термометра цилиндрический. В капилляре минимального термометра внутри спирта помещен небольшой тонкий стеклянный штифтик с утолщенными тупыми концами. Когда температура поднимается, то спирт, отодвигаясь к резервуару, тянет за собой штифтик, который не может выйти из спирта. Если температура вновь начинает подниматься, то спирт снова проходит мимо штифтика, не сдвигая его с места. При наблюдении по положению конца штифтика, находящегося дальше от резервуара, можно определить, какая наименьшая температура была в течение периода между двумя наблюдениями. После отсчета термометр переворачивают резервуаром вверх и ждут, пока штифтик дойдет до мениска спирта. Затем термометр вновь устанавливают горизонтально.

Для определения температуры поверхности почвы пользуются ртутным коленчатым термометром Савинова. Цена деления его шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$; пределы измерения от -10 до 50°C .

Измерения температуры почвы на глубинах до нескольких м осуществляются ртутными почвенно-глубинными термометрами, помещенными в специальных установках. Цена деления его шкалы $0,2^{\circ}\text{C}$; пределы измерения варьируют: нижний -20 , -10°C , а верхний 30 , 40°C . Менее распространены ртутно-таллиевые психрометрические термометры метеорологические с пределами от -50 до 35°C и некоторые др. Деления его шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$; пределы измерения варьируются: нижний от -35 до -10°C , верхний от 60 до 85°C . Измерения температуры почвы на глубинах 5 , 10 , 15 и 20 изогнут под углом 135° , а капилляр от резервуара до начала шкалы теплоизолирован, что уменьшает влияние на показания.

Влажность воздуха оценивают с помощью психрометров и гигрометров (прил. 2).

Гигрометры показывают непосредственно относительную влажность воздуха. Гигрометр конструктивно включает в себя пучок обезжиренных волос, соединенный через блок со стрелкой, которая движется по шкале. Длина волоса увеличивается при повышении влажности воздуха и уменьшается – при ее снижении, пропорционально содержанию водяных паров в воздухе.

Психрометр Ассмана состоит из двух одинаковых (психометрических) ртутных термометров в общем футляре, цена деления которых составляет $0,2^{\circ}\text{C}$. Резервуар одного из них (обычно правого) покрыт хлопчатобумажной тканью (батистом), которая предварительно увлажняется дистиллированной водой. При испарении воды резервуар термометра охлаждается, по разности температур сухого и влажного термометра судят о влажности воздуха, поскольку интенсивность испарения зависит от степени насыщения окружающего воздуха водяными парами. Психрометр Ассмана имеет для защиты резервуаров термометров двойные металлические экраны, защищающие от теплового излучения, корпус прибора помещен в защитные трубки, к которым примыкает аспирационный вентилятор, обеспечивающий постоянную скорость движения воздуха (2 м/с).

Работа с психрометром Ассмана. При измерении влажности воздуха подвесить прибор на шест так, чтобы резервуары термометров находились на нужной высоте над поверхностью почвы. С помощью винта запустить вентилятор аспиратора, спустя 3 мин провести отсчет показаний. Измерения следует провести дважды (трижды) и вычислить среднее значение. В работе с прибором необходимо выполнять следующие правила:

- проводить измерения при температуре не ниже -5°C (для этих условий применяют волосной гигрометр);
- во время работы следить за тем, чтобы ветер дул в направлении от психрометра в сторону наблюдателя, а не наоборот;

– летом выдерживать прибор вне помещения не менее 15 мин до того, как будут начаты измерения;

– не касаться корпуса прибора руками, снимая показания.

Абсолютная влажность воздуха вычисляется по формуле:

$$K = f - 0,5 \cdot (T_c - T_v) \cdot B / 755.$$

Относительную влажность воздуха определяют по формуле:

$$P = K / F \cdot 100\%,$$

где K – абсолютная влажность воздуха, мм рт. ст.; f – максимальная влажность воздуха при температуре влажного термометра (по табл. 5); T_c – температура сухого термометра, T_v – температура влажного термометра, B – атмосферное давление в момент наблюдения, мм рт. ст.; F – максимальная влажность при температуре сухого термометра (табл. 5). Скорость движения воздуха (ветра) определяют анемометрами (прил. 3). Работа динамических анемометров основана на вращении воздухом лопастей, прикрепленных к центральной оси. Для скоростей движения воздуха, превышающих 1 м/с, обычно используют чашечный анемометр, при скорости ветра от 0,3 до 1 м/с более оправдано использование крыльчатого анемометра.

Ручной чашечный анемометр Фусса состоит из горизонтальной крестовины с четырьмя полыми чашками-полушариями, выпуклости которых обращены в одну сторону. Под действием ветра крестовина с чашками приходит в движение, вращение передается стрелкам счетчика оборотов, на передней стенке которого располагаются три шкалы. Шкалы имеют разные единицы измерений: тысячи, сотни и десятки (единицы) оборотов.

Работа с ручным чашечным анемометром. Прежде чем начать измерения, следует записать исходные показания на циферблате анемометра (прибор не зануляется): сначала – целое число тысяч и число сотен по маленьким шкалам, затем – число десятков и единиц по большой шкале анемометра.

Таблица 5. Максимальная влажность воздуха при разных температурах

Температура, +°C	Макс. влажность, мм рт. ст.	Температура, +°C	Макс. влажность, мм рт. ст.
0	4,58	29	30,04
10	9,20	30	31,84
11	9,84	31	33,69
12	10,5	32	35,66
13	11,23	33	37,73
14	11,99	34	39,90
15	12,73	35	42,17
16	13,63	36	44,16
17	14,54	37	46,65
18	15,48	38	49,26
19	16,48	39	52,00
20	17,73	40	55,32
21	18,65	41	58,34
22	19,83	42	61,50
23	21,07	43	64,80
24	22,38	44	68,26
25	23,76	45	71,88
26	25,20	50	92,51
27	26,74	55	118,04
28	28,34	60	149,38

Насадить прибор на шест либо поднять на вытянутой руке, установив анемометр так, чтобы его крыльчатка находилась в струе движущегося воздуха. После того, как крыльчатка приобретет равномерную скорость вращения, отпустить стрелки анемометра и в течение 3 (5-10) мин провести измерение. Выключив прибор, снять показания. По их разности определить число оборотов крыльчатки и рассчитать их количество за одну секунду, что у чашечного анемометра соответствует скорости движения воздуха в 1 м/сек.

Для ориентировочной визуальной оценки скорости ветра используется шкала Бофорта (табл. 6).

Таблица 6. Сила ветра у земной поверхности по шкале Бофорта
(на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью)

Баллы	Термин	М/сек	Действие ветра	
			на суше	на море
0	Штиль	0-0,2	Штиль. Дым поднимается вертикально	Зеркально гладкое море
1	Тихий	0,3-1,5	Направление ветра заметно по отношению дыма, но не по флюгеру	Рябь, пены на гребнях нет
2	Лёгкий	1,6-3,3	Движение ветра ощущается лицом, шелестят листья, движется флюгер	Короткие волны, гребни не опрокидываются и кажутся стекловидными
3	Слабый	3,4-5,4	Листья и тонкие ветви деревьев всё время колыхнутся	Короткие, хорошо выраженные волны. Гребни, опрокидываясь, образуют стекловидную пену, изредка образуются маленькие белые барашки
4	Умеренный	5,5-7,9	Ветер поднимает пыль, качаются тонкие ветви	Волны удлиненные, белые барашки видны во многих местах
5	Свежий	8,0-10,7	Качаются тонкие стволы деревьев, на воде появляются волны с гребнями	Хорошо развитые в длину, но не очень крупные волны, повсюду видны белые барашки (в отдельных случаях образуются брызги)
6	Сильный	10,8-13,8	Качаются толстые сучья деревьев, гудят провода	Начинают образовываться крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади
7	Крепкий	13,9-17,1	Качаются деревья, идти против ветра трудно	Волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру

Баллы	Термин	М/сек	Действие ветра	
			на суше	на море
8	Очень крепкий	17,2-20,7	Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра трудно	Умеренно высокие длинные волны. По краям гребней взлетают брызги. Полосы пены ложатся рядами
9	Шторм	20,8-24,4	Небольшие повреждения крыш и труб	Высокие волны. Пена широкими полосами ложится по ветру. Гребни волн начинают опрокидываться и рассыпаться, ухудшается видимость
10	Сильный шторм	24,5-28,4	Значительные разрушения строений, деревья вырываются с корнем. На суше бывает редко	Очень высокие волны с длинными загибающимися вниз гребнями. Образующаяся пена выдувается ветром большими хлопьями в виде густых белых полос. Поверхность моря белая от пены. Сильный грохот волн подобен ударам. Видимость плохая
11	Жестокий шторм	28,5-32,6	Большие разрушения на значительном пространстве. На суше наблюдается очень редко	Исключительно высокие волны. Суда небольшого и среднего размера временами скрываются из вида. Море всё покрыто длинными белыми хлопьями пены. Края волн повсюду сдуваются в пену. Видимость плохая
12	Ураган	32,7 и более	-	Воздух наполнен пеной и брызгами. Море всё покрыто полосами пены. Очень плохая видимость

Примечание. Шкала Бофорта – условная шкала для визуальной оценки силы (скорости) ветра в баллах. Составлена в 1806 г. английским адмиралом Ф. Бофортом, с 1874 г. принята для использования в международной практике синоптических наблюдений. Приведенная в таблице версия шкалы Бофорта была принята в 1963 г. Всемирной метеорологической организацией.

Атмосферное давление в пределах от $8 \cdot 10^3$ до $106 \cdot 10^3$ Па определяют с помощью барометра-анероида (прил. 4).

На метеоплощадке, оборудованной для регистрации данных метеонаблюдений, горизонтально устанавливаются приборы, снабженные самописцами: барограф, термограф, гигрограф, которые имеют воспринимающую, передающую и записывающую части. Воспринимающая часть включает anerоидную коробочку – у барографа (прилож. 4), биметаллическую пластину – у термографа, пучок волос – у гигрографа, передающая часть состоит из стрелки с пером, записывающая – из барабана, вращающегося вокруг оси при помощи часового механизма. На барабане фиксируется лента с миллиметровыми делениями. При вращении барабана с постоянной скоростью на бумаге фиксируется график изменения метеопараметра (температуры, давления, влажности) в течение дня.

Вопросы для самопроверки

1. К какой группе термометров по устройству и особенностям работы принадлежит медицинский ртутный термометр?
2. Почему в медицинских целях используется ртутный, а не спиртовой термометр, ведь ртуть – опасный металл?
3. Какие термометры дадут более точные показания: жарким летом? В экстремальные морозы зимой? Почему вы так считаете?

Расчетные задачи

1. Рассчитайте, чему равна величина «нормального» атмосферного давления, равная 760 мм рт. ст., при ее выражении в других единицах изменения?
2. Для измерения атмосферного давления применяют несколько единиц измерения: миллиметры ртутного столба, гектопаскалы, атмосферы, миллибары. Соотношения между ними: 1 атм = 98,0665 кПа; 1 мм рт. ст. = 133,322 Па; 1 бар = 100 кПа. Помимо обычной для нас температурной шкалы Цельсия, существуют другие шкалы измерения температур (табл. 7).

Используя материал, приведенный ниже, рассчитайте, чему равна величина атмосферного давления, равная 772 мм рт. ст., при ее выражении в других единицах измерения? Чему равна температура +5⁰С при ее выражении в других шкалах?

Таблица 7. Шкалы измерения температур

Пересчёт температуры между основными шкалами		
	из Цельсия (°C)	в Цельсий
Фаренгейт (F)	$[F] = [^{\circ}\text{C}] \times 9/5 + 32$	$[^{\circ}\text{C}] = ([F] - 32) \times 5/9$
Кельвин (K)	$[K] = [^{\circ}\text{C}] + 273,15$	$[^{\circ}\text{C}] = [K] - 273,15$
Réaumur	$[Ré] = [^{\circ}\text{C}] \times 4/5$	$[^{\circ}\text{C}] = [Ré] \times 5/4$
Rømer	$[Rø] = [^{\circ}\text{C}] \times 21/40 + 7,5$	$[^{\circ}\text{C}] = ([Rø] - 7,5) \times 40/21$

Задание

Составьте сравнительную характеристику метеоприборов, в виде следующей таблицы, и приготовьтесь устно охарактеризовать данные приборы:

Название прибора / определяемый параметр	Чувствительный элемент	Способ фиксации данных	Недостатки по сравнению с аналогами	Преимущества по сравнению с аналогами
Барометр ртутный чашечный				
Барометр-анероид				
Барограф				
Гигрометр				
Психрометр Ассмана				
Анемометр чашечный				
Анемометр электронный				

2.2. Приемы полевого обследования растительности и почв

В данном пособии мы ограничимся лишь самым кратким освещением вопросов полевого обследования места, где проводятся наблюдения и отбор проб почв и растительного материала. Тем, кто интересуется практикой полевого обследования почв и растительности, порекомендуем для ознакомления хотя бы некоторые из множества аналогичных руководств [Полевые... 1980; Полевые... 1989; Полевой... 1994; Матвеев 2000; Методы... 2011; Баранов 2013; Яшин 2015; Практикум... 2016; Популяционная... 2023].

Общая характеристика места отбора проб

Для общей характеристики места отбора проб используются бланки, которые разрабатываются с учетом программы исследований. В зависимости от того, геохимическое, ботаническое или иное направление имеют проводимые исследования, в бланке будут расширены те или иные разделы. Примеры бланков, предназначенных для более углубленного обследования почвенного покрова и растительности, в том числе на нелесных участках, городских объектах озеленения, даны в конце пособия (прил. 5–7).

В бланке-описании предлагается отразить следующие пункты.

1. Привязка исследуемого участка к ориентирам на местности. Участок должен либо отражать характерные черты местности, либо, при конкретно поставленной задаче, отличаться особенностями растительного покрова, почв или иными признаками. Ориентирами для привязки выбирают хорошо заметные стационарные объекты, по отношению к которым оценивается направление (с помощью компаса) и расстояние до исследуемого участка.

2. Макрорельеф – наиболее крупная форма рельефа (Приволжская возвышенность и т.д.), характеристика мезорельефа в ее

границах – холм, речная долина, первая терраса речной долины и т.д., следует охарактеризовать относительную высоту, ширину, форму склона (прямой, выпуклый, сложный и др.) и положение точки отбора проб на мезоформе (нижняя, средняя и пр. часть склона).

3. Экспозиция склона относительно сторон горизонта.

4. Микрорельеф – наличие воронок, западинок, промоин, их размеры и частота встречаемости на площади 100 м² или 1 га.

5. Характер фитоценоза – общее название растительного сообщества (дубрава, сосняк, лесополоса, луг, пашня).

6. Растительная ассоциация, культура, тип леса. Сначала устанавливают формулу древостоя – выявляют количественное соотношение разных пород деревьев в баллах от общей суммы 10 (при 80% сосны и 20% березы формула древостоя 8С2Б).

При обследовании лесного сообщества бланк дополняется рядом таблиц, при заполнении которых устанавливается ярусность леса и дается видовое описание ярусов: древесного (обычно 2–3 яруса), подроста, подлеска (кустарников), травянистого и мохово-лишайникового покрова (ниже даны примерные образцы таблиц).

Возраст деревьев рассчитывается по годовым кольцам, у хвойных – по мутовкам (к количеству мутовок прибавляют 3-4 года, так как их образование начинается не с первого года жизни).

Сомкнутость крон древесного яруса (СК): редкий лес, проникают лучи солнца – 20-30%, сквозь кроны видны участки неба, занимают столько же места, сколько и кроны – 50%, темный лес, травяной покров почти не развит – 80-90%.

Древостой (формула)

№	Наименование древесных пород	Ярус	Средняя высота, м	Средний диаметр, м	Господствующий возраст, лет
---	------------------------------------	------	-------------------------	--------------------------	-----------------------------------

Подрост

№	Наименование древесн. пород	Оби- лие	Средняя высота, м	Господству- ющий возраст, лет	Интенсив- ность возоб- новления
---	-----------------------------	-------------	----------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Подлесок

№	Наименование видов кустарников	Оби- лие	Жизнен- ность	Средняя высота, м	Распре- деление
---	--------------------------------------	-------------	------------------	----------------------	--------------------

Травянистые растения

№	Названия растений	Обилие
---	-------------------	--------

Моховой и лишайниковый покров

№	Виды мхов и лишайников	Покрытие, %	Обилие
---	------------------------	-------------	--------

Обилие характеризуется разными грациями, возможна визуальная оценка по шкале: единично, редко, рассеянно, обильно, очень обильно.

После описания растительности леса определяется его тип. В название растительной ассоциации включаются основные виды древостоя, подлеска и травянистого или мохово-лишайникового ярусов, например: липовая дубрава папоротниково-крапивная.

7. Условия увлажнения и стока – тип увлажнения (атмосферный, грунтовый, поемный), длительность затопления (если происходит), глубина залегания грунтовых вод.

8. Условия дренирования и мелиоративные особенности – происходит ли отток влаги или влага задерживается, какой сток преобладает (поверхностный, внутрипочвенный), производится ли орошение/осушение территории.

9. Размеры пробной площади – для описания лесной растительности берется площадка размером 100-2500 м². Форма площадки может быть различной. По углам площадки ставят колышки и натягивают между ними шпагат. При описании растительности луга выбирается площадка размерами около 25 м². Отмечается тип луга (суходольный, низинный, пойменный).

10. Размеры учетных площадок и характер их расположения – площадки размером 1х1 м располагают в случайном порядке, их количество зависит от размера пробной площади и типа растительного сообщества. В плане расположение метровок может быть линейным, диффузным, в виде трансект или буквы Z.

11. Средняя высота травостоя, проективное покрытие, % – проективное покрытие (покрытие) в простейшем случае характеризуется так: не сомкнутый покров, единичные растения – 5-10%; растения довольно близко расположены, но между ними значительные расстояния – 20-25%; растения близки и образуют сомкнутый покров, но видны "дырки" – 30-50%; растения образуют "ажурный" сомкнутый покров – 60-70%; растения образуют плотный многоярусный покров (влажный луг и др.) – 100%.

12. Положение разреза (скважины) относительно рельефа – характеризуют положение шурфа относительно мезорельефа (нижняя, средняя, верхняя часть склона).

13. Состояние почвы, проявление эрозии – почвы слабой, средней или сильной степени смытости гумусового горизонта. Воздействие ветровой или водной (смыв, размыв) эрозии.

14. Признаки заболоченности, засоленности, каменистости – оцениваются визуально в баллах. Засоление: солевые выцветы слабо заметны при подсыхании поверхности почвы – 1, солевые выцветы ясно заметны – 2, солевой выцвет умеренно густой – 3, солевой выцвет густой и довольно мощный – 4, солевой выцвет мощный, почва "зарастает" кристаллами – 5. Каменистость: единичные обломки – 1, щебень хорошо заметен, занимает 0,1 объема – 2, щебень занимает 0,25 объема – 3, щебень занимает 0,5 объема – 4, почва почти полностью представлена щебнем – 5.

15. Характер отбора проб: определяется задачами работы.

16. Флористический состав травостоя: таблица включает сведения о фенофазах, в которых находятся растения на момент наблюдений и дополнительные сведения о растениях (кормовая ценность, вредные, ядовитые растения и т.д.).

17. Полевое описание почвы (на обороте бланка) выполняют в ходе анализа почвенного разреза (шурфа, профиля).

Работа с почвенным шурфом

При закладке шурфа избегают мест, подвергавшихся глубокому перекапыванию (землеройными машинами или вручную). Частота их закладки определяется сложностью почвенного покрова и растительности. Чаще всего шурф выкапывается в центральной части растительной ассоциации, где наиболее типичны природные условия, при необходимости на удалении от него в различных направлениях делают полуямы и прикопки.

В зависимости от генезиса и механического состава почвообразующих и подстилающих пород глубина шурфов достигает 1-1,5 м (в глинистых) и 2,5-3 м (в песчаных почвах), иными словами, следует вскрывать все генетические горизонты почвы и верхнюю часть почвообразующих и подстилающих пород, не затронутых почвообразованием.

Разрез должен быть расположен так, чтобы описываемые стенки были освещены солнцем не менее часа, примерно такое время требуется для детального описания профиля. Шурфы копаются ступеньками, наибольшая глубина – у описываемой стенки. Длина разреза зависит от предполагаемой глубины. Ширина разреза – не менее 70-80 см. При копке разрезов следует ***придерживаться правила:*** лесная подстилка, дернина, перегнойный (пахотный) горизонт выбрасывают на одну сторону от разреза, породы из более глубоких горизонтов – на другую, причем непосредственно перед зеркалом разреза (передней стенкой) почву не выбрасывают, максимально сохраняя исходную картину залегания горизонтов. После выполнения работ шурф закапывают. При работе с шурфом следует, как можно менее повреждать естественный растительный и почвенный покров, чтобы небрежно выполненная работа не стала причиной развития эрозии почвы.

В почвенном разрезе выделяют ряд горизонтов. **A** – общее обозначение гумусового (перегнойно-аккумулятивного) горизонта, который занимает верхнюю часть профиля и характеризуется наиболее темной окраской и максимальным содержанием гумуса. Выше данного горизонта, в зависимости от типа сообщества и условий почвообразования, могут располагаться: **A0** – лесная подстилка, которая по степени разложения делится на **A0'** – верхний слабо разложившийся слой, **A0''** – средний слой с большей степенью разложения, **A0'''** – наиболее сильно разложившаяся органика, либо **AD** – дернина, образующаяся под травянистой растительностью на суходольных и пойменных лугах. При распашке горизонт **A** преобразуется в **АП** – пахотный горизонт.

Иллювиальный горизонт **B** находится ниже, имеет неодинаковую степень однородности и различную окраску и может в конкретном профиле отчетливо делиться на **B1**, **B2**, **B3** и т.д.

C – материнская почвообразующая порода, основа для образования почвы, занимает нижнюю часть почвенного разреза. Подстилающая порода **D** расположена ниже почвенных горизонтов и отличается от них по генезису. При вовлечении ее в почвообразование используют индекс **CD**.

Характер перехода горизонтов определяют, руководствуясь следующими критериями: резкий, линейный, если область смены горизонтов не выходит за пределы 1 см, ясный при границе перехода, не превышающей полосы 2-3 см, заметный при смене горизонтов в полосе 3-5 см, постепенный при замещении одного горизонта другим в полосе более 5-7 см. На более легких породах границы между горизонтами более расплывчатые.

Механический состав почвы определяют полевыми методами. **Структура почвы** оценивается с использованием общих названий (пылеватая, зернистая, комковатая, ореховатая, столбчатая). Критерии **влажности** почвенных горизонтов в полевых условиях оцениваются следующим образом: почва сухая, если не

холодит рук, песок просыпается, почва свежая если слегка холодит руки и слабо светлеет при высыхании, почва влажная, если заметно холодит руки, значительно светлеет при высыхании, почва сырая, если на ощупь холодная и сырая, почва мокрая, если при сдавливании выжимается вода.

Сложение, плотность почвы оцениваются как рассыпчатое в случае, если в сухом состоянии почва представляет собой сыпучую массу, рыхлое, если лопата легко входит в почву, а при сбрасывании с лопаты земля рассыпается, уплотненное, если лопата входит в почву с некоторым усилием, плотное (копать трудно), слитое (почва почти не поддается действию лопаты, а почвенный нож приходится забивать в почву молотком).

2.3. Оценка состояния древесных растений по В.А. Алексееву

В.А. Алексеев, 1989 [Жакова 2020; Алексеев 1989], предложил шкалу категорий жизненного состояния деревьев по визуальным характеристикам кроны:

1. Здоровое дерево. Не имеет внешних повреждений кроны и ствола, густота кроны обычная для господствующих деревьев, мертвые и отмирающие ветви сосредоточены в нижней части кроны и отсутствуют в верхней ее половине. Закончившие рост листья и хвоя зеленого или темно-зеленого цвета, их продолжительность жизни типична для региона. Повреждения листьев и хвои незначительны (<10%) и не сказываются на состоянии дерева.

2. Поврежденное (ослабленное) дерево. Обязателен хотя бы один из следующих признаков: снижение густоты кроны на 30% за счет преждевременного опадения или недоразвития листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны; наличие 30% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине кроны; повреждение (объедание, ожог, хлорозы, некрозы и т.д.) и выключение из ассимиляционной деятельности 30% листовой поверхности.

3. Сильно поврежденное (сильно ослабленное) дерево. Обязателен хотя бы один из следующих признаков: снижение густоты облиствления кроны на 60% за счет преждевременного опадения листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны; наличие 60% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине кроны; повреждение различными факторами и выключение из ассимилирующей деятельности 60% площади листьев; отмирание верхушки кроны.

4. Отмирающее дерево. Крона разрушена, ее густота – менее 15-20% по сравнению со здоровой; >70% ветвей, в том числе в верхней половине, сухие или бледно-зеленого, желтоватого, оранжево-красного цвета. Некрозы белесого, коричневого или черного цвета. При загрязнении атмосферы большая часть некротизированных листьев быстро отмирает. В комлевой и средней части ствола возможны признаки заселения стволовыми вредителями.

5а. Свежий сухостой. Деревья, погибшие менее года назад. У них возможны остатки сухой хвои или листьев, кора и мелкие ветви часто бывают целы (обычно заселены насекомыми-ксилофагами).

5б. Старый сухостой. Деревья, погибшие в прошлые годы. Постепенно утрачивают ветви и кору.

Автор предложил также, в дополнение к анализу представленности деревьев разных классов в насаждениях, использовать расчетную формулу индекса состояния древостоев:

$$L = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N},$$

где L – индекс (относительное жизненное состояние древостоя); $n_1 - n_4$ – число деревьев соответствующего класса жизненного состояния; N – общее число деревьев, включая сухостой.

Приведем в качестве примера результаты, полученные нами совместно с Н.В. Прохоровой при обследовании состояния деревьев ели колючей, произрастающих на территории завода Металлист (г. Самара, 1989 г.). Озеленение промплощадки проводили постоянно в течение трех десятилетий, и к моменту наблюдений в насаждениях присутствовали деревья, принадлежащие к двум группам возраста: молодые (до 10 лет) и взрослые (более 20 лет). Относя их к определенным классам по методике Алексеева, мы обнаружили различные спектры состояния (рис. 5).

Контрольные группы растений обоих возрастов, произраставшие вне промплощадки, характеризовались лучшим состоянием. Молодые растения ели являются более уязвимыми в условиях техногенного загрязнения, о чем свидетельствует наличие классов состояния 3-5 в составе спектров. Изменения спектра с достижением растениями 20-летнего возраста мы объясняем тем, что, пережив некий критический период, ослабленные растения погибают и выбраковываются из насаждения при уходе за ним.

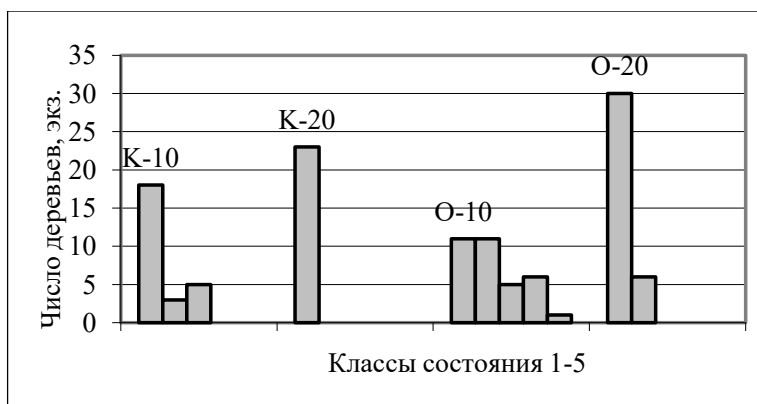


Рисунок 5 – Классы возрастного состояния деревьев ели колючей на промплощадке завода «Металлист» (О) и в парковой зоне (К) обозначения «10» и «20» соответствуют деревьям разных возрастных групп

Задание

1. Выполнить обследование модельного участка городских насаждений, в котором представлено не менее 3 различных видов древесных пород и численность каждой из них – не менее 10 экземпляров, проводя оценку жизненного состояния данных древесных растений по шкале Алексеева. Данные занести в рабочую таблицу, построить гистограмму распределения каждой группы объектов по классам жизненного состояния. Сделать выводы.

2. По выданным материалам полевого обследования модельного насаждения рассчитать индекс состояния древостоя для каждого из представленных видов (пород деревьев).

2.4. Анализ фенологических процессов развития растений.

Анализ климатических данных, характеризующих местообитания живых организмов

Среди климатических факторов особое значение для растений имеют происходящие в течение года колебания температуры и количества выпадающих осадков, а также их взаимосвязь. Для того, чтобы оценить влияние температуры и осадков на рост и развитие растений, немецкий эколог и геоботаник Генрих Вальтер (1898-1989) [Walter 1973] предложил метод климатодиаграмм (диаграмм климата) [Растительный... 1982; Сытник 1987].

На климатодиаграммах по горизонтальной (нулевой) линии наносят месяцы (рис. 6). При этом на диаграммах, относящихся к северному полушарию, месяцы принято располагать от января до декабря, а на диаграммах, относящихся к южному полушарию, – от июля до июня следующего года. Это позволяет получить представление о фактических изменениях климатических факторов в течение года, от зимы до зимы.

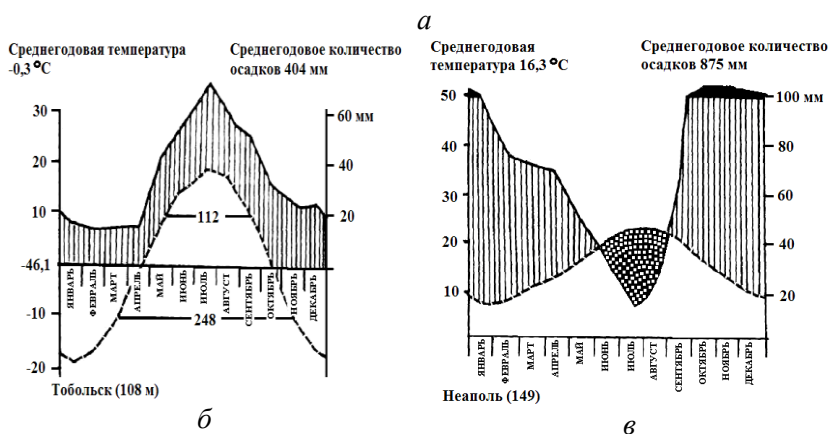
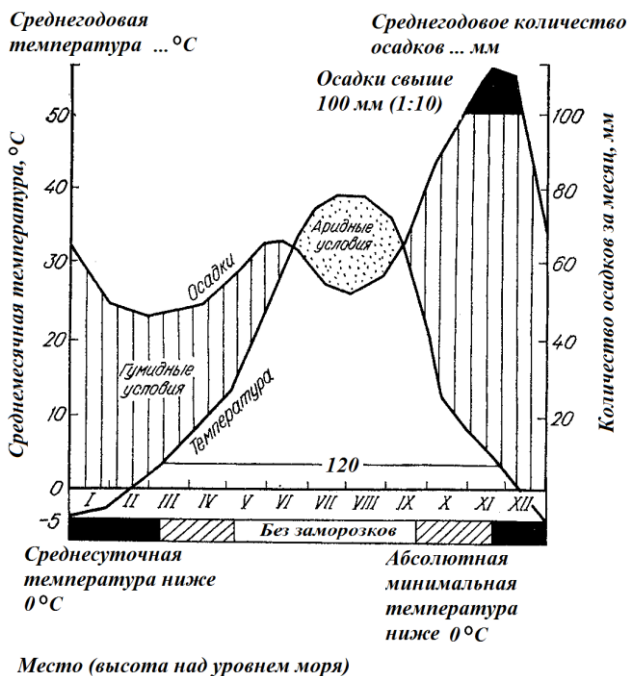


Рисунок 6 – Принцип построения (а) и примеры климатодиаграмм (б, в).
 Примечание. На климатодиаграммах Б и В кривая температур показана сплошной линией, кривая осадков – штриховой линией [Сытник 1987]

Шкалу температур наносят на вертикальной стороне диаграммы слева. Над ней принято указывать среднегодовую температуру воздуха в градусах Цельсия, вычисленную по результатам многолетних наблюдений (рис. 6 б, в). На шкале температур напротив нулевой линии обычно приводят самую низкую отрицательную температуру из зарегистрированных. Средние температуры каждого месяца соединяют линией – кривой температур, которую обычно рисуют красным цветом. На правой стороне диаграммы помещают шкалу осадков: она отражает количество осадков в миллиметрах, выпадающих за месяц. Над этой шкалой указывают среднегодовое количество осадков.

Следует подчеркнуть, что **шкала осадков и шкала температур находятся между собой в соотношении 2:1**, делению 20 мм на шкале осадков соответствует деление, обозначающее 10°C на шкале температур; 40 мм – 20°C и т.д. Но если количество осадков за месяц превышает 100 мм, то масштаб шкалы осадков выше отметки «100 мм» уменьшают в 10 раз. Таким образом, одно деление шкалы осадков выше отметки «100 мм» будет соответствовать уже не 20 мм, а 200 мм осадков (рисунок 6 а, в).

Кривую осадков, как правило, рисуют синей. Если на климатодиаграмме кривая осадков проходит выше кривой температур, то имеет место избыток влаги (*гумидные условия*). В этом случае пространство между кривыми помечают синей штриховкой (если количество осадков за месяц меньше 100 мм) или закрашивают синим цветом полностью (если за месяц выпадает более 100 мм осадков) (рис. 6 а-в). И наоборот, когда кривая осадков находится ниже кривой температур, то этот участок диаграммы соответствует засушливому периоду (*аридным условиям*), и его закрашивают в желто-коричневый цвет или покрывают точками (рис. 6 а, в). Следовательно, между кривой температур и кривой осадков прослеживается связь. Эта связь возникает потому, что кривая темпе-

ратур служит косвенным показателем испарения и, одновременно, дает представление о расходе воды. Кривая осадков, напротив, показывает поступление воды. Обе кривые вместе характеризуют водный баланс территории. Для роста и развития растений крайне важными оказываются и другие климатические характеристики, в частности, время наступления холодов, их продолжительность, а, следовательно, и продолжительность безморозного периода. Именно поэтому на некоторых климадиаграммах дополнительно указывают морозные месяцы, месяцы с заморозками и безморозные месяцы.

Морозные месяцы, в течение которых среднесуточная температура воздуха находится ниже 0°C , обозначают синими прямоугольниками под нулевой линией (рис. 6 а). Месяцы с заморозками, в продолжение которых лишь абсолютная минимальная температура может опускаться ниже 0°C , показывают прямоугольниками, закрашенными в голубой цвет или покрытыми синей штриховкой. Время года, когда морозов не бывает, помечают «пустыми» прямоугольниками.

На диаграммы, относящиеся к районам с холодным климатом, нередко наносят число дней со средней температурой воздуха выше 10°C и ниже -10°C (рисунок 6 а, б), так как такие температуры и продолжительность их действия являются пороговыми для жизни растений. В частности, число дней со средней суточной температурой воздуха выше 10°C соответствует понятию «вегетационный период». В самом низу диаграммы обычно указывают название географического пункта, в котором расположена метеостанция, и его высоту над уровнем моря (рис. 6 б, в).

Располагая климадиаграммы разных лет последовательно и непрерывно, получают **климатограмму** (рис. 7).

Она позволяет наблюдать за изменениями погодных условий на анализируемой территории на протяжении нескольких лет,

а также оценить влияние погодных условий на произрастающие здесь растения.

Выявить аридность или гумидность условий конкретного вегетационного периода можно не только по климатограмме, но и с помощью **гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК)**. Этот показатель определяют по формуле:

$$\text{ГТК} = \frac{\text{г}}{0,1 \cdot \sum T(>10^0\text{C})} \quad (1)$$

где г – сумма осадков за вегетационный период, мм; $\sum T(>10^0\text{C})$ – сумма активных температур за вегетационный период, ^0C .

Сумма активных температур рассчитывается как сумма средних суточных температур воздуха выше 10^0C .

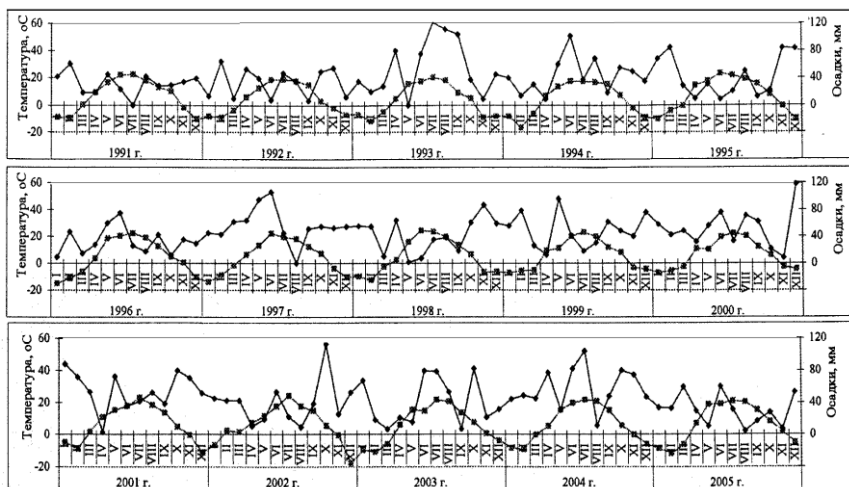


Рисунок 7 – Климатограммы для г. Самары, построенные по метеоданным 1991-2005 гг. (из [Розно 2007])

Если для расчета доступны только значения средних месячных температур воздуха, то сумму активных температур вычисляют по формуле:

$$\sum t(>10^{\circ}\text{C}) = \sum (a-10)^n,$$

где a – средняя месячная температура воздуха; n – число дней в месяце. Затем полученное значение $\sum t(>10^{\circ}\text{C})$ подставляют в формулу (1). Знаменатель в формуле гидротермического коэффициента Селянинова ($0,1 \cdot \sum t(>10^{\circ}\text{C})$) численно равен испаряемости, поэтому он также измеряется в миллиметрах. Значение ГТК меньше 1,3 указывает на недостаточное увлажнение (аридные условия). Значение ГТК больше 1,3 расценивается как достаточный уровень увлажнения (гумидные условия). В случае, если ГТК равен 1, то количество выпадающих за вегетационный период осадков и их испаряемость равны между собой. Существует и более дробная градация влагообеспеченности территории на основе ГТК, с помощью которой можно охарактеризовать условия произрастания растений (табл. 8).

Таблица 8. Оценка влагообеспеченности территории по значениям гидротермического коэффициента Селянинова [Лосев 2001]

Значение ГТК	Влагообеспеченность территории	Значение ГТК	Влагообеспеченность территории
< 0,4	сухо	1,0...1,3	слабо-засушливо
0,4...0,7	очень засушливо	1,3...1,6	влажно
0,7...1,0	засушливо	> 1,6	избыточно влажно

Графическое изображение изменений ГТК в течение вегетационного периода представлено на рис. 8. ГТК можно рассчитать как для вегетационного периода в целом, так и для каждого отдельно взятого месяца внутри вегетационного периода. Последнее позволяет наблюдать динамику этого показателя на протяжении вегетационного периода. Отрицательно влиять на растения могут как метеоусловия вегетационного периода, так и ряд явлений, происходящих в осенне-зимний и весенний периоды.

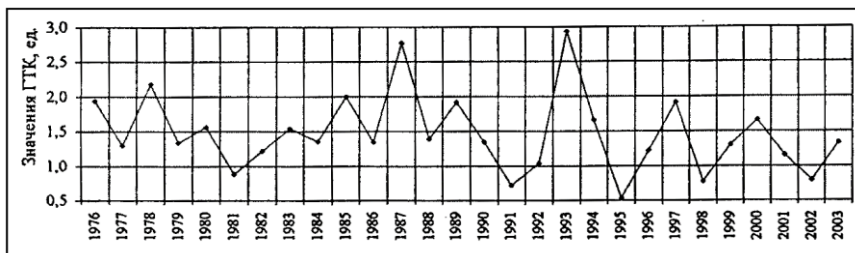


Рисунок 8 – Значения гидротермического коэффициента вегетационных периодов 1976-2003 гг. в условиях г. Самары [Розно 2007]

В частности, поздний осенний дефицит влаги затрудняет подготовку древесных и травянистых растений к периоду покоя и усугубляет риск повреждений низкими температурами. Сильные и затяжные оттепели в осенне-зимний период могут приводить к сходу снежного покрова, что особенно опасно в случае последующего резкого понижения температуры. Экстремально низкие зимние температуры могут повреждать почки и вызывать гибель отдельных побегов у древесных растений, а в особо тяжелых случаях – приводить к вымерзанию растений выше снежного покрова.

Протекание весеннего периода может быть осложнено возвратом холодов и утратой развивающихся листьев и цветков. К крайне негативным последствиям может привести чрезмерно раннее наступление высоких температур либо, наоборот, избыточно длительное удержание прохладной погоды весной. Такие метеоусловия особенно опасны в годы с неблагоприятной зимой.

Задание

1. Проанализируйте климатограмму для г. Самары (рис. 7) и ответьте на следующие вопросы:

Когда начинается и как долго длится вегетационный период в условиях г. Самары? Вегетационные периоды каких лет характеризовались отчетливо выраженной аридностью? В какой из месяцев вегетационного периода засухи случаются чаще всего, а в какие месяцы – значительно реже?

Какие годы из представленных на климатограмме можно считать наиболее благоприятными для роста и развития видов-гигрофитов, какие – для мезофитов и ксерофитов?

В какие годы метеоусловия осенне-зимнего периода были наименее благоприятны для древесных, травянистых растений? Почему?

Как часто протекание весеннего сезона было осложнено возвратом холодов, ранним наступлением высоких температур на фоне дефицита осадков и избыточно длительным удержанием прохладной погоды? Как это могло повлиять на растения?

2. По предоставленным цифровым данным, относящимся к конкретному году, постройте климатограмму для г. Самары. Проанализируйте ее, ответив на вопросы задания 1.

3. Для анализируемого вегетационного периода выполните расчет гидротермического коэффициента Селянинова. Сделайте вывод о степени благоприятности климатических условий для роста и развития растений в данный вегетационный период.

2.5 Фенологические наблюдения за развитием древесных растений в весенний период на территории г. Самары

Фенологические наблюдения представляют собой важную часть изучения различных природных объектов. Существуют специальные руководства, посвященные данным исследованиям [Шульц 1981; Терентьева 2008; Козлова 2011; Методика... 2023; Янцер 2013]. Наблюдения за сезонными морфологическими изменениями растений называются фитофенологическими наблюдениями. По сезонному ритму развития растения делят на 4 феноритмотипа: *вечнозеленые, летне-зимнезеленые, летнезеленые и весеннезеленые* [Соловьев 2005].

К вечнозеленым растениям относятся виды, у которых листья живут более 14 месяцев. Среди произрастающих на территории Самарской области аборигенных и адвентивных видов растений вечнозелеными являются: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель европейская и колючая (*Picea abies* (L.) H. Karst., *P. pungens* Engelm.), пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), можжевельник обыкновенный и казацкий (*Juniperus communis* L., *J. sabina* L.), магония падуболистная (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.), хвощ зимующий (*Equisetum hyemale* L.), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia* L.) и некоторые другие.

Летне-зимнезеленые растения также несут листву в течение всего года, но в отличие от вечнозеленых растений развивают две генерации листьев. Листья первой генерации разворачиваются весной и начинают отмирать в середине лета. Листья второй генерации образуются после конца цветения и живут до весны, перезимовывая под снегом. Отмирание листьев второй генерации начинается после начала разворачивания листьев весенней генерации.

Среди летне-зимнезеленых растений встречаются все жизненные формы, за исключением деревьев. В Самарской области это: брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), икотник серо-зеленый (*Berteroa incana* (L.) DC.), шалфей остепненный (*Salvia tesquicola* Klok. et Pobed.), различные виды осоки (*Carex pilosa* Scop., *C. praecox* Schreb. и др.), полевицы (*Agrostis stolonifera* L., *A. tenuis* Sibth.), земляники (*Fragaria moschata* (Duch.) Weston, *F. vesca* L., *F. viridis* (Duch.) Weston), тысячелистника (*Achillea millefolium* L., *A. nobilis* L., *A. setacea* Waldst. et Kit.) и полыни (*Artemisia absinthium* L., *A. austriaca* Jacq.), живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.), щавель кислый (*Rumex acetosa* L.) и другие.

Летнезеленые растения – это растения различных жизненных форм (древесные, полудревесные, травянистые), для которых характерен зимний покой. К этому феноритмотипу принадлежит большинство местных и интродуцированных видов деревьев и кустарников (клен остролистный – *Acer platanoides* L., тополь черный – *Populus nigra* L., ива белая – *Salix alba* L., калина обыкновенная – *Viburnum opulus* L., лещина обыкновенная – *Corylus avellana* L., бересклет бородавчатый – *Euonymus verrucosa* Scop., малина обыкновенная – *Rubus idaeus* L. и др.), а также трав (крапива двудомная – *Urtica dioica* L., мать-и-мачеха обыкновенная – *Tussilago farfara* L., лабазник вязолистный – *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. и др.).

Уточним, что у одних травянистых растений существует только одна генерация листьев, которые к зиме отмирают. У других – две генерации (одна – в мае, вторая – в начале августа), вследствие чего растения уходят под снег с зелеными листьями, которые в течение зимы постепенно отмирают.

Весеннезеленые растения – это однолетние и многолетние травянистые растения, для которых характерна осенне-зимне-весенняя вегетация и летний покой. К ним относятся: ветреничка лютичная (*Anemonoides ranunculoides* (L.) Holub), хохлатка плотная (*Corydalis solida* (L.) Clairv.), касатик низкий (*Iris pumila* L.), крупка дубравная (*Draba nemorosa* L.), чистяк весенний (*Ficaria verna* Huds), рябчик русский (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.), гусиные луки (*Gagea lutea* (L.) Ker-Gawl., *G. bulbifera* (Pall.) Salisb., *G. minima* (L.) Ker-Gawl.) и некоторые другие виды.

В умеренном климатическом поясе годичный цикл развития растения разделяют на два периода: вегетационный период и период зимнего (летнего) покоя.

Под вегетационным периодом летнезеленого и весеннезеленого растения понимают период от прорастания семени или начала

различимых невооруженным глазом ростовых явлений весной до полного отмирания (однолетники) или до отмирания его зеленых надземных органов (многолетники).

Под вегетационным периодом вечнозеленого и летне-зимнезеленого растения условно понимают период от выхода его из-под снега и до ухода осенью под устойчивый снежный покров (многолетние травы, кустарнички, полукустарнички) или от весеннего перехода среднесуточных температур воздуха к устойчивым положительным значениям до осеннего перехода к отрицательным значениям (деревья, кустарники, полукустарники). При этом биологическое понятие «вегетационный период» не следует путать с агрометеорологическим понятием «вегетационный период», под которым метеорологи, агрономы и лесоводы понимают теплый период года со среднесуточной температурой воздуха выше пороговых для растительных организмов значений (по мнению разных авторов – это 0, +5, +10°C).

У однолетника один вегетационный период охватывает всю жизнь растения. Жизненный цикл двулетников охватывает 2 вегетационных периода, малолетников – 3-4, многолетников – свыше 4 вегетационных периодов.

В периоде покоя растения пребывают без видимых невооруженным глазом проявлений роста и новообразования органов, хотя обмен веществ, дифференциация зачатков органов и ассимиляция продолжают идти. У большинства растений умеренной зоны в конце осени и начале зимы покой органический, а в середине и конце зимы – вынужденный, и при условии отсутствия низких температур в этот период растения могли бы начать вегетацию.

Вегетационный период взрослого семенного растения принято делить на 6 закономерно сменяющих друг друга фенологических фаз развития: начало (возобновление) вегетации, бутонизация, цветение, плодоношение, окончание вегетации (отмирание),

период покоя (табл. 9). Под фенологической фазой (фенофазой) понимают определенный этап, стадию или период в развитии организма. По содержанию это понятие близко к понятию сезонного явления, но не равнозначно ему.

Фенофаза – это состояние организма, в котором он пребывает то или иное время, тогда как сезонное явление – это состояние объекта фенологического наблюдения в конкретный момент времени. Именно поэтому фенофаза характеризуется, по меньшей мере, двумя календарными датами: датой вступления объекта в данную фенофазу и датой окончания его пребывания в ней. Сезонное явление фиксируется только одной календарной датой.

Таблица 9. Основные фенологические фазы
и стадии развития древесных растений [Соловьев 2005]

Фенофаза	Стадия (сезонное явление)	Дата
Начало вегетации	Начало сокодвижения	
	Набухание почек	
	Распускание почек	
	Развертывание листьев (зеленение, облиствение)	
	Начало роста побегов	
Бутониза- ция	Набухание цветочных почек	
	Начало развертывания цветочных почек	
	Массовое развертывание цветочных почек	
Цветение	Начало цветения (раскрытие первого цветка)	
	Массовое цветение	
	Увядание единичных цветков	
	Окончание цветения	
Плодоно- шение	Начало завязывания плодов	
	Массовое завязывания плодов	
	Появление первого зрелого плода	
	Массовое созревание плодов	
	Начало опадения плодов	
	Окончание опадения плодов	

Окончание вегетации	Начало расцвечивания листьев (хвои)	
	Полное осеннее расцвечивание листьев (хвои)	
	Начало осыпания листьев (хвои)	
	Массовый листопад (хвоепад)	
	Окончание листопада (хвоепада)	
Период покоя	Глубокий (органический) покой	
	Вынужденный покой	

Фенофазы развития принято относить к двум циклам развития: циклу вегетативных фаз и циклу генеративных фаз. Цикл вегетативных фаз объединяет: начало вегетации, летнюю вегетацию и окончание вегетации. Окончание вегетации у летнезеленых и летне-зимнезеленых древесных растений умеренной зоны начинается с осеннего расцвечивания листьев (хвои), то есть с того дня, когда половина листьев пожелтеет, а половина сохранит зеленый цвет.

Полное расцвечивание листьев у древесных растений отмечается тогда, когда все листья в кроне растения, за исключением отдельных, изменят летнюю окраску. И, наконец, листопад у древесных растений отмечается тем днем, когда с растения опадут все листья или на растении сохранятся только засохшие листья. У травянистых летнезеленых растений расцвечивание листьев на начальном этапе может и не происходить. У трав не всегда одновременно происходит отмирание листьев и осевых органов. Цикл генеративных фаз включает в себя следующие фазы: отрастание генеративных побегов, бутонизация, цветение, плодоношение.

Фаза **отрастания** генеративных побегов наблюдается только у растений со специализированными генеративными побегами (такие побеги несут только цветки) и генеративно-ростовыми побегами (побеги несут под цветками или соцветиями настоящие зеленые листья). Такие побеги характерны для розеточных и полурозеточных растений, у которых фаза их отрастания часто называется стеблеванием, а у злаков – выходом в трубку. Начало

фазы **бутонизации** относят к тому дню, когда бутоны становятся заметны невооруженным глазом. У колосовых злаков и осок фаза бутонизации называется колошением, а у метельчатых злаков – выметыванием. Началом **цветения** служит срок созревания пыльников и (или) рылец. При упрощенных фитофенологических наблюдениях начало цветения растения определяют по раскрытию первых, но не единичных околоцветников. Для растений умеренной климатической зоны характерно однократное цветение за вегетационный сезон. Однако при наиболее благоприятных условиях климата возможно вторичное цветение вида в конце лета – начале осени. Со вторичным цветением не следует смешивать длительный цикл основного цветения, свойственный, например, ежевике, снежноточнику, шиповникам, веронике, клеверам и др. Началом **плодоношения** считают завязывание плодов, отмечаемое практически сразу после **отцветания** по начавшей увеличиваться завязи. Вегетативные и генеративные фазы могут быть разбиты на подфазы (стадии) в зависимости от целей и условий конкретного исследования (табл. 9).

Задание

1. Руководствуясь шкалами глазомерной оценки (прил. 8), проведите наблюдение за весенним развитием вегетативных (почки, побеги, листья) и генеративных (соцветия, цветки, плоды) органов у древесных растений на территории г. Самары. Объектом наблюдения может быть отдельно стоящее средневозрастное здоровое дерево (куст), растущие в средних условиях по освещенности и увлажнению. Выбранный объект должен располагаться поблизости от места проживания, учебы или постоянного пешего маршрута. Полученные результаты наблюдения оформите по предложенному образцу (табл. 10-12).

Таблица 10. Весеннее развитие вегетативных органов у березы повислой на территории г. Самары

Фенофаза	Стадия	Дата
Период покоя	Вынужденный покой	
Начало вегетации	Набухание почек	
	Проклёвывание почек	
	Начало зеленения	
	Зеленение	
	Облиствение	
	Рост молодых побегов	
	Начало летней вегетации	

Таблица 11. Весеннее развитие вегетативных органов у черемухи обыкновенной на территории г. Самары

Фенофаза	Стадия	Дата
Период покоя	Вынужденный покой	
Начало вегетации	Набухание почек	
	Проклёвывание почек	
	Начало зеленения	
	Зеленение	
	Облиствение	
	Рост молодых побегов	
	Полное опадание всех почечных чешуй	
	Окончание роста молодых побегов	

Таблица 12. Весеннее развитие генеративных органов у черемухи обыкновенной на территории г. Самары

Фенофаза	Стадия	Дата
Период покоя	Вынужденный покой	
Начало вегетации	Набухание почек	
	Проклёвывание почек	
Бутонизация	Начало бутонизации	
	Разрыхление соцветий	
	Соцветия-кисти	
	Окрашенные бутоны	
Цветение	Начало цветения	
	Массовое цветение	
	Начало отцветания	
	Отцветание	
Плодоношение	Полное отцветание	
	Начало плодоношения	
	Продолжение плодоношения	

2. В рамках Единого фенологического дня 15 мая проведите наблюдение за выбранным объектом (береза повислая и др.). В середине этого дня объект сфотографируйте (общий вид и крупный план ветви, демонстрирующий стадию развития) и оцените фенологическое состояние в баллах по феношкале (прил. 3). Полученные результаты оформите в виде таблицы.

Дата проведения наблюдения	
Территория (страна, регион, область, населенный пункт)	
ФИО наблюдателя	
Род учебной деятельности наблюдателя	
Объект наблюдений (модельное дерево, куст, заросли)	
Краткая характеристика места произрастания (в городе или за городом; положение в рельефе и т.д.; растительное сообщество или отдельно стоящее дерево; освещенность и др.)	
Метеоусловия на момент наблюдений (температура воздуха, осадки)	
Балл по вегетативной шкале	
Балл по генеративной шкале	

2.6. Сравнение видового состава флор модельных участков

При проведении исследований в различных регионах бывает необходимо сравнить видовой состав их флор либо фаун. Простые формулы, которые применяются для этой цели, позволяют вычислить коэффициенты К1 - Жаккара и К2 - Чекановского:

$$K1 = \frac{C}{A + B - C} \quad K2 = \frac{2C}{A + B},$$

где А – число видов в первом регионе; В – во втором; С – число общих видов для двух сравниваемых регионов.

При сравнении флор (или фаун) большого числа районов составляют таблицы – матрицы сравнения, в которых приводят значения названных коэффициентов для пар сравниваемых объектов. Покажем результаты сравнения ряда фаунистических комплексов

чешуекрылых, проведенного профессором С.А. Сачковым для Самарской Луки (табл. 13). Здесь коэффициенты Жаккара выражены не в долях единицы, а в процентах. Судя по данным таблицы, наибольшим фаунистическим сходством обладают Винновский и Александровский ландшафты, а также Рождественский и Переволокско-Усинский. Первые два ландшафта весьма сходны биотопически и при различной залесенности содержат достаточно лесных и лесостепных стадий. Последние же ландшафты, ввиду высокой антропогенной освоенности, сближаются в результате преобладания синантропных и экономически значимых видов.

Использование коэффициентов Жаккара или Чекановского допустимо, если вы можете быть уверены в полноте полученных в ходе обследования флористических либо фаунистических списков.

Задание

По выданным спискам видов растений на пробных площадях проведите вычисление коэффициентов Жаккара и Чекановского и сделайте выводы о том, насколько сравниваемые площади схожи.

Таблица 13. Матрица сходства лепидоптерокомплексов ландшафтов Самарской Луки [Сачков 1996]

Коэффициент Жаккара, %	Жигулевский	Винновский	Александровский	Переволокско – Усинский	Рождественский	Шелехметский
Жигулевский	100	39	29	13	18	20
Винновский	39	100	54	28	36	35
Александровский	29	54	100	39	44	40
Переволокско – Усинский	13	28	39	100	53	39
Рождественский	18	36	44	53	100	47
Шелехметский	20	35	40	39	47	100

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

При работе в условиях лаборатории обязательно знать правила техники безопасности и освоить важнейшие приемы работы (приготовление растворов, работа с весами, нагревательными и измерительными приборами, центрифугами и др.). В данном практикуме мы ограничимся лишь указаниями о технике приготовления некоторых растворов, при необходимости другую информацию можно найти в одном из многочисленных пособий [Плешков 1968; Александрова 1976; Гарбарец 1983; Практикум... 1989; Русин 1990; Федорец 2009; Семендяева 2013; Пансю 2014; Демьяненко 2015].

3.1. Определение плотности твердой фазы почвы

Твердая фаза почвы представлена минеральными и органическими веществами. В ее формировании принимают участие первичные и вторичные минералы, а также гумусовые вещества, в результате формируется определенная структура, предоставляющая то или иное пространство пор и пустот для почвенной влаги и почвенного воздуха. С понятием твердой фазы связано понятие удельного веса почвы, то есть веса в граммах одного кубического сантиметра твердой фазы сухой почвы. Удельный вес почвы соответствует отношению веса твердой фазы почвы в сухом состоянии к весу равного объема воды. Удельный вес почвы (плотность твердой фазы) большинства почв равен 2,5–2,65 г/см³. Собственно плотность почвы гораздо ниже – около 1,1 г/см³, но данный показатель соответствует массе единицы объема почвы, взятой в естественном сложении, то есть имеющей поры, пустоты, промежутки между собственно почвенными агрегатами. Чем больше почва содержит гумуса, тем меньше ее удельный вес. Чернозем имеет плотность твердой фазы 2,4, дерново-подзолистая почва – 2,6,

у торфов – 1,4 – 1,7 г/см³. У скелетных почв показатель может достигать 3 г/см³ [Практикум... 1973; Бедрина 1988].

Ход работы. Налить в колбу 500 мл дистиллированной воды и прокипятить в течение получаса для удаления растворенного воздуха, охладить до комнатной температуры. В пикнометр или мерную колбу на 100 мл налить до метки прокипяченную воду, измерить температуру и взвесить на аналитических весах. Из просеянного через миллиметровое сито образца отвесить 9 – 10 г почвы в стеклянный стаканчик или другую тару.

Из взвешенного сосуда (пикнометра, мерной колбы) вылить немного больше половины объема воды и всыпать навеску почвы. Стаканчик, в котором находилась почва, снова взвесить и по разности веса найти массу почвы, взятую для опыта.

Почву и воду в пикнометре кипятить 30 мин для полного удаления воздуха из почвы, доливая дистиллированной водой по мере выкипания до половины объема. После кипячения пикнометр охладить до комнатной температуры, долить до метки прокипяченную и охлажденную воду, протереть снаружи фильтровальной бумагой и взвесить на аналитических весах. Необходимо следить, чтобы температура пикнометра с водой и почвой при взвешивании была равна первоначальной температуре пикнометра с водой.

Плотность твердой фазы (удельный вес почвы) вычисляют по формуле:

$$ТФ = A / ((B+A) - C), \text{ г/см}^3,$$

где А – навеска сухой почвы, г; В – масса пикнометра с водой, г; С – масса пикнометра с водой и почвой, г.

Оборудование и реактивы. Почвенное сито с размером отверстий 1мм, фарфоровая ступка, электроплитка, аналитические весы. Термостойкая колба на 500 мл, пикнометры (мерные колбы) на 100 мл, фарфоровые стаканчики – по числу обрабатываемых проб. Дистиллированная вода.

Задание

Для выданных образцов почвы определить плотность твердой фазы. Результаты занести в рабочую таблицу:

№№ образцов	А навеска сухой почвы, г	В масса пикнометра с водой, г	С масса пикнометра с водой и почвой, г	ТФ плотность твердой фазы, г/см ³
-------------	--------------------------	-------------------------------	--	--

3.2. Весовой метод определения карбонатов по Х.П. Бауру

Карбонатные (вскипающие от соляной кислоты) почвы содержат много углекислых кальция и магния (1-10 процентов и более), среди которых обычно преобладает углекислый кальций. Такие почвы могут иметь нейтральную или слабощелочную реакцию (рН 7-7,8) [Практикум... 1973]. У черноземов в верхней части профиля нет вскипания, карбонаты обычно залегают на большой глубине и визуально проявляются в виде карбонатного псевдомицелия. Если процесс почвообразования происходит на карбонатах (в условиях Жигулевских гор и пр.) либо почва сильно затронута антропогенным воздействием (строительные работы), присутствие карбонатов будет обнаружено уже в верхних слоях почвенного разреза.

На карбонатной почве со щелочной реакцией у растений желтеют листья – развивается известковый хлороз, что связано с недостатком (пониженной доступностью) железа, в результате чего нарушается синтез хлорофилла. На таких почвах хорошо растут кальцифильные растения, другие страдают и погибают. У плодовых часто появляются плоды с опробковевшими тканями (симптом нехватки бора), у слив отмирают верхушки побегов, картофель образует деформированные клубни, которые поражаются различными болезнями [Бедрина 1988]. Метод определения количества карбонатов основан на убыли массы почвы при вытеснении углекислого газа.

Ход работы. В химический стакан вместимостью 20-50 мл налить 7 мл 5Н раствора соляной кислоты. На стакан поставить сверху фарфоровую чашечку емкостью 10 мл. Взвесить стакан с чашечкой с точностью до 1мг на аналитических весах (Вес – P₁).

Подготовить мелкозем из пробы воздушно-сухой почвы: просеять растертую в ступке почвенную массу через сито с диаметром отверстий 1 мм. В чашечку насыпать около 1 г мелкозема. Повторно взвесить стакан и чашечку вместе с почвой (Вес – P₂). Перенести осторожно почву из чашечки в стакан и тщательно перемешать содержимое стакана вращением два раза. Чашечку поставить на стакан, через 30 мин взвесить (Вес – P₃).

Содержание CO₂ рассчитать по формуле:

$$X = 100 K * (P_2 - P_3) / (P_2 - P_1),$$

где X – количество CO₂ в процентах к абсолютно сухой почве; K – коэффициент пересчета на абсолютно сухую почву. Для определения процентного содержания CaCO₃ полученное значение умножить на 2,274 – коэффициент пересчета CO₂ на CaCO₃.

Приготовление 5Н соляной кислоты: для приготовления одного литра 1Н раствора HCl требуется 82 мл концентрированной кислоты, для приготовления 100 мл 5Н раствора HCl следует взять 41 мл концентрированной HCl, перенести в мерную колбу на 100 мл и, приливая порциями дистиллированную воду и перемешивая раствор, довести объем до 100 мл (до метки). Количество приготавливаемого раствора зависит от числа проб и может составлять 250 либо 500 мл.

Оборудование и реактивы. Почвенное сито с размером отверстий 1 мм, фарфоровая ступка, фарфоровые чашечки диаметром 5-7 см, фарфоровые стаканчики емкостью 50 мл. Аналитические весы. Раствор HCl 5Н – из расчета 50 мл на одну пробу почвы.

Задание

Для выданных образцов почвы выполнить определение содержания карбонатов по Бауру. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчет показателей содержания карбонатов по результатам серии взвешиваний:

№№ образцов	P ₁	P ₂	P ₃	Содержание CO ₂ , %/ Содержание CaCO ₃ , %
----------------	----------------	----------------	----------------	---

3.3. Определение содержания гумуса в почве по методу Б. А. Никитина

Почвенный гумус – это название, которое может относиться либо ко всей массе органических веществ почвы, либо к специфическим, присущим именно почве органическим соединениям (гуминовым и фульвокислотам, гуминам) [Практикум... 1973]. В широком плане гумус – один из основных компонентов, определяющих плодородие почвы. Это источник питательных и физиологически активных элементов для растения, резерв углекислого газа, структурирующая и окрашивающая составная часть почвы. Гумус участвует в сложении почвенно-поглощающего комплекса, формировании ее теплового, воздушного и водного режима. По содержанию гумуса почвы делятся на малогумусные (1%), среднегумусные (2% и более) и так далее, в зависимости от механического состава почв и процентного содержания в них гумуса. Для большинства садовых растений достаточным является содержание 3-4% гумуса в почве (чеснок, лук, ирисы), а 4-10% – для некоторых гумусолюбивых растений (капустные, сельдерей, огурцы) [Бедрина 1988].

Определение гумуса основано на удалении органики из образца при прокаливании при 600-700⁰С (сухое сжигание) или нагреве до 150⁰С с хромовой смесью или иными окислителями (мокрое сжигание) [Александрова 1976]. Затем возможно опреде-

ление остатка массы (сухое сжигание), определение доли непрореагировавшего окислителя титрованием (метод Тюринга) или колориметрическое определение цветности окраски восстановленного хромового комплекса (метод Никитина), которым предлагаем воспользоваться [Практикум... 1989].

Ход работы. Навеску почвы (от 0,1 до 0,5 г, в зависимости от темноты окраски) перенести в мерную колбу на 100 мл, прилить 20 мл хромовой смеси¹, осторожно перемешать. Поместить колбы, закрытые шариковыми пробками, в сушильный шкаф, нагретый до 150⁰С, или на песчаную баню и нагревать в течение 20 минут от момента закипания хромовой смеси в колбах. Одна из колб (контроль) не содержит почвенного образца. Вынуть колбы из шкафа, охладить, прилить дистиллированную воду ниже метки 100 мл, перемешать, после охлаждения довести объем раствора до метки, снова перемешать и дать отстояться (до следующего дня). Раствор над осадком осторожно слить, измерить оптическую плотность (отколориметрировать) на ФЭК при длине волны 590 нм. Рассчитать содержание гумуса в пробах по калибровочному графику.

Содержание глюкозы и гумуса связаны между собой расчетным коэффициентом: % гумуса = 1,724 * % углерода.

Приготовление раствора хромовой смеси. Хромовая смесь – 0,4Н раствор бихромата калия в серной кислоте плотностью 1,84 г/см³ (разбавление кислоты 1:1). Навеска соли – 19,6г на 1 л раствора. **Внимание: серная кислота при разбавлении сильно разогревается, соблюдать осторожность и использовать только термостойкую посуду!** Вливать кислоту в воду малыми порциями, тщательно перемешивая. Рекомендуется, готовя этот реактив, пользоваться перчатками и защитными очками.

¹ Хромовая смесь – едкая жидкость, травмирующая кожу и прожигающая бумагу и ткань, при работе с ней следует быть осторожным! Для ее разливания советуем использовать прибор для разлива едких жидкостей с дозаторной насадкой на 10 мл.

Оборудование и реактивы. Почвенное сито с размером отверстий 1мм, фарфоровая ступка. Электрическая плитка с песчаной баней, аналитические весы, ФЭК. Мерные колбы на 50 (100) мл, шариковые воронки – по числу проб почвы плюс контроль. Прибор для разлива агрессивных жидкостей с дозаторной насадкой на 10 мл. 0,4Н раствор бихромата калия в разбавленной серной кислоте – из расчета 10 (20) мл на пробу.

Задание

Для выданных образцов почвы определить содержание гумуса. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчеты:

№№ образцов	% гумуса	% углерода
-------------	----------	------------

3.4. Определение аммиачного азота в почве

Аммиак в почве образуется в результате аммонификации – разложения азотсодержащих органических соединений, его следует определять в свежих почвенных образцах без предварительного высушивания. В почве аммиак находится преимущественно в поглощенном состоянии, его извлекают с помощью раствора хлористого калия и проводят определение с помощью реактива Несслера (щелочной раствор K_2HgI_4) [Александрова 1976; Практикум... 1989; Практикум... 1973].

Ход работы. Взвесить 20 г почвы (мелкозем) и перенести в коническую колбу емкостью 300-500 мл. Влить в колбу 60 мл 1Н раствора KCl, прибавить 3-5 капель толуола и взбалтывать в течение 15 минут, дать отстояться в течение 30 минут. Профильтровать вытяжку через промытый хлористым калием фильтр, первые мутные порции фильтрата перефильтровать заново через тот же фильтр. Для анализа использовать только прозрачный раствор. Промывать почву на фильтре и в колбе, если она осталась на стенках, раствором KCl до отрицательной реакции с реактивом

Несслера. Измерить общий объем фильтрата. Внести в мерную колбу на 100 мл такой объем фильтрата (20-40 мл), чтобы при внесении реактива Несслера получился светло-желтый раствор: к фильтрату прибавить 4 мл 50% раствора калия-натрия виннокислого для связывания катионов Са и Mg, прилить 4 мл реактива Несслера и довести объем до 100 мл.

Одновременно приготовить шкалу стандартных растворов: отмерить пипеткой по 1, 5, 10, 15 и 20 мл образцового раствора (0,7405 г хлорида аммония в 1 л, развести этот раствор в 50 раз), содержащего 0,0047 мг аммония в 1 мл, проделать те же операции.

Через 15 минут провести сравнение опытного раствора со стандарт-шкалой и колориметрировать на ФЭКе².

Содержание аммиака в пробах определить по формуле:

$$A = (a \cdot V \cdot 1000 \cdot K) / (V_1 \cdot C),$$

где А – содержание аммиака, мг/кг сухой почвы; а – количество аммиака в пробе, мг/100 мл; V – общий объем фильтрата, мл; V₁ – объем фильтрата, взятый для анализа; С – навеска почвы, г; 1000 – пересчет на 1 кг почвы; К – пересчет на сухую почву.

Оборудование и реактивы. Почвенное сито с размером отверстий 1мм, фарфоровая ступка. Конические колбы емкостью 300-500 мл, стеклянные фильтры диаметром 7-10 см, мерные колбы на 100 мл – по числу проб и растворов стандартной шкалы, градуированные пипетки. Аналитические весы, ФЭК. Раствор Несслера, 1Н раствор KCl, 50% раствор сегнетовой соли, дистиллированная вода.

² Раствор при окрашивании может быстро помутнеть от присутствия в фильтрате значительных количеств кальция и магния либо от высокой концентрации аммиака. В этом случае в новую порцию фильтрата добавить 1-2 мл раствора сегнетовой соли либо уменьшить количество испытуемого раствора, вносимое в колбу для анализа. При этом необходимо повторное колориметрирование.

Задание

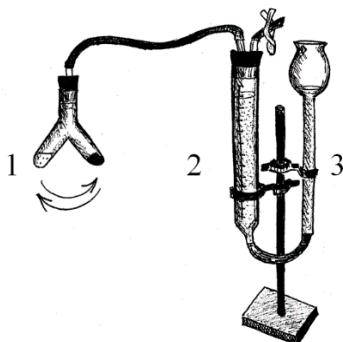
Для выданных образцов почвы определить содержание аммиачного азота в почве. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчет показателей:

№№ образцов	а аммиак в пробе, мг/100 мл	V общий объем фильтра- та, мл	V1 фильтрат для анализа	С навеска почвы, г	А аммиак, мг/кг сухой почвы
-------------	--------------------------------------	---	----------------------------------	--------------------------	---

3.5. Определение активности почвенных ферментов: каталаза

Каталаза (К.Ф.16111.6) катализирует реакцию разложения перекиси на воду и молекулярный кислород. Перекись водорода может образовываться в результате дыхания растений и окисления органических соединений в почве. Каталаза разрушает перекись водорода. Это один из самых распространенных почвенных ферментов [Практикум... 1989]. Активность каталазы в почве в большей степени зависит от воздушного режима, гранулометрического состава почв, окислительно-восстановительного потенциала. Простой метод определения активности каталазы основан на измерении объема выделившегося кислорода (газометрический метод).

Ход работы. Подготовить навески мелкозема (1 г, в трех-пятикратной повторности). Внести навеску в одно колено сосуда-каталазника (его может заменить толстостенная колба емкостью 100 мл, навеска высыпается на дно колбы), добавить 0,5 г CaCO_3 . Во второе колено каталазника пипеткой влить 5 мл 3% раствора перекиси водорода (при использовании колбы на ее дно осторожно опустить аленький стаканчик с 5 мл 3% раствора перекиси водорода). Закрыть каталазник или колбу пробкой, соединенной с прибором для измерения объема вытесненного газа (рис. 9). Установить уровень жидкости в измерительной бюретке на ноль,



включив секундомер, опрокинуть стаканчик с перекисью в колбе и встряхнуть ее содержимое. Взбалтывать смесь, не касаясь колбы руками. Выделяющийся кислород, вытесняя воду, снизит уровень жидкости в измерительном колене прибора. Изменения уровня фиксируют в течение 2-3 минут.

Рисунок 9 – Установка для газометрического определения активности каталазы:
1 - катализник; 2 - газометрическая бюретка; 3 - резервуар для вытеснения воды из бюретки

Контроль – почва, стерилизованная сухим жаром при $+180^{\circ}\text{C}$. Активность каталазы выражают в миллилитрах кислорода на 1 г почвы за определенный промежуток времени (1 мин).

Оборудование и реактивы. Почвенное сито с размером отверстий 1 мм, фарфоровая ступка. Газометрическая установка с бюреткой и резервуаром, V-образный катализник или коническая широкогорлая колба на 100 мл. Аналитические весы, электроплитка. 3% раствор перекиси водорода, порошок карбоната кальция.

Задание

Для выданных образцов почвы определить каталазную активность. Результаты занести в рабочую тетрадь, сделать выводы.

3.6. Экспресс-метод определения уреазной активности почвы

Уреаза – фермент, играющий важную роль в превращении азотсодержащих соединений, его активность определяет важные этапы превращения азотсодержащих веществ в почве. В условиях антропогенного пресса возможно изменение активности данного

фермента. Экспресс-метод определения уреазы позволяет быстро определить биохимический потенциал почв, оценить их самоочищающую способность.

Ход работы. К внутренней поверхности крышки чашки Петри прикрепить полоску универсальной индикаторной бумаги и увлажнить ее дистиллированной водой. Влажная бумага прочно прикрепляется к стеклу и удерживается долгое время.

В чашку Петри поместить навеску почвы массой 50 г. Затем добавить мочевины (карбамид) (0,25 или 0,5 г), предварительно растворенную в небольшом количестве воды. Почва и мочевина тщательно перемешать, затем увлажнить дистиллированной водой до пастообразного состояния и равномерно распределить по дну чашки. Чашку закрыть крышкой. Между поверхностью почвы и крышкой чашки должно оставаться небольшое воздушное пространство, в котором и будет происходить реакция. Разложение мочевины сопровождается образованием летучей щелочи – аммиака, поэтому воздушная среда над почвой приобретет щелочную реакцию и цвет индикаторной бумажки изменится в зависимости от интенсивности происходящих в почве процессов.

В качестве контроля использовать чашки без почвы, содержащие растворенную в дистиллированной воде мочевины и снабженные прикрепленными к крышкам индикаторными полосками.

Время экспозиции чашек зависит от биологической активности почв и находится экспериментально. Исследования городских почв Петрозаводска в июне-августе, показали, что оптимальна экспозиция 2-3 часа, в более холодное время года – до 4 часов. Время (1,5 часа), при котором установилось значение pH 7,6 по индикаторной бумажке, соответствует разложению карбамида до аммиака и является показателем биологической активности почв.

Оборудование и реактивы. Весы электронные, чашки Петри, универсальная индикаторная бумага, часы. Мочевина (карбамид).

Задание

Для выданных образцов почвы определить уреазную активность в почве. Результаты занести в рабочую таблицу:

№№ образцов	Значение pH	Степень разложения мочевины до аммиака
-------------	-------------	--

3.7. Определение целлюлозоразрушающей активности почвы модифицированным аппликационным методом

Гидролитическое расщепление целлюлозы имеет огромное значение в круговороте углерода, так как в ее состав входит более 50% всего органического углерода биосферы, целлюлоза составляет 45-80% сухого веса растений. Целлюлоза представляет собой полисахарид из цепочек глюкозы по 100-200 молекул, это довольно стойкое органическое соединение разрушается при действии сильных окислителей. В природе разрушение целлюлозы осуществляется микроорганизмами – аэробами и анаэробами [46].

Ход работы. На дно чашек Петри поместить заранее взвешенные кусочки плотной белой бумаги (4-5 полосок длиной 1 см и шириной 4 см), закрыть их вырезанной по размеру дна чашки капроновой сеткой или тканью. Отвесить на электронных весах по 40 г почвы каждого образца, поместить почву ровным слоем над капроном и увлажнить до 60% от плотной влагоемкости. Чашки закрыть крышкой и поместить в термостат при температуре 27-28⁰С на 30 суток. Контролировать ход опыта, увлажняя по мере надобности почву в чашках. По окончании опыта снять крышки с чашек Петри, дать слою почвы слегка подсохнуть, удалить его вместе с капроном. Остатки бумаги осторожно вынуть, тщательно освободить от частичек почвы и взвесить. По разнице в весе, выраженной в процентах от начального веса кусочка фильтровальной бумаги, оценить степень разложения пробы целлюлозы в почве.

По убыли в весе можно судить об интенсивности процесса разрушения клетчатки. Д.Г. Звягинцевым предложена следующая шкала оценки биологической активности почв по интенсивности разрушения клетчатки (% разложившегося полотна): очень слабая – < 10 %, слабая – 10-30 %, средняя – 30-50 %, сильная – 50-80 %, очень сильная – > 80 % [Звягинцев 1980].

Оборудование и реактивы. Весы электронные, чашки Петри, капрон, почвенное сито с размером отверстий 1мм, фарфоровая ступка, плотная белая бумага.

Задание

Для выданных образцов почвы определить целлюлозоразрушающую активность почвы. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчет показателей:

№№ образцов	Начальный вес бумаги, мг	Вес бумаги после разложения, мг	Степень разложения бумаги, %	Биологическая активность
----------------	--------------------------------	--	------------------------------------	-----------------------------

4. ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТЕНИЙ

4.1. Определение содержания золы в растительных тканях

Остаток, полученный после сжигания и прокаливания органических веществ, называют золой. При сжигании улетучиваются С, Н, N и частично О, остаются нелетучие окислы.

Концентрация зольных элементов (микро- и макроэлементов) существенно различается в разных органах растений. Состав и содержание зольных элементов в фитомассе видов- и тканеспецифично, зависит от возраста, состояния растений, почвенно-климатических условий их произрастания. Наименьшее количество золы (около 1%) находится в древесине, состоящей преимущественно из мертвых клеток с мощными оболочками, в семенах содержание золы может составлять около 3%, в корнях и стеблях – 4-5%, в древесной коре – 7%. Максимальное количество золы (10-15%, иногда больше) содержат листья растений.

Озоление растительных тканей выполняют способом сухого озоления (при +550⁰С в муфельной печи) либо мокрого озоления (при +330⁰С в серной и азотной кислотах) [Методы... 1972; Жакова 2020; Починок 1976]. После озоления рассчитывают содержание золы в % от сухого вещества.

Ход работы. Навески³ высушенного до воздушно-сухого (или, при необходимости, абсолютно сухого) состояния и измельченного, но не размолотого растительного материала внести во взвешенные фарфоровые тигли с огнеупорной маркировкой и поместить с помощью щипцов в муфельную

³ Масса навесок выбирается в зависимости от вида растительного материала и целей исследования. Так, для семян рекомендуются навески от 2 до 5 г, для листьев – 1,5-2 г.

печь⁴. Провести озоление проб в течение необходимого времени (как правило, не менее 3-х часов), при этом должна быть достигнута температура не выше 525-550⁰С (начало темно-красного каления тиглей). Охладить тигли с золой (желательно после некоторого остывания поместить их в эксикатор, затем взвесить и определить массу золы.

Оборудование и реактивы. Аналитические весы, фарфоровые тигли, муфельная печь.

Задание

Для растительных образцов провести озоление. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчет показателей:

№№ образцов	Масса свежей пробы, г	Масса после озоления, мг	Зольность, %
-------------	-----------------------	--------------------------	--------------

4.2. Определение содержания гидрофобных соединений

Общее количество гидрофобных (растворимых в неполярных растворителях) соединений, к которым принадлежат жиры, воска, смолы, можно определить непосредственно, оценив собственно количество жира в образце, либо косвенно, обезжирив пробу с помощью органических растворителей и определив потерю массы.

Для этого используют прибор для обезжиривания, включающий колбу-испаритель, насадку Сокслета и обратный холодильник (рис. 10). При работе данного прибора из колбы-испарителя по боковой отводной трубке насадки Сокслета в обратный холодильник

⁴ Взвешенные и внесенные в тигли пробы до помещения в муфельную печь можно предварительно окислить, залив 5 мл этанола и поднеся спичку (горящую лучинку). Следует избегать слишком сильного горения, когда кусочки пепла могут выпасть из тигля. После прогорания тигель поместить в муфельную печь. Озоление проводится до полного удаления углистых (черноватых) включений из золы, которая может быть белой, голубоватой, желтоватой, розовой, – в зависимости от присутствия различных элементов.

поступают пары легколетучего растворителя (гексана, петролейного эфира и др.). Сконденсированный в холодильнике чистый растворитель, падая в цилиндрическую часть насадки Сокслета, промывает образец семян, предварительно размолотых и заключенных в бумажный пакетик. Растворитель, скопившийся в насадке, периодически стекает обратно в колбу-испаритель, унося с собой липиды, воска и смолы, которые таким путем удаляются из образца. Промывка проб в аппарате Сокслета может происходить несколько часов при использовании весьма малого объема растворителя. В зависимости от вида растительного сырья процедура промывки может длиться от нескольких часов до суток (20 и более час.). После этого навеску извлекают, тщательно высушивают до полного удаления запаха растворителя и снова взвешивают [Плешков 1968].

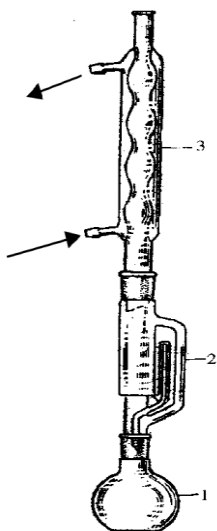


Рисунок 10 – Общий вид установки для обезжиривания: 1 - колба-испаритель; 2 - насадка Сокслета; 3 - обратный холодильник. Стрелками показано направление движения воды в холодильнике

Ход работы. Навеску 1-2 г фитомассы, в которых предполагается определить количество гидрофобных компонентов (семян, высушенной хвои и др.), измельченную в фарфоровой ступке, поместить в пакетик из фильтровальной бумаги или кальки, подписать пакетик мягким простым карандашом. Посушить пакетик с содержимым в сушильном шкафу в течение 30-40 минут, взвесить снова. Результаты первого взвешивания соответствуют воздушно-сухой массе, второго – абсолютно сухой массе (с учетом тары).

Поместить пакетики для обезжиривания в насадку Сокслета, провести промывку порциями растворителя (например, гексана⁵) в течение 6-12 часов, в зависимости от содержания жира в исходном материале. Извлечь пакетики из насадки, просушить до полного удаления запаха растворителя, взвесить снова.

Уменьшение массы соответствует потере жиров. Рассчитать содержание гидрофобных веществ (для семян – жира) по формуле:

$$X = 100\% \cdot (A - B) / A,$$

где А – масса навески семян после просушивания; В – масса навески семян после обезжиривания.

Оборудование и реактивы. Установка для обезжиривания с насадкой Сокслета, колбонагреватель, пакетики из фильтровальной бумаги (кальки), аналитические весы, гексан.

При выполнении работы в задачу студентов входят подготовка образцов, завершающее взвешивание и расчет результатов.

Задание

Для выданных растительных образцов провести подготовку образцов и помещение их на экстракцию, промывка материала на установке продолжается вне занятия. Выполнить расчет показателей и занести результаты в рабочую таблицу:

№№ образцов	А, масса навески семян после просушивания, г	В, масса навески семян после обезжиривания, г	Х, содержание гидрофобных веществ, %
----------------	--	---	--

4.3. Определение водоудерживающей способности листьев

Водоудерживающая способность листьев рассматривается как один из показателей водного режима растений, в частности, их

⁵ Экстракт, который получится после удаления растворителя испарением гексана, для масличных семян называют сырым жиром. Большая часть этого сырого жира представлена триглицеридами. В случае других объектов увеличится доля гидрофобных компонентов иной химической природы.

устойчивости к неблагоприятным условиям среды. Менее выносливые растения зачастую характеризуются более низким уровнем данного показателя. Для определения данного показателя используются различные лабораторные приемы, однако предлагаемый вариант будет, как нам, кажется, вполне пригоден, особенно для скрининга водоудерживающей способности для большого количества растительных образцов [Таренков 1990].

Ход работы. Отобрать пробу листьев определенного для исследования вида, отсчитав требуемое количество листовых пластинок (в этом случае впоследствии можно определить среднюю массу 1 листовой пластинки) и взвесить как можно быстрее. Разложить пробы листьев на кювете, избегая яркого освещения, и оставить на обезвоживание.

Для отслеживания динамики потери листьями воды повторное взвешивание провести через два, четыре, шесть и т.д. часов (если это входит в программу исследования). Провести повторное взвешивание проб спустя 24 часа.

Высушить образцы до воздушно-сухого состояния и выдерживать при 105-110°C в сушильном шкафу в течение 2 часов. После охлаждения (в эксикаторе) вновь взвесить пробы.

Рассчитать общую оводненность W , водоудерживающую способность R , содержание «подвижной» влаги L в пробах:

$$W = 100 \cdot (M - M_2) / M,$$

$$R = 100 \cdot ((M - M_2) - (M - M_1)) / M = 100 \cdot (M_1 - M_2) / M,$$

$$L = W - R,$$

где M – масса свежей пробы; M_1 – масса пробы спустя сутки; M_2 – масса пробы после высушивания.

Оборудование и реактивы. Аналитические весы, сушильный шкаф, эксикатор, фарфоровые тигли.

Задание

Для выданных образцов листьев рассчитать общую оводненность, водоудерживающую способность, содержание «подвижной» влаги. Выполнить расчет показателей и занести полученные данные в таблицу приведенной ниже формы:

№№ образцов	Водоудерживающая способность R	Суточные потери влаги L	Общая оводненность W
-------------	--------------------------------	-------------------------	----------------------

4.4. Определение содержания свободных аминокислот

Свободные аминокислоты представляют собой резерв для биосинтеза белков в растительных тканях, с другой стороны, они сами являются продуктами протеолиза. Это весьма мобильная группа соединений. Качественный состав и количественное содержание свободных аминокислот изменяются в зависимости от видовой принадлежности и внешних условий. Нингидриновый метод Х.Н. Починка [Починок 1976] позволяет образовать с аминокислотами устойчивый комплекс, стабильный на свету, для приготовления используется смесь органических растворителей.

Ход работы. Взвесить 0,5 г свежего растительного материала и растереть его в ступке с 5 мл 10% раствора уксусной кислоты, разбавить дистиллированной водой до 100 мл, взболтать смесь и тщательно профильтровать. Из фильтрата набрать пипеткой 2 мл, перенести в сухую пробирку и прибавить 3 мл нингидринового реактива, 0,1 мл 1% раствора аскорбиновой кислоты. Перемешать содержимое пробирки, поместить на кипящую водяную баню и нагревать в течение 15 мин. (Контроль – пробирка, в которую вместо фильтрата внесена дистиллированная вода). Охладить пробирки в течение 15 мин. на воздухе при периодическом взбалтывании. Довести объем окрашенного раствора до 5 мл 60% этанолом, перемешать и колориметрировать на ФЭКе при 580 нм в кювете на 5 мм. Калибровочную кривую построить по стандартному раствору аминокислоты (например, лейцина).

Приготовление растворов. Нингидриновый реактив⁶: 1,2 г нингидрина + 15 мл н-пропанола + 30 мл н-бутанола + 60 мл этиленгликоля + 9 мл ацетатного буфера (4Н, рН 4,54), можно хранить в темной склянке до 10 дней.

Ацетатный буфер (4Н, рН 4,54): Навеску 54,4г ацетата натрия (трехводного) высыпать в термостойкий стакан, прибавить 100 мл дистиллированной воды и кипятить на электрической плитке до испарения примерно половины объема жидкости. Слегка охладив раствор, перелить его в мерную колбу на 100 мл, прибавить 30 мл ледяной уксусной кислоты и довести объем до 100 мл дистиллированной водой.

Раствор аскорбиновой кислоты: 0,1 г в 10 мл дистиллированной воды, готовится на 1 день.

Оборудование и реактивы. Фарфоровая ступка, центрифуга, ФЭК. Водяная баня. Колбы на 50-100 мл, стеклянные воронки, фильтры (синяя лента). Штатив с пробирками, пипетки на 5, 2 и 0,2 мл. 10% раствор уксусной кислоты, дистиллированная вода, нингидриновый реактив, раствор аскорбиновой кислоты.

Задание

Для выданных образцов предлагаем воспользоваться расчетным уравнением, составленным в лаборатории фитоиндикации при обработке калибровочного графика оптической плотности стандартных растворов аминокислот (лейцин):

$$AK, \text{ мг/г} = (E * V_1) / (2*32/V_2*M),$$

где E – оптическая плотность раствора, ед.; V₁ – общий объем экстракта, мл; V₂ – объем пробы, взятой для реакции, мл; M – навеска образца, г.

№№ образцов	M, г	V ₁ , мл	V ₂ , мл	E, ед.	AK, мг/г
-------------	------	---------------------	---------------------	--------	----------

⁶ Избегать попадания реактива на руки, поскольку нингидрин токсичен и реагирует с белками кожи, оставляя на ней ярко-лиловые «чернильные» пятна.

4.5. Определение содержания пролина по Л.С. Бейтсу (Bates, 1973)

Пролин – аминокислота (точнее, иминокислота), которая обнаруживается в растительных и животных белках, а также имеет особое значение в качестве свободной аминокислоты – маркера стрессовых состояний у растений. Так, накопление пролина обнаруживается в тканях растений, подвергнутых воздействию высоких и низких температур, засоления, дефицита влаги, техногенных загрязнителей. Метод, разработанный Бейтсом, предназначен для определения свободного пролина [Bates 1973].

Ход работы. Пролин экстрагировать из навески растительного материала (от 0,5 до 1 г) при добавлении 10 мл 3% раствора сульфосалициловой кислоты при растирании в ступке, с последующим фильтрованием. Первые капли фильтрата отбросить, из последующей пробы отобрать в пробирку 2 мл экстракта, прибавить 2 мл реагента, тщательно перемешать и поместить пробирку в кипящую водяную баню на 60 минут. В контрольную пробирку вместо экстракта внести 2 мл дистиллированной воды. После охлаждения в пробирки добавить по 4 мл толуола, взболтать содержимое пробирки в течение 20-30 сек. В толуольный слой переходит комплекс, полученный взаимодействием пролина и нингидрина (окраска – от розовой до ярко-малиновой). Колориметрировать толуольную фракцию при 520 нм на ФЭКе или СФ. Для калибровки целесообразно использовать стандартный раствор пролина в толуоле⁷.

Приготовление реактива Бейтса: 1,25 г нингидрина, 30 мл уксусной кислоты, 20 мл 6М фосфорной кислоты тщательно перемешать до полного растворения, хранить в темной склянке.

⁷ Рекомендуем толуольные фракции после измерений на ФЭКе объединять и использовать для последующей отгонки толуола, в целях экономии реактивов.

Оборудование и реактивы. Фарфоровая ступка или гомогенизатор, центрифуга, ФЭК. Водяная баня. Колбы на 50-100 мл, стеклянные воронки, фильтры (синяя лента). Штатив с пробирками, пипетки на 5-10 мл. 3% раствор сульфосалициловой кислоты, толуол, реактив Бейтса.

Задание

Для выданных образцов предлагаем воспользоваться расчетным уравнением, составленным в лаборатории фитоиндикации при обработке калибровочного графика оптической плотности стандартных растворов пролина:

$$\text{ПРО, мг/г сух.в-ва} = ((E / 0,0126) / 1000) * V * M,$$

где E – оптическая плотность раствора, ед.; V – общий объем экстракта, мл; M – навеска образца, г.

Для выданных образцов провести количественное определение содержания пролина. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчет показателей:

№№ образцов	M, г	V, мл	E, ед.	Содержание пролина, мг/г сухого вещества
-------------	------	-------	--------	--

4.6. Определение содержания фенольных соединений

Растения синтезируют много тысяч фенольных соединений, содержащих 1 или более фенольных остатков. Это одна из самых многочисленных групп вторичных метаболитов.

Фенольные соединения содержат ароматическое (бензольное) кольцо, которое несет 1,2 или более гидроксильных групп. Они относятся к числу наиболее распространенных в растениях биологически активных веществ. Они служат предшественниками для синтеза лигнина, выступают в качестве фактора иммунитета и защиты от фитофагов. Определение фенольных соединений по методу Свейна–Хиллиса (Swain, Hillis) проводят с использованием реактива Фолина-Чокальте [Swain 1959]. В присутствии феноль-

ных соединений реактив окисляется с образованием комплекса сине-голубой окраски, интенсивность которой пропорциональна количеству фенольных соединений в пробах.

Приготовление настоев и отваров Растительное сырье измельчить (листья, цветки – до частиц размером не более 5 мм, стебли, кору, корни, корневища – не более 3 мм, плоды и семена – не более 0,5 мм). Измельченное сырье помещают в эмалированный или фарфоровый сосуд, заливают водой, закрывают крышкой и ставят на кипящую водяную баню. Настой нагревают в течение 15 мин, отвар – 30 мин при частом помешивании. После нагревания сосуд охлаждают при комнатной температуре, затем процеживают и остаток сырья отжимают. Готовые вытяжки доводят кипяченой водой до нужного объема. Из большинства растений настои и отвары готовят в соотношении 1:10 и 1:20, т.е. из одной весовой части измельченного сырья готовится десять-двадцать частей настоя или отвара. Настои некоторых растений для внутреннего употребления готовят менее концентрированными, соотношение сырья и воды составляет 1:30, 1:40. Настои, предназначенные для наружного употребления, готовят более концентрированными.

В домашних условиях настои и отвары чаще готовят без кипячения. Для этого лекарственное сырье заливают крутым кипятком, плотно закрывают посуду крышкой, накрывают плотной тканью, настаивают в течение 4-6 час, после чего процеживают, остаток отжимают и фильтруют.

Ход работы. Пробу экстракта, в котором необходимо определить количество фенольных соединений (водная вытяжка опада, спиртовой, ацетоновый и др. экстракты из почвы, вытяжки из растительного материала), в объеме от 0,1 до 1 мл⁸ внести в пробирку.

⁸ Объем экстракта подбирается опытным путем при первом выполнении методики для нового источника фенольных соединений. Если внесено мало экстракта, окраска жидкости в пробирках будет очень слабой, при внесении слишком большого количества экстракта разовьется очень плотное окрашивание, потребуется разбавлять раствор перед колориметрированием.

В контрольную пробирку внести такое же количество чистого экстрагента (воды, спирта и пр.).

Довести объем проб в пробирках до 7 мл дистиллированной водой, прилить по 0,5 мл реактива Фолина-Чокальте и тщательно перемешать. Через три минуты прилить в пробирки по 2,5 мл 20% раствора Na_2CO_3 и снова перемешать⁹. Отколориметрировать раствор на ФЭК или СФ при красном светофильтре (длина волны 725-730 нм).

Калибровочный график (расчетное уравнение) получить по данным оптической плотности стандартных растворов, полученных при проведении методики с раствором фенольного соединения (например, галловой кислоты) известной концентрации и ряда его разбавлений.

Оборудование и реактивы. Фарфоровая ступка или гомогенизатор для размельчения проб фитомассы, посуда для подготовки экстрактов. Аналитические весы, ФЭК. Штатив с пробирками, пипетки на 1, 5 и 10 мл. Реактив Фолина – Чокальте, 20% раствор карбоната натрия.

Ход работы. Проведение определения в классическом варианте осуществляется следующим образом. Пробу экстракта, в котором необходимо определить количество фенольных соединений (водная вытяжка опада, спиртовой, ацетоновый и др. экстракты из почвы, вытяжки из растительного материала), в объеме от 0,1 до 1 мл¹⁰ внести в пробирку. В контрольную пробирку внести такое же количество чистого экстрагента (воды, спирта и пр.).

⁹ Присутствие в экстракте некоторых примесей может вызвать выпадение осадка после добавление раствора бикарбоната. В таком случае следует отцентрифугировать раствор и использовать супернатант для измерения оптической плотности на ФЭКе.

¹⁰ Объем экстракта подбирается опытным путем при первом выполнении методики для нового источника фенольных соединений. Если внесено мало экстракта, окраска жидкости в пробирках будет очень слабой, при внесении слишком большого количества экстракта разовьется очень плотное окрашивание, потребуются разбавлять раствор перед колориметрированием.

Довести объем проб в пробирках до 7 мл дистиллированной водой, прилить по 0,5 мл реактива Фолина-Чокальте и тщательно перемешать. Через три минуты прилить в пробирки по 2,5 мл 20% раствора Na_2CO_3 и снова перемешать¹¹. Отколориметрировать раствор на ФЭК или СФ при красном светофильтре (длина волны 725-730 нм).

Калибровочный график (расчетное уравнение) получить по данным оптической плотности стандартных растворов, полученных при проведении методики с раствором фенольного соединения известной концентрации и ряда его разбавлений.

Определение содержания растворимых фенолов «по капельному варианту» с использованием реактива Фолина-Чокальтеу (производства фирмы Panreac Química, Испания) по модифицированному методу Свейна-Хиллиса.

Объем испытуемого образца раствора – 10 мл, в зависимости от навески (предполагаемого содержания фенолов в раст. материале) его приготовление проводится следующим образом:

1 мл фильтрата + 9 мл дист. воды,

2 мл экстракта + 8 мл дист. воды, и пр.,

3 мл экстракта + 7 мл дист. воды.

Перемешать!

К подготовленным водным экстрактам фенольных соединений добавить 3 капли реактива Фолина-Чокальтеу, перемешать, добавить 3 капли 30% раствора гидроксида натрия.

В присутствии фенольных соединений развивается синевioletовая окраска, интенсивность определяется концентрацией присутствующих фенольных соединений. Оптическую плотность растворов определяют на КФК-2 при красном светофильтре (длина волны 725-730 нм).

¹¹ Присутствие в экстракте некоторых примесей может вызвать выпадение осадка после добавление раствора бикарбоната. В таком случае следует отцентрифугировать раствор и использовать супернатант для измерения оптической плотности на ФЭКе.

Содержание фенолов в образце рассчитать по следующей формуле (разбавление кратно увеличивает объем экстракта!):

$$\Phi, \text{ мг/г} = (0,32 \cdot E \cdot V_1) / (10 \cdot V_2 \cdot M),$$

где E – оптическая плотность, ед.; V1 – общий объем экстракта, мл; V2 – объем экстракта для реакции, мл; M – навеска, г.

Задание

Из выданных образцов растительного сырья приготовить настой и отвар. После охлаждения отфильтровать их и провести количественное определение содержания в них фенольных соединений с использованием готового реактива Фолина-Чокальте по «капельной» методике. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчет показателей:

№№ образцов	M, г	V1, мл;	V2, мл;	E	Содержание фенолов, мг/г
-------------	------	---------	---------	---	--------------------------

4.7. Использование йодных реакций при определении различных химических компонентов растений

Реактивы на основе йода применяются в лабораторной практике в различных целях, что связано с его способностью образовывать окрашенные комплексы с некоторыми органическими веществами природного происхождения. В частности, высоко активные вторичные соединения растений – алкалоиды – дают реактивами на основе йода нерастворимые, как правило, ярко окрашенные комплексы. Известна также способность йодных реактивов давать с крахмалом синее окрашивание, с гликогеном – от желто-бурого до красного, с целлюлозой – желто-коричневое окрашивание. С подкисленным водным раствором солей алкалоидов реактивы на основе йода дают бурые осадки. Реактивы Бушарда¹², Люголя и Вагнера отличаются лишь различной концентраци-

¹² Фамилия ученого (G. Bouchardat) в русскоязычной литературе имеет два варианта произношения, закрепившихся в названиях реактивов.

ей йода и йодида калия [Методы... 1972]. Варианты прописей их приготовления: раствор Люголя: йода 1 ч., калия йодида 2 ч., воды 17 ч.; раствор Вагнера: 1 г йода в растворе 2 г калия йодида в 50 мл воды; раствор Бушарда (Бухарда) 1,27 г йода и 2 г калия йодида в 100 мл воды.

Качественное определение алкалоидов в семенах люпина

Экспресс-метод предназначен для отбора безалкалоидных семян. Может быть применен как в лаборатории, так и в полевых условиях.

Ход работы. Из семени со стороны, противоположной рубчику, кончиком скальпеля высверлить небольшую часть семени так, чтобы не повредить росток, и поместить эту массу в каплю дистиллированной воды на предметное стекло. Стекло разместить на кювету (подложку) белого цвета, чтобы окраска была отчетливо видна. Исследуемое семя положить рядом (до получения результатов анализа) [Методы... 1972].

Из капельницы в воду с мучкой из семени внести 1-2 капли рабочего раствора. При наличии в семени не менее 0,1% алкалоидов сразу же выпадает характерный осадок красно-бурого цвета (при меньшей, чем 0,1%, концентрации применяемый реактив не дает окраски). Для семян с пониженным содержанием алкалоидов применить более концентрированный реактив – разбавить реактив Бухарда в 10 раз. С таким раствором дадут окраску малоалкалоидные семена (содержание алкалоидов от 0,01 до 0,025%). Семена с содержанием алкалоидов менее 0,025% не дают окраски и считаются «безалкалоидными».

Оборудование и реактивы. Йодно-йодистокалиевый реактив (реактив Бухарда): 20 г йодистого калия растворяют в 30 мл дист. воды, затем в раствор вносят 13 г кристаллического йода. Когда йод растворится, доводят объем раствора до 1 л дистиллированной водой. Хранят в темной бутылке. Непосредственно перед работой раствор разбавляют в 20 раз.

Йодный реактив Грамма: 2 г калия йодида растворяют в 5 мл дистиллированной воды при нагревании. Затем в раствор добавляют 1 г металлического йода, доводят до 300 мл и хранят в склянке из темного стекла

Задание

1. Сравните две приведенные в методичке прописи приготовления реактива Бухарда. В чем различия между ними?

2. Рассчитайте концентрацию йода и калия йодида в каждом из упомянутых реактивов и заполните таблицу. Почему приготовление реактива Грамма (и всех прочих аналогичных) рекомендуют начинать в растворения калия йодида, с какой целью он добавляется в эти реактивы?

3. Какой из растворов и почему вы предлагаете использовать в качестве маточного (то есть, разбавляя его, получать другие)? Какие разбавления при этом потребуются сделать?

Наименование реактива	Концентрация йода, %	Концентрация йодида калия, %
Раствор Люголя		
Раствор Вагнера		
Раствор Бушарда (пропись 1)		
Раствор Бухарда (пропись 2)		
Раствор Грамма		

4.8. Определение жизнеспособности пыльцевых зерен йодным методом

Жизнеспособность пыльцевых зерен можно оценить различными способами: по содержанию крахмала (йодный метод), по окраске ацетокарминовым реактивом, по выявлению активности фермента пероксидазы в жизнеспособных пыльцевых зернах [Паушева 1988]. В основе йодного метода лежит определение крахмала при помощи йодной реакции. Фертильные и стерильные пыль-

цевые зерна отличаются по содержанию крахмала. Обычно фертильное пыльцевое зерно полностью заполнено крахмалом, а стерильное не имеет его совсем или содержит следы.

Ход работы. Зрелые пыльники вскрывают двумя иглами на предметном стекле, смачивают йодным раствором и, удалив лишние ткани, накрывают покровным стеклом. Под микроскопом можно легко отличить фертильные пыльцевые зерна по темно-фиолетовому цвету. Подсчетом общего числа пыльцевых зерен и числа окрашенных зерен в поле зрения определяют процент жизнеспособных пыльцевых зерен.

Оборудование и реактивы. Микроскоп с объективами малого и большого увеличения, предметные и покровные стекла. Капельницы, препаровальные иглы.

Задание

Для выданных пыльников цветковых растений провести подсчет не менее чем для 5 полей зрения, рассчитать средние показатели, результаты занести в рабочую таблицу:

№№ образцов	№ поля зрения	Число пыльцевых зерен		% жизнеспособных пыльцевых зерен
		фертильных	стерильных	

4.9. Определение содержания фотосинтетических пигментов

Содержание основных фотосинтетических пигментов – показатель, который используется для характеристики обмена веществ растений, оценки уровня воздействия различных факторов и т.д. Показатели содержания пигментов различаются также у растений разных экологических групп, разного возраста и т.д. Для извлечения пигментов пользуются полярными (спирт, ацетон) и неполярными (бензин, петролейный эфир) растворителями. Экстракцию проводят быстро, в затененном помещении, предварительно охладив растворители. Количественное определение пигментов осно-

вано на их способности поглощать лучи разных длин волн. При использовании спектрофотометра можно, не разделяя смесь пигментов, определить в ней содержание хлорофиллов А, В и суммы каротиноидов, измерив оптическую плотность экстрактов при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения этих пигментов в соответствующих растворителях, и затем рассчитав количественное содержание пигментов в этих экстрактах [Методы... 1972].

Ход работы. При работе со свежей растительной массой навеску растительного материала (100-300 мг) размельчить ножницами, поместить в маленькую ступку, добавить на кончике скальпеля карбонат кальция (порошок мела) для нейтрализации кислот. Прилить 4-5 мл растворителя (этанола 96%, ацетона 100%, ацетона 80%) и тщательно растереть, при необходимости добавив кварцевый песок либо порошок стекла в качестве абразивного материала. Для получения экстракта провести фильтрование с помощью стеклянного фильтра и колбы Бунзена (используется насос Камовского или водоструйный) либо воспользоваться центрифугированием. Экстракты пигментов использовать для измерения оптической плотности при следующих длинах волн: для ацетона 100%: 440,5, 644 и 662 нм; для этанола 96%: 649 и 665 нм.

Для сравнения большого числа проб можно экстрагировать пигменты из воздушно-сухого материала, высушенного в темном помещении при хорошем проветривании и умеренном нагреве. Мы рекомендуем измельчать пробы с помощью электромельницы до порошка с размером частиц менее 0,5 мм, использовать навески не более 100 мг на 10 мл ацетона.

Для лучшей экстракции навеску размолотого материала, внесенную в пробирку, смочить 2-3 каплями дистиллированной воды и дать пробе слегка увлажниться, затем всыпать порошок карбоната кальция (треть лопаточки малого шпателя), перемешать и за-

лить ацетоном. Экстракцию проводить в плотно закрытых пробирках, периодически взбалтывая, до обесцвечивания осадка, на что обычно требуется 2 суток.

Экстрагировать пигменты следует в отсутствие яркого света, хранить готовые экстракты – в темноте. Интенсивно окрашенные экстракты перед измерением разбавить чистым растворителем, учитывая при этом кратность разбавления в расчетах. По показателям оптической плотности рассчитать концентрацию пигментов C , мг/л, в пробах по формулам:

а) для 100% ацетона

$$C(\text{хл. А}) = 9,784 * E(662) - 0,990 * E(644)$$

$$C(\text{хл. В}) = 21,426 * E(644) - 4,650 * E(662)$$

$$C(\text{кар.}) = 4,695 * E(440,5) - 0,268 * (C(\text{хл. А}) + C(\text{хл. В}))$$

б) для 96% этанола

$$C(\text{хл. А}) = 13,70 * E(665) - 5,76 * E(649)$$

$$C(\text{хл. В}) = 25,80 * E(649) - 7,60 * E(665)$$

Результаты выразить в содержании пигментов в мг/г навески следующим образом: C , мг/л, или $C/1000$, мг/мл, содержится в 1мл данного экстракта, а содержание пигментов в общем объеме экстракта $M = K * V * C / 1000$, где V – объем экстракта, K – кратность разбавления или $M = V * C / 1000$ при отсутствии разбавления¹³. Однако M мг пигментов содержалось в A г навески, а искомая величина X мг – содержание в 1 г навески. Итоговая формула:

$$X = (K * V * C) / 1000 * A.$$

Оборудование и реактивы. Фарфоровая ступка или электромельница для сухих проб, пробирки с пробками. Аналитические весы, СФ. Ацетон.

¹³ При отсутствии разбавления коэффициент K становится равным 1.

Задание

Для выданных образцов определить. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчет показателей:

№№ образцов	Разбавление	Длина волны			m навески
		440,5 нм	644 нм	662 нм	

4.10. Изучение состояния побегов хвойных растений: оценка охвоенности побегов различного возраста, выявление повреждений хвои, определение смачиваемости поверхности хвои

Хвойные деревья по форме и строению листа значительно отличаются от лиственных древесных растений. У большинства их представителей листья игловидные. Лист хвойных состоит из эпидермиса с устьицами, гиподермы, мезофилла, эндодермы, проводящих пучков, околопучковой склеренхимы, смоляных каналов и других элементов. Держатся листья на дереве от 2 до 7 лет и лишь у лиственницы и лжелиственницы ежегодно опадают на зиму. Отмирая, они могут оставить на побеге метку – небольшой плоский рубец (пихта) или маленький выступ коры в виде подушечки (ель). На ветви хвойного растения легко обнаруживаются побеги разного возраста (рис. 11). В норме хвоя должна сохранять жизнеспособность несколько лет (у ели колючей – до 5-6), при неблагоприятных условиях старение и отмирание хвои ускоряется, начиная с побегов 3-4 года возможно ее опадение и отсутствие. На хвоинках в присутствии техногенных загрязнителей воздуха образуются повреждения – хлорозы (места, где здоровая зеленая окраска ослабляется и меняется на желтую) и некрозы (места, где происходит отмирание мезофилла и образуются высохшие участки). Они могут быть точечными, кольцевыми, краевыми, сплошными. Чем больше доля площади, покрытой хлорозами и некрозами, тем сильнее утрачивается фотосинтетическая активность хвоинки.

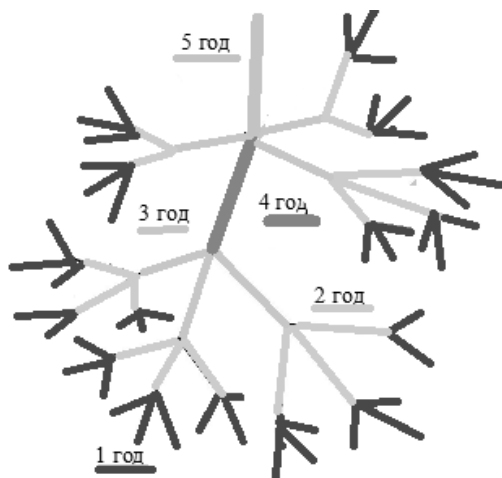


Рисунок 11 – Ветка хвойного растения с побегами разного возраста

Определение смачиваемости хвои. Поверхность листьев большинства растений покрыта слоем эпикутикулярного воска, который служит барьером между кутикулой и окружающей средой. Этот слой толще у ксероморфных растений. Предполагают, что его функция – снижение испарения из листьев. У хвойных, особенно молодой хвои, восковой слой относительно толстый и имеет кристаллическую структуру, с возрастом она нарушается, а некоторые компоненты слоя уносятся или испаряются. Такое нарушение воскового слоя приводит к повышению потерь воды листом. Скорость деградации воска зависит от климатических факторов, его ускоряет загрязнение воздуха [Хейнсоо 1994].

Ход работы. Закрепить хвоинку горизонтально в штативе с помощью лапки-зажима, поместить штатив между источником света и экраном, куда будет проектироваться изображение. Нанести на хвоинку шприцем каплю дистиллированной воды объемом 1-3 мкл. С помощью источника света спроецировать изображение на экран и измерить угол между каплей воды и поверхностью

хвои. Провести опыт для хвоинок разного возраста, верхней и нижней стороны хвоинки, различных видов растений.

Модификация метода, используемая в лаборатории фитоиндикации: на рамке для слайдов прикрепить две параллельные полосы двустороннего скотча, использовать их липкую поверхность для фиксации изучаемых хвоинок (не менее 3), нанести на каждую по 1-2 капли воды микропипеткой. Спроецировать изображение на лист бумаги, обвести карандашом очертания капелек на хвоинках, расчертить контактные углы смачивания и измерить их с помощью транспорта.

Оборудование и реактивы. Источник света, штатив, микропипетка, экран (лист ватмана), транспорт.

Задание

1. Для побегов разного возраста провести определение охвоенности и массы хвоинки (не менее 7 повторностей для побегов одного возраста).

Возраст побега	Длина побега, см	Число хвоинок	Масса хвои, г	Охвоенность, ед/см	Масса 1 хвоинки, мг
1 год					

2. Для образцов хвои разного возраста определить показатель смачивания поверхности. Сопоставить полученные значения.

3. Провести статистическую обработку данных, полученных при выполнении п.1 задания, используя возможности базового пакета анализа Excel. Полученные в результате расчетов показатели интерпретировать, используя материалы приложения 9.

5. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСТЕНИЙ

5.1. Определение фитонцидной активности растений

Фитонциды – газообразные вещества, выделяемые растениями во внешнюю среду и губительно действующие на микроорганизмы. Их наличие было обнаружено профессором Б.П. Токиным в 1928 году. При изучении фитонцидных свойств растений используют культуры микроорганизмов, но наиболее простым в исполнении может считаться метод Б.П. Токина с использованием инфузорий в качестве биотеста. Приведем описание данного метода по варианту, приведенному в практикуме по основам химического взаимодействия растений» [Матвеев 1987].

Ход работы. Навеску растительного материала (лук, чеснок и др.) в количестве 4 г внести в чашку Петри и измельчить скальпелем, сдвинув массу к краям чашки (рис. 12). Нанести на середину внутренней поверхности крышки чашки Петри каплю культуры инфузорий. Установить чашку на предметный столик микроскопа и наблюдать за движением инфузорий до его полной остановки. Активность фитонцидов выражается средним из 3-5 повторностей временем, которое прошло от начала опыта до момента гибели инфузорий. Можно также применить систему условных единиц фитонцидности (УЕФ), в этом случае фитонцидная активность вычисляется по формуле: $A = 100 / T$, где T – среднее время гибели инфузорий, мин.

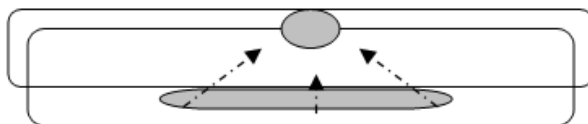


Рисунок 12 – Схема опыта с инфузориями по Б.П. Токину

Оборудование и реактивы. Чашки Петри. Культура инфузорий¹⁴. Луковицы лука, чеснока, листья эфиромасличных растений или прочие источники аллелопатически активных веществ. Микроскоп с объективом малого увеличения.

Задание

Для выданных образцов растительного материала изучить фитонцидные свойства растений. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчет показателей:

№№ образцов	Время от начала опыта до момента гибели инфузорий, мин.			А, фитонцидная активность
	1	2	3	

5.2. Определение активности водорастворимых выделений

Эта и следующие работы, за исключением специально обозначенных, приводятся нами в соответствии с их классическим описанием в «Практикуме по курсу Основы химического взаимодействия растений» [Матвеев 1987].

Ход работы. За 24 часа до закладки опыта необходимо приготовить вытяжку из листового опада 1/15 (1 г материала и 15 мл дистиллированной воды).

На дно чашки Петри уложить фильтр так, чтобы дно чашки делилось продольной складкой на 2 половины (в каждой чашке по 2 повторности). В контроле фильтр увлажнить дистиллированной водой (10 мл на чашку), в опытных вариантах – 10 мл соответствующей вытяжки из опада. На каждую половину чашки поместить по 50 всхожих семян редиса и пинцетом распределить по дну, затем чашки закрывают крышками и поставить в светлое теплое место. Через 18 часов провести подсчет всходов.

¹⁴ При отсутствии чистой культуры инфузорий в лаборатории можно попытаться ее вырастить. Для этого рекомендуем залить горячей дистиллированной водой порцию сухой растительной массы (хлебной соломы, дикорастущих злаков и др.).

Оборудование и реактивы. Чашки Петри. Бумажные фильтры. Семена редиса. Вытяжка из опада.

Задание

Для образцов листового опада провести биотестирование. Результаты занести в таблицу, выполнить расчеты:

№№ образцов	Число проросших семян, контроль	Число проросших семян, опыт
----------------	------------------------------------	--------------------------------

5.3. Определение характера действия сапролинов

Ход работы. За 24 часа до закладки опыта необходимо приготовить вытяжку из листового опада (2,5 г материала и 25 мл дистиллированной воды).

На дно каждой чашки Петри кладется по одному квадратному подстилочному стеклу, а сверху него – круглый форматный фильтр. На каждый вариант берется по две чашки. В контроле в каждую из чашек вносят по 10 мл дистиллированной воды, а в опытных – по 7 мл экстракта. После набора экстракта пипетку промывать дистиллированной водой. Затем в чашки Петри поместить по 50 семян кресс-салата, по схеме 7х7+1, «квадрат».

После посева чашки закрыть крышками, поставить в светлое теплое место. Опыт продолжается 7 дней. По вариантам произвести измерение корней и стеблей проростков. Для этого из каждой чашки по диагонали «квадрата посева» пинцетом произвольно отобрать и по линейке измерить длину корней и стеблей (в мм). Из каждой чашки измеряется по 10 проростков.

Оборудование и реактивы. Чашки Петри. Бумажные фильтры. Квадратные подстилочные стекла. Вытяжка из опада. Семена кресс-салата. Линейки.

Задание

Для образцов листового опада провести биотестирование. Результаты внести в таблицу, выполнить расчеты:

№№ образцов	Длина корней проростков, мм	Длина побегов проростков, мм
----------------	-----------------------------	---------------------------------

5.4. Определение характера действия миазминов

Ход работы. В стеклянные бюксы объемом 70-100 мл поместить навеску растительного материала (листовой опад) – 3 г и увлажняют дистиллированной водой – 5 мл. Бюкс сверху обтянуть с помощью ниток и бинта в два слоя (концы бинта должны достигать дна бюкса). Затем бюкс поместить в крышку от чашки Петри, куда наливается дистиллированная вода. На натянутый смоченный водой бинт на бюксе поместить 20 семян кресс-салата с помощью пинцета. После посева семян бюкс, стоящий в чашке с водой, накрыть сверху стаканом, емкостью 200 мл. Каждый вариант, включая контроль содержит 2 повторности. В контроле бюксы пусты. Камеры поместить в светлое теплое место на 7 суток. Время от времени в камеры (крышку от чашки Петри) добавлять воду. По окончании опыта камеры разобрать и в каждой из них провести учет всхожести семян и длины корня проростков.

Оборудование и реактивы. Бюксы. Стеклянные стаканы. Бинт. Листовой опад. Дистиллированная вода. Семена кресс-салата. Линейки.

Задание

Для выданных образцов листового опада провести биотестирование. Результаты внести в таблицу, выполнить расчеты:

№№ образцов	Длина корней проростков, мм	Длина побегов проростков, мм
----------------	-----------------------------	---------------------------------

5.5. Приемы определения аллелопатической активности почвы и иных объектов помощью биотестов

Для определения аллелопатической активности почвы используются биологические пробы на растениях, при этом в качестве объектов – биотестов – используют семена, проростки, целые растения или их органы. А.М. Гродзинский с сотрудниками предложили следующие варианты биотестирования почвы [Гродзинский 1988].

Вариант А. Биотестирование водной вытяжки из почвы

Ход работы. Выделить из образца почвы аллелопатически активные вещества путем настаивания с водой при соотношении почва-вода 1:1 или 2:1 в течение 24 часов при комнатной температуре. После указанного времени отцентрифугировать (0-15 мин, 6-8 тыс. оборотов) или отфильтровать водную вытяжку.

Одновременно с подготовкой вытяжки почвы отсортированные семена кресс-салата высеять на бумагу, смоченную дистиллированной водой, прорастить в термостате в течение 18-24 часов при +25°C. Проросшие семена с длиной корешка 3-5 мм по 20 штук поместить на фильтр в чашку Петри и смочить фильтр 5 мл вытяжки из почвы, контролем служит дистиллированная вода.

Поместить чашки Петри с проростками в термостат на 24 часа, после чего измерить длину корней проростков и выразить результат в % к показателям контроля. Результат предлагается выражать в условных расчетных единицах УРЕ:

$$X = (1 - A/100) * 1000,$$

где А – прирост корней кресс-салата, % к контролю; X – аллелопатическая активность экстракта, УРЕ.

Задание

Для выданных образцов почвы провести биотестирование. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчеты:

Вариант биотестирования: Биотестирование водной вытяжки

№№ образцов	Длина корней проростков, мм	Длина побегов проростков, мм
----------------	--------------------------------	---------------------------------

Вариант Б. Прямое биотестирование почвы

Ход работы. Просеять почву через сито с диаметром отверстий 2 мм. В качестве дренажа на дно чашек Петри, Коха или других подходящих мелких сосудов (например, пластиковые поддоны для цветочных горшков) насыпать 50 г промытого и прокаленного речного песка. Над слоем песка насыпать 80 г испытуемой почвы и увлажнить 25 мл дистиллированной воды.

За сутки до постановки биотестов поместить на кювету с влажной фильтровальной бумагой семена пшеницы и прорастить в термостате в течение 24 час. до появления проростков. На образцы опытной почвы высадить по 12-15 штук проросших семян пшеницы и в течение 10-14 дней проводить измерения роста растений. В конце опыта определить высоту растений, сырую и сухую массу надземной и корневой частей.

Оборудование и реактивы. Чашки Петри. Пластиковые вазоны. Растильни для проращивания семян. Семена пшеницы, кресс-салата. Фильтровальная бумага. Почва. Электронные весы.

Задание

Для выданных образцов почвы провести биотестирование. Результаты занести в рабочую таблицу, выполнить расчеты:

Вариант биотестирования: Прямое

№№ образцов	Высота растений, см	Сырая масса, г		Сухая масса, г	
		Надземной части	Корневой части	Надземной части	Корневой части

5.6. Изучение взаимовлияния семян при совместном проращении методом рулонов

Прорастающие семена являются источником аллелопатически активных веществ и одновременно воспринимают чужие выделения. Метод проращивания в рулонах позволяет оценить влияние друг на друга семян одного вида, разных видов (в разных количественных соотношениях). Техника закладки рулонов, используемая нами, подробно описывается ниже.

Подготовить лист фильтровальной бумаги (можно использовать бумажное полотенце с подложкой из более плотной бумаги), провести в его верхней части простым карандашом линию, отчертив примерно одну треть высоты будущего рулона (рис. 13).

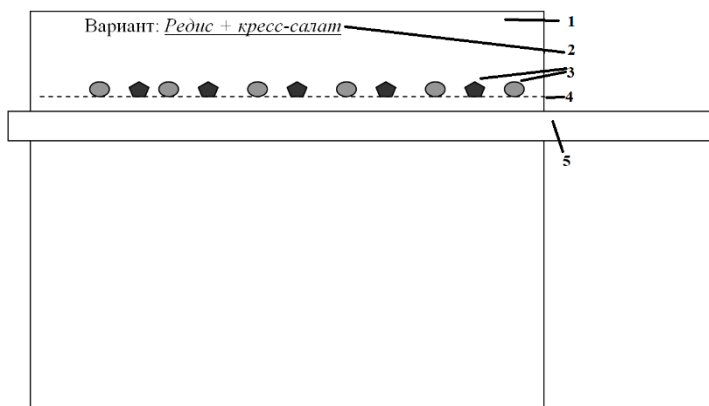


Рисунок 13 – Схема закладки рулона для изучения взаимовлияния прорастающих семян: 1 - бумага для раскладки семян; 2 - надпись - обозначение варианта; 3 - раскладываемые семена; 4 - маркировочная линия; 5 - полоса кальки для фиксации семян

Также простым карандашом написать обозначение будущего варианта опыта. Смочить бумагу дистиллированной водой, разложить по линии семена испытуемых культур (их сочетания выби-

рают произвольно, но обязательна закладка рулонов с семенами одного вида – контрольных!). Хорошо увлажнить бумажную полосу шириной 2-3 см и длиной несколько больше, чем длина рулона. Закрыть этой полосой семена, слегка прижав пальцами полосу к бумаге над и под семенами (проведите пальцами по полосе, чтобы семена оказались внутри «тоннеля»). Край полосы должен выступать в сторону от рулона. Начать аккуратно сворачивать рулон с противоположной стороны, чтобы не допустить высыпания семян. Свободным концом бумажной полосы зафиксировать рулон, завернув полосу вокруг него.

Поместить рулон в стеклянный сосуд, на дне которого налита слоем 1-2 см дистиллированная вода. В зависимости от размеров рулонов и сосуда закрыть сосуд крышкой или надеть сверху полиэтиленовый пакет.

Опыт проводится в течение недели. За это время необходимо проверять, достаточно ли воды в сосуде, подливая его при необходимости. Нежелательно помещать сосуд в термостат без подсветки, так как появившиеся проростки должны освещаться.

Задание

Снимая опыт, аккуратно развернуть рулоны, в каждом из них:

- подсчитать число проросших семян каждого вида, выразить его в % к общему числу семян этого вида (всхожесть);
- измерить длину корней и побегов всех проростков в каждом рулоне, рассчитать средние показатели, сравнить с показателями в контрольных рулонах (с семенами одного вида).

Сделать выводы:

- обнаружено ли взаимное влияние при прорастании семян;
- происходят ли угнетение/стимуляция прорастания семян, роста проростков (отдельно побегов и корней) и между какими культурами.

6. ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА АНАЛИЗА В БИОЛОГИИ

6.1. Основные принципы и понятия хроматографии

Хроматография – физико-химический метод разделения компонентов сложных смесей, позволяющий проводить одновременно качественный и количественный анализ. Сегодня трудно представить себе современную медицинскую или биологическую лабораторию без прибора – хроматографа или пластин для проведения тонкослойной хроматографии. Хроматографический метод анализа используется в фармацевтических, биологических, пищевых производствах для контроля процесса и его регуляции.

Начало хроматографии положили работы русского ученого-ботаника М.С. Цвета. Открытие метода относится к 1903 году, когда М.С. Цвет впервые применил проявительный вариант жидкостно-адсорбционной хроматографии для анализа хлорофилла (важнейшего фотосинтетического пигмента зеленого листа растений, хотя на самом деле, как показал эксперимент, раствор хлорофилла содержал несколько соединений). Им была опубликована работа «О новой категории адсорбционных явлений и применение их к биологическому анализу».

*Основные понятия и определения*¹⁵

Неподвижная фаза или сорбент – инертный носитель мелко-го зерна, обработанный химическим соединением (наполнитель хроматографической колонки); **подвижная фаза** – поток, фильтрующийся через неподвижный слой сорбента; **время удерживания** – время прохождения вещества через слой сорбента

¹⁵ С теоретическими основами и практикой применения хроматографических методов в биологии и экологическом мониторинге советуем ознакомиться в руководствах [Яшин 1994; Яшин 2003; Краснов 2007; Сумина 2012; Конюхов 2012; Грибова 2019; Дмитриевская 2018; Логотов 2019].

в колонке; **элюент** – подвижная фаза (в случае газовой хроматографии это газ-носитель, в случае жидкостной хроматографии это жидкость); **элюат** – поток, выходящий из колонки (бинарная смесь подвижной фазы и индивидуального компонента разделяемой смеси).

Классификация хроматографических методов

1. По способу перемещения сорбатов вдоль слоя сорбента (проявительный вариант хроматографии, фронтальный, вытеснительный).

2. По природе процесса, обуславливающего распределение сорбатов (адсорбционная хроматография, ионообменная, распределительная, гель-хроматография).

3. По агрегатному состоянию подвижной фазы (газо-адсорбционная, газо-жидкостная, жидкость-жидкостная, жидкость-адсорбционная хроматография).

4. По способу аппаратного оформления процесса разделения (колоночная хроматография, плоскостная хроматография).

5. По цели проведения хроматографического процесса (аналитическая хроматография, неаналитическая, препаративная, промышленная).

Любые варианты хроматографии основываются на одном общем принципе, который сформулировал сам М.С. Цвет, – это принцип распределения компонентов разделяемой смеси между двумя фазами, одна из которых неподвижна и имеет развитую поверхность, а другая представляет собой поток, фильтрующийся через неподвижный слой. О своем опыте М.С. Цвет писал: «Как лучи света в спектре, в столбике углекислого кальция закономерно располагаются компоненты пигментов, давая возможность для своего качественного и количественного определения».

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)

В биологии и медицине объектами анализа зачастую являются термонестабильные вещества, которые разрушаются при высоких температурах. По этой причине невозможно использование метода

газовой хроматографии. С помощью метода ВЭЖХ возможно определение большого числа термически неустойчивых соединений.

Для анализа большинства биологических и медицинских объектов используется вариант высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), проводимый при комнатной температуре, высоких давлениях и с сорбентами высокой степени однородности. Высокие давления обуславливают высокие скорости разделения анализируемых смесей веществ. На сегодняшний день это наиболее интенсивно развивающийся вариант хроматографии. Прежде всего, это определение лекарственных препаратов в биологических жидкостях человека, анализ самих лекарственных препаратов на содержание в них примесей, определение лекарственных препаратов в сыворотке крови, анализ современных агрохимикатов таких как фосфорорганические инсектициды, пестициды, метилкарбонаты и другие вещества, многие из которых являются ядами для живых организмов.

Методом ВЭЖХ стало возможно разделение белков, анализ сыворотки крови, разделение D- и L-изомеров. ВЭЖХ получает все большее распространение среди методов, применяемых в экологическом мониторинге окружающей среды. Это анализ сточных, ливневых, промышленных вод на содержание в них органических загрязнителей, это контроль чистоты воздуха, почвы. Метод позволяет контролировать чистоту получаемых биологически активных соединений из лекарственного сырья.

Следует особо отметить использование метода ВЭЖХ в клинической практике и диагностике. Зачастую метод ВЭЖХ является единственным для проведения диагностики различных заболеваний, когда необходимо быстро и точно определить в крови или моче особые биологические вещества, сигнализирующие об отклонении от нормы. Еще один аспект применения ВЭЖХ – это контроль биотехнологических процессов с использованием микроорганизмов для получения лекарственных препаратов или

очистка стоков микроорганизмами. В данном случае контролируется «самочувствие» микроорганизмов по составу газа над ними – это определение CO , CO_2 , H_2S .

Вариант *тонкослойной хроматографии* (ТСХ) является единственным экспресс-методом определения в растительном материале или порошках неизвестного происхождения таких веществ как кодеин, тебаин, морфин, что широко используется в криминалистической практике. В органическом синтезе метод ТСХ используют для контроля промежуточных продуктов стадий синтеза.

Современный жидкостный хроматограф – это сложная аналитическая система, состоящая из нескольких отдельных блоков, снабжена высокотехнологичным насосом, позволяющим создавать высокое давление. Прибор имеет встроенный процессор и интерфейс. Отображение на экране хроматограмм происходит в режиме реального времени. Обработка хроматограмм – обсчет (количественный анализ), идентификация – в автоматическом режиме. Прибор может работать с различными приставками (ИК-спектрометр, масс-спектрометр), что повышает качество проводимого анализа.

Основные отличия ВЭЖХ

1. Процесс проводится при комнатной температуре и высоких давлениях.
2. Разделение смесей веществ проводят в стальной колонке размером 25-30 см и диаметром 3-4,6 см.
3. Подвижная фаза – жидкость из смеси растворителей.
4. Используются сорбенты высокой степени однородности.
5. Используются высокочувствительные детекторы – УФ-детекторы, электрохимические, спектрофотометрические.

Проведение процесса ВЭЖХ

Процесс проводят при комнатной температуре ($T=20-25^{\circ}\text{C}$), что особенно важно при анализе термически неустойчивых соединений. Пробу анализируемого вещества или смеси веществ вводят в хроматографическую колонку с помощью автодозатора. Одно-

временно с вводом пробы в колонку подается подвижная фаза (в случае ВЭЖХ это смесь растворителей). Под высоким давлением, которое создается насосом, подвижная фаза продавливается через колонку, увлекая с собой анализируемую смесь. Продвигаясь по слою высокодисперсного сорбента, смесь разделяется на отдельные компоненты (хроматографические зоны). На выходе из колонки вещества как бы выстраиваются в строгий ряд и по очереди выходят из нее. Очередность выхода связана с химическими свойствами определяемых веществ и их природой, способностью сорбироваться. Именно это определяет разное время пребывания вещества в колонке (время удерживания). Из колонки вещества попадают в детектор – устройство, реагирующее на изменение физико-химического свойства системы.

Вещества регистрируются в виде отдельных пиков специальным электронным устройством и на экране монитора появляется хроматограмма. Каждому веществу соответствует пик на хроматограмме, по времени удерживания можно проводить идентификацию компонентов, по величине пика (площади) проводят количественные расчеты. Чем больше вещества в пробе, тем выше пик.

ВЭЖХ отличается высокая точность анализа, экспрессность, возможность проведения качественного и количественного анализа одновременно.

Задание

Изучив представленный материал, сформулируйте ответы на следующие вопросы:

1. По какому критерию выделяют следующие виды хроматографии: Бумажная? Ионообменная? Газожидкостная? Колоночная?
2. Каковы преимущества высокоэффективной жидкостной хроматографии?
3. Что подразумевает понятие «обработка хроматограмм»?

6.2. Разделение смеси свободных аминокислот (водорастворимых фенольных соединений) методом тонкослойной хроматографии (ТСХ)

Хроматографическое разделение смесей веществ методом бумажной хроматографии или тонкослойной хроматографии, как другие варианты хроматографического анализа основаны на распределении компонентов между двумя фазами – неподвижной и подвижной (элюент), протекающей через неподвижную.

Бумажная и тонкослойная хроматография – это варианты твердожидкостной (жидкостно-адсорбционной) хроматографии. По другому критерию оба эти варианта представляют собой плоскостную хроматографию. Пластинки для тонкослойной хроматографии представляют собой тонкий слой гранулированного сорбента, нанесенного на металлическую или стеклянную пластинку.

В плоскостной хроматографии перемещение подвижной фазы происходит благодаря капиллярным силам. Исследуемую смесь в жидком виде наносят на стартовую линию (начало пластинки или полосы бумаги), а затем разделяют на компоненты восходящим или нисходящим потоком элюента. Последующее обнаружение (проявление) разделенных веществ на хроматограмме может быть выполнено при помощи УФ- или ИК-спектроскопии, обработкой реактивами, образующими с анализируемыми веществами окрашенные соединения.

Качественно состав смесей характеризуют определенной скоростью перемещения пятен веществ относительно скорости движения растворителя в данных условиях (показатель R_f).

Количественное определение содержания отдельных веществ определяют измерением интенсивности окраски вещества на хроматограмме.

Тонкослойная и бумажная хроматография используются для анализа углеводов, аминокислот, других разнообразных природных соединений.

Задание

1. Выполнить нанесение смеси выданных веществ на пластинку для тонкослойной хроматографии.

2. Приготовить среду для разделения веществ состава:

бутанол : уксусная кислота : вода 4 : 1 : 5 (БУВ).

3. Перенести в хроматографическую камеру среду для разделения, закрыть камеру крышкой, выдержать 5 мин. для насыщения воздуха парами растворителя.

4. Поместить в хроматографическую камеру пластинку, выдержать до подъема растворителя на 10 мм ниже верхнего края, вынуть пластинку, отчертить линию фронта растворителя и высушить хроматограмму до удаления запаха растворителя.

5. Просмотреть хроматограмму в видимых лучах, под УФ-облучателем, после обработки проявляющим реактивом.

Обнаруживаемые пятна обвести по контуру простым карандашом, для каждого из веществ (пятен) провести расчет показателя R_f по формуле:

$$R_f = l / L,$$

где l – пробег вещества (расстояние от линии старта до центра пятна); L – пробег растворителя (расстояние от линии старта до фронта растворителя).

Результаты оформляются в виде таблицы:

№ пятна	Окраска в видимых лучах	Окраска в УФ-лучах	Окраска после проявления	Значение R_f

6.3. Определение ионов железа в пищевых продуктах методом тонкослойной хроматографии (ТСХ)

Цель работы: определить содержание ионов Fe^{3+} в пищевых продуктах.

Ход работы

1. Мед и шоколад берут на кончике ножа и растворяют в 2 мл дистиллированной воды. Анализируют полученный раствор.

2. Гречневая крупа. Берут 1 чайную ложку гречневой крупы и растирают в фарфоровой ступке, затем добавляют 10 мл воды и кипятят примерно 2-3 мин. Далее, фильтруют через складчатый фильтр. Фильтрат упаривают до $V=2$ мл.

3. Молоко – 50 мл молока упаривают до объема 5-10 мл в фарфоровой чашке.

4. Яблоко – удаляют сердцевину, мякоть яблока (1/4 часть целого плода) натирают на пластиковой мелкой терке (до состояния «пюре») ~20-30 г. Переносят пюре в марлю, сложенную в несколько слоев и отжимают сок. Далее работают с пробой сока.

Подготовка к хроматографированию. Готовят полоску хроматографической бумаги размером 6*10 см, отмечают карандашом линию старта на расстоянии 2 см от нижнего края полосы. На стартовую линию наносят капилляром в качестве «свидетеля» 1,5%-ый раствор хлорида железа (III) так, чтобы диаметр пятна был не более 5 мм. На эту же стартовую линию на расстоянии 2-3 см наносят другим капилляром сок или раствор исследуемого продукта так, чтобы диаметр пятна был также не больше 5 мм. Для большего концентрирования ионов железа исследуемую пробу наносят в то же место несколько раз, предварительно просушив пятно, нанесенное ранее. Опускают хроматографическую бумагу с нанесенными пробами в камеру со смесью растворителей (этанол и разбавленной вдвое соляной кислоты (1:4). Бумагу оставляют в хроматографической камере с закрытой крышкой на 1 час.

Готовую хроматограмму извлекают из камеры. Ионы железа обнаруживают, опрыскивая из пульверизатора полоску бумаги 10%-ым раствором $K_4 [Fe(CN)_6]$. Появляется синее окрашивание – образование берлинской лазури. В заключении делается вывод о наличии ионов Fe^{3+} в исследуемых продуктах.

Оборудование и реактивы. Анализируемые продукты – мед, яблоко, гречневая крупа, шоколад, молоко; раствор хлорида железа (III) 1,5%-ый раствор; смесь растворителей этанол (C_2H_5OH): соляная кислота (HCl) в соотношении 1:4; проявитель гексацианоферрат калия $K_4 [Fe(CN)_6]$, 10%; капилляр; хроматографическая бумага.

Задание

Для выданных образцов определить наличие ионов Fe^{3+} . Результаты занести в рабочую таблицу:

№№ образцов	Наличие ионов Fe^{3+}
-------------	-------------------------

6.4. Определение содержания растворимого калия в почве методами бумажной и тонкослойной хроматографии

Калий – один из важнейших микроэлементов, необходимых для нормального развития и роста растений, его содержание в почве немного выше, чем содержание фосфора и азота. Калий в почве находится как в виде простых солей (нитратов, карбонатов и т.д.), так и в виде калия, поглощенного коллоидными частицами почвы. Основным источником калия для растений является поглощенный калий. Вытеснение обменного калия может быть осуществлено при помощи обработки почвы раствором солей хлорида натрия, сульфата натрия или ацетата натрия.

Пробоподготовка. 50 г воздушно-сухой почвы измельчают в ступке, просеивают через сито с размером ячейки 1 мм. Подготовленную почву вносят в колбу, добавляя 100 мл 1н раствора хлорида натрия и встряхивают в течение 5 минут для вытеснения

обменного калия из почвы. Полученную вытяжку отфильтровывают через складчатый фильтр. Фильтрат упаривают в фарфоровой чашке до объема 3 мл. Половину объема фильтрата оставляют для определения растворенного калия в почве методом ТСХ. Другую часть используют для определения калия в почве методом БХ.

А. Определение методом бумажной хроматографии

Ход работы. На стартовую линию полоски хроматографической бумаги капилляром наносят пробу анализируемого фильтрата (вытяжка из почвы), объем пробы 2-3 мл. На расстоянии 2,5-3 см наносят пробу 0,1% раствора хлорида калия (стандартное вещество). Для большего концентрирования ионов калия исследуемую пробу наносят в то же место несколько раз, предварительно просушив пятно, нанесенное ранее.

Погружают бумагу в хроматографическую камеру с подвижной фазой – водой, накрывают камеру стеклом и оставляют для хроматографирования на 30 минут. После этого извлекают хроматографическую полосу и опрыскивают из пульверизатора 2%-ым раствором кобальтинитрита натрия. После взаимодействия с реагентом проявляется пятно желтого цвета. Далее определяют величину хроматографической подвижности ионов калия. Расчет проводят по формуле:

$$R_f = l_0/L,$$

где l_0 – расстояние от стартовой линии до центра пятна; L – расстояние, пройденное подвижной фазой от стартовой линии.

Оборудование и реактивы. Сито лабораторное; плоскодонная колба; воронка; фарфоровая чашка; фильтр бумажный; капилляр; пульверизатор; хлорид калия 0,1%-ый раствор; кобальтинитрит натрия 2%-ый раствор.

Б. Определение методом тонкослойной хроматографии

Для определения растворимого калия в почве методом ТСХ используют фильтрат, полученный при пробоподготовке.

Ход работы. Для удаления ионов калия, содержащихся в слое силикагеля на пластинах для ТСХ, пластину погружают в камеру с подвижной фазой ацетон – аммиак 25%-ый раствор в соотношении 10:1. Оставляют пластину в закрытой стеклом хроматографической камере. После прохождения подвижной фазы по всей пластине, ее извлекают из камеры и оставляют на воздухе для удаления растворителей.

На сухой пластине карандашом отмечают стартовую линию и наносят на нее капилляром пробу исследуемого фильтрата почвы и на расстоянии 2-3 см пробу стандартного вещества – 0,1% раствора хлорида калия. Объем пробы в обоих случаях – 0,05 мл. Помещают пластину с нанесенными пробами в хроматографическую камеру с подвижной фазой – вода и накрывают камеру стеклом.

Время хроматографирования – 20 мин. Через 20 мин извлекают пластину из камеры, слегка подсушивают на воздухе. Для обнаружения ионов калия пластину опрыскивают из пульверизатора 1% раствором кобальтинитрита натрия. На пластине проявляется желтое пятно – осадок ионов калия с реагентом. Расчет хроматографической подвижности R_f ионов калия производят по формуле, приведенной выше.

Реактивы и оборудование. Пластины для ТСХ; смесь растворителей ацетон – аммиак 25% (10:1); хлорид калия 0.1% раствор; кобальтинитрит натрия 1% раствор.

Задание

Для выданных образцов определить наличие содержание растворимого калия методами бумажной хроматографии (БХ) и методом тонкослойной хроматографии (ТСХ). Результаты занести в рабочую таблицу:

№№ образцов	Наличие растворимого калия	
	Определение методом БХ	Определение методом ТСХ

6.5. Приемы экстракции и хроматографического исследования аллелопатически активных веществ: катехинов из растительного материала

Дубильные вещества, в том числе выделяемые из чая, представляют собой смесь нескольких катехинов. Это наиболее восстановленная группа флавоноидных соединений, широко распространенная в растениях. Катехины – бесцветные кристаллические вещества, продукты их окисления имеют темную окраску и обладают вяжущим вкусом. Они могут отпугивать фитофагов, являются аллелопатически активными соединениями и обладают Р-витаминной активностью. Их содержание в зеленом чайном листе составляет до 24%. Катехины из зеленого чая выделяются в виде аморфного порошка, легко растворимого в воде и спирте [Запрометов 1971].

Ход работы. Зеленый чай (100 г) загрузить в коническую колбу емкостью 500 мл, залить 300 мл горячей воды и нагревать 1 час на кипящей водяной бане. Отфильтровать раствор через плотняный фильтр на фарфоровой воронке, остаток повторно промыть водой. К слитым вместе порциям экстракта добавить ацетат свинца до полного осаждения таната свинца. Темный осадок отфильтровать, промыть водой, обработать 1%-ым раствором серной кислоты до кислой реакции. Сульфат свинца отделить фильтрованием, раствор промыть трижды этилацетатом (порции по 20 мл). Этилацетат отогнать на водяной бане в выпарительной чашке, остаток высушить, измельчить в порошок и взвесить (выход катехинов – 3-4 г).

Часть полученного порошка растворить в воде, раствор разлить в 3 пробирки и провести качественные реакции на катехины [Лазуровский 1966]:

1. С водным раствором хлорного железа – зелено-черное окрашивание.

2. С раствором ванилина в соляной кислоте – малиновое окрашивание.

3. Нагревание пробы с каплей концентрированной соляной кислоты – красный осадок флобафена.

Состав полученной смеси катехинов можно исследовать двумерной хроматографией на бумаге (рис. 14).

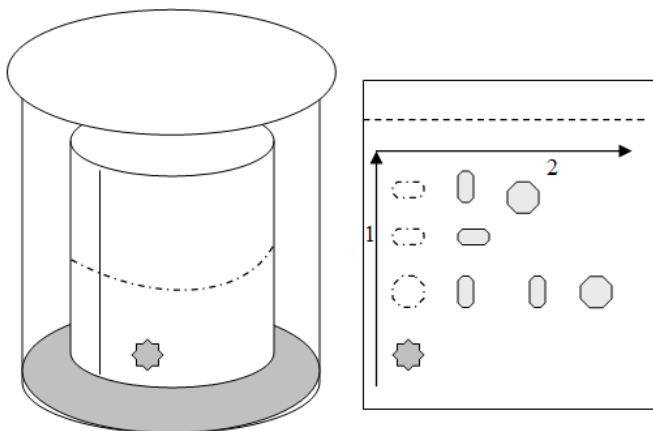


Рисунок 14 – Схема проведения двумерной хроматографии

Для этого на лист хроматографической бумаги или пластину для ТСХ наносится одна проба и хроматографическое разделение проводится дважды в первой системе растворителей в направлении 1 и затем, после просушки хроматограммы, – во второй системе растворителей в направлении 2. Пунктирные линии на рис. 14 показывают линии фронта растворителя.

Первая система растворителей – 2%-ая уксусная кислота, вторая система растворителей – бутанол; уксусная кислота; вода (40 : 12 : 29). Проявление хроматограммы можно провести растворами 0,5% FeCl_3 в этиловом спирте, 1-5% AlCl_3 в этаноле или метаноле, диазотированного п-нитроанилина или применить иные проявители фенольных соединений [Хроматография 1962].

Приготовление диазотированного п-нитроанилина: Непосредственно перед проявлением хроматограммы смешать 25 мл 0,3% раствора п-нитроанилина в 8% соляной кислоте с 1,5 мл 5% раствора NaNO_2 . Опрыскать хроматограмму этим раствором, а затем – 20% раствором карбоната натрия.

Оборудование и реактивы. Водяная баня с электроплиткой. Колба на 500 мл, фарфоровая воронка с полотняным фильтром, стеклянный стакан, выпарительная чашка, бюкс для хранения готового препарата катехинов. Хроматографическая камера. Дистиллированная вода, порошок ацетата свинца, 1% серная кислота, этилацетат, бутанол, уксусная кислота. Хроматографическая бумага или пластины для тонкослойной хроматографии.

Задание

Для выданных образцов выполнить разделение смеси веществ методом двумерной бумажной хроматографии. После высушивания провести осмотр хроматограммы в видимых лучах, при УФ-облучении, после обработки одним из базовых реактивов-проявителей.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

1.1. Общие правила работы в химической лаборатории

Проведение химического эксперимента связано с повышенной опасностью, поэтому работать в химической лаборатории можно только после предварительной подготовки. Прежде чем приступить к лабораторному практикуму, необходимо ознакомиться с оборудованием химической лаборатории, химической посудой, приборами, техникой химического эксперимента, а также с правилами техники безопасности.

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, которые заранее ознакомились с описанием предстоящей работы и ответили на контрольные вопросы; по учебникам, конспекту лекций и справочным пособиям изучили теоретический материал по соответствующей теме; произвели необходимые расчеты, оформили рабочий журнал.

Для рабочего журнала можно использовать общую тетрадь. На обложке журнала студент записывает свою фамилию и номер группы. Страницы журнала с правой стороны должны иметь поля шириной 3 – 4 см для замечаний преподавателя. В журнале обязательно указывается номер работы и ее название, а также дата выполнения работы.

Рабочий журнал должен содержать два основных раздела. Первый раздел заполняется дома и отражает подготовленность студента к занятию. Этот раздел содержит:

- 1) цель работы;
- 2) исходные данные (используемые материалы, оборудование, приборы, установки, и т.д.);

- 3) рисунки и схемы используемых приборов;
- 4) уравнения всех химических реакций;
- 5) расчеты исходных количеств веществ и теоретического выхода (по необходимости);
- 6) план работы – перечень последовательных операций с указанием условий и количеств реагирующих веществ.

Второй раздел журнала является отчетом о проделанной работе. Этот раздел содержит:

- 1) результаты взвешивания и измерения объема;
- 2) наблюдения (изменения окраски, выделение газа, выпадение или растворение осадка с указанием его цвета);
- 3) расчет практического выхода в процентах (по требованию);
- 4) краткие выводы, объяснение наблюдаемых явлений и ответы на контрольные вопросы.

Опыты и синтезы проводятся в студенческой химической лаборатории, оборудованной лабораторными столами и вытяжными шкафами. На весь период практикума студенту отводится постоянное рабочее место, которое он поддерживает в чистоте и порядке. На рабочем столе могут находиться только те предметы, которые требуются для выполнения текущей работы.

К работе в лаборатории допускаются студенты, прошедшие полный инструктаж по технике безопасности, что оформляется соответствующей записью в специальном журнале и закрепляется подписями студентов и лиц, проводивших инструктаж.

При работе в химической лаборатории необходимо придерживаться следующих правил:

1. В химическую лабораторию не разрешается входить без преподавателя или лаборанта, а также в верхней одежде.
2. Работать в лаборатории разрешается только в рабочем халате из хлопковой или хлопчатобумажной ткани (но не из синтетики!). Рабочий халат должен быть по длине ниже колен и застегиваться.

ваться спереди. В кармане халата должно быть маленькое чистое сухое полотенце или платок для быстрого удаления попавших на кожу твердых или жидких реагентов. При работе с особо опасными веществами дополнительно надевают длинный фартук из поливинилхлорида и нарукавники.

При необходимости для защиты лица и глаз используют защитные маски и защитные очки, для защиты рук – специальные защитные перчатки, защиты дыхательных путей – респираторы.

Волосы должны быть тщательно убраны (используют шапочку или платок) или закреплены и не свисать по сторонам. Не рекомендуется приходить в лабораторию в легко воспламеняющей одежде из синтетики.

3. В химической лаборатории запрещается принимать пищу и хранить продукты.

4. При работе в лаборатории должны находиться не менее двух человек. Категорически запрещается работа студентов в отсутствии преподавателя или лаборанта.

5. Все работы, за небольшим исключением, выполняются студентом индивидуально.

6. Нельзя проводить в лаборатории какие-либо работы, не связанные непосредственно с выполнением учебных заданий.

7. При работе следует соблюдать тишину, экономить реактивы, электроэнергию, бережно относиться к оборудованию, мебели, посуде. Нельзя оставлять без присмотра работающие установки, включенные электронагревательные приборы, спиртовки.

8. Запрещается бросать в раковину твердые предметы, бумагу, битое стекло, посуду, железо, цинк и т.п.

9. После окончания лабораторной работы студент обязан вымыть химическую посуду, выключить нагревательные приборы, привести рабочее место в порядок.

Лабораторию можно покидать после выполнения работы с разрешения лаборанта или преподавателя. Перед уходом рекомендуется вымыть руки с мылом.

Помните, что не каждое нарушение инструкции влечет за собой несчастный случай. Однако мелкие нарушения быстро входят в привычку и объективно способствуют росту травматизма. Умение работать без травм и аварий – один из основных критериев профессиональной квалификации любого специалиста.

1.2. Правила безопасности при работе в лаборатории

1. Работа в химической лаборатории должна быть предварительно спланирована студентом и одобрена преподавателем. Любое действие (особенно выполняемое впервые) обязательно согласуйте с преподавателем или лаборантом.

2. Проверьте наличие необходимого оборудования и реактивов для выполнения работы или опыта.

3. При выполнении работы точно соблюдайте порядок и последовательность операций, указанных в руководстве.

4. Не рекомендуется без необходимости покидать свое рабочее место.

5. Эксперименты проводите в защитных очках или маске.

6. Все опыты с ядовитыми, едкими, пахучими веществами выполняйте только в вытяжном шкафу.

7. С едкими веществами работайте в очках (маске) и защитных перчатках.

8. Выделяющиеся при реакции газы и пары не нюхайте и не вдыхайте.

9. Концентрированные растворы (в первую очередь кислот) при разбавлении водой всегда приливайте к воде, а не наоборот.

10. Химические реактивы берите шпателем, ложечкой или пинцетом (но не руками!).

11. При отборе жидкостей пипетками пользуйтесь специальными грушами.

12. Все необходимые для работы вещества и растворы готовьте до начала эксперимента.

13. Перед проведением опыта или синтеза проверяйте работу оборудования.

14. К синтезу приступайте только после одобрения преподавателем качества сборки прибора и проверки правильности подготовки исходных реагентов.

15. При проведении синтеза не оставляйте прибор без присмотра.

16. Все химические опыты и синтезы выполняйте стоя, не сидите возле работающего прибора.

17. При нагревании пробирок не направляйте отверстие пробирки на себя или соседа.

18. Не наклоняйтесь над приборами, в которых идет синтез, упаривание, сплавление, фильтрование под пониженным давлением и т.п.

19. Опасные продукты реакции сливайте только в соответствующие банки в вытяжном шкафу или нейтрализуйте.

20. Неизрасходованные реактивы ни в коем случае не высыпайте (не выливайте) обратно в материальные склянки, а сдавайте лаборанту.

Выполнение этих несложных правил должно вас обезопасить, но если несчастный случай все же произошел, то необходимо уметь оказать первую помощь, а затем обратиться к врачу.

1.3. Химические и термические ожоги. Правила безопасности при работе с концентрированными кислотами и щелочами

1. Все работы с концентрированными кислотами и щелочами проводите в вытяжном шкафу с использованием защитных приспособлений (защитные очки, маска, защитный щиток, перчатки).

2. Если в ходе работы разлили кислоту, то место разлива вначале засыпьте песком, чтобы песок впитал кислоту. Затем уберите

песок. После этого место, где была разлита кислота, засыпьте гидроксидом кальция или карбонатом натрия, а после замойте водой и протрите насухо.

3. Если в ходе работы разлили концентрированный раствор щелочи, то место разлива засыпьте песком или древесными опилками. Облитое место после удаления впитывающего вещества обмойте слабым раствором уксусной кислоты.

4. Не растворяйте сухие щелочи при нагревании, так как их растворение идет с выделением большого количества тепла, а при нагревании раствор может разбрызгаться из сосуда.

5. При разбавлении концентрированных кислот (особенно серной) нужно вливать их тонкой струйкой в воду, а олеум – в раствор серной кислоты, то есть более тяжелую жидкость к более легкой для эффективного их перемешивания – тогда не происходит местных перегревов, чреватых выбросом жидкости из сосуда.

6. По окончании работы остатки кислот слейте в специальные емкости (не в раковину!).

Оказание первой медицинской помощи при химических ожогах кожи. При химических ожогах кожи пораженное место промойте обильным количеством воды из-под крана в течение длительного времени – не менее 15 минут. После этого обработайте обожженный участок кожи при ожогах щелочами – 2%-ым раствором уксусной или лимонной кислоты; при ожогах кислотами – 2 – 3%-ым раствором гидрокарбоната натрия.

Синтетическая одежда может растворяться в некоторых агрессивных веществах, например в серной кислоте. При смывании водой полимер коагулирует и покрывает кожу липкой пленкой. В этом случае промывание водой не достигнет цели.

При попадании на кожу концентрированной серной кислоты сначала удалите ее с кожи сухой хлопчатобумажной тканью и лишь затем промойте сильной струей воды.

Ожоги от брома промойте 3%-ым раствором тиосульфата натрия или соды.

Оказание первой медицинской помощи при ожогах глаз. При проведении любых операций, связанных с опасностью повреждения глаз, запрещается работать без защитных очков или маски! Даже самые легкие повреждения глаз могут снизить сопротивляемость роговицы и привести к частичной потере зрения, или к полной слепоте. Ожоги глаз возможны по многим причинам: при неаккуратной работе, при сплавлении металлов, от брызг при выпаривании веществ и перемешивании прокаливаемых солей, при нагревании различных жидкостей, разбавлении кислот и т.п.

Ожоги глаз могут быть вызваны вредными примесями в воздухе в виде паров, аэрозолей, органическими растворителями, растворами кислот, щелочей и другими химическими веществами, например, свинцом, ртутью, оксидом углерода (II), дисульфидом углерода, аммиаком, пероксидом водорода.

Особенно опасны поражения глаз щелочами, потому что щелочи быстро вступают во взаимодействие с тканями глаза, проникая в его глубокие слои. Чрезвычайно опасно попадание в глаза концентрированных и горячих растворов щелочей. Поражение глаз щелочью требует продолжительного лечения и очень часто заканчивается потерей зрения.

При ожогах глаз многократно промойте их струей воды при комнатной температуре. Для этого в случае необходимости откройте глаза чистыми руками. Промывайте так, чтобы вода стекала от носа наружу. Не применяйте никаких нейтрализующих жидкостей. При поражении глаз химическими веществами после тщательного промывания немедленно обратитесь к врачу.

Оказание первой медицинской помощи при ожогах рта и желудка. При химических ожогах рта и желудка выпейте большое количество воды. При попадании кислоты выпейте взвесь мела, а

при попадании щелочей – разбавленный раствор пищевого уксуса (не эссенции) или лимонной кислоты.

Термические ожоги. По степени тяжести термические ожоги принято условно подразделять на четыре группы:

I степень – эритема (покраснение) кожи;

II степень – образование пузырей;

III степень – омертвление поверхностных участков кожи;

IV степень – омертвление глубже лежащих тканей.

Ожоги I степени опасны при поражении более 50% поверхности тела, ожоги II степени приводят к развитию ожогового шока при поражении 25 – 30% поверхности, ожоги III степени – менее 25% поверхности.

Оказание первой медицинской помощи при термических ожогах кожи. Задача первой помощи при тяжелых термических ожогах заключается в борьбе с болью и предотвращении травмирования, раздражения и загрязнения обожженных участков. При термических ожогах (кроме ограниченных ожогов I степени) следует вызвать врача или немедленно доставить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. До оказания медицинской помощи необходимо осторожно обнажить обожженный участок и закрыть его сухой асептической повязкой. С обожженного участка нельзя снимать прилипшие остатки обгоревшей одежды и вообще как-либо очищать его. Не обрабатывайте место ожога мазями и маслами. Не вскрывайте пузыри. Действенным средством обезболивания при ожогах служит применение сухого холода (лед, снег, холодная вода в полиэтиленовом мешке) поверх повязки. Охлаждение одновременно уменьшит отек и воспалительные процессы в обожженных тканях.

Если ожог слабый и на очень небольшом участке (ожог I степени) наложите повязку из спиртового раствора танина или смочите обожженное место раствором перманганата калия. Можно

смазать пораженный участок мазью от ожогов, вазелином или раствором гидрокарбоната натрия и перевязать бинтом.

1.4. Работа с ядовитыми и вредными веществами

При работе в химической лаборатории нужно исходить из того, что все реактивы в той или иной степени ядовиты, и надо предотвращать возможность их проникновения в организм через пищеварительные органы, органы дыхания или кожу. Даже через неповрежденную кожу могут проникать твердые вещества, особенно, если они находятся в пылеобразном состоянии.

Все химические соединения по характеру их действия на организм человека классифицируют на следующие группы:

- 1) вызывающие ожоги или раздражение кожных покровов и слизистых оболочек (например, концентрированные кислоты, щелочи, гашеная известь, аммиак);
- 2) раздражающие органы дыхания (например, хлор, аммиак, оксиды серы);
- 3) поражающие кроветворные органы или вступающие в реакцию с составными частями крови (например, циановодородная кислота и ее соли, бензол и его гомологи, свинец, оксид углерода (II), оксид мышьяка (III) и т.п.);
- 4) действующие преимущественно на нервную систему (например, сероводород, дисульфид углерода, бензол, свинец, метиловый спирт).

При работе с ядовитыми и вредными веществами необходимо соблюдать следующие правила безопасности:

1. Все работы с ядовитыми, вредными веществами проводите только в вытяжном шкафу, поднимая окно шкафа на удобную для работы высоту, но не более чем на одну треть.
2. Нюхайте вещества осторожно, не вдыхая их глубоко и не наклоняясь над сосудом, а только направляя к себе пары или газ движением руки.

3. Запрещается засасывание жидкости в пипетки ртом. Для этой цели используйте резиновую грушу.

4. Работы с едкими жидкостями выполняйте в резиновых перчатках и защитных очках или маске.

5. Запрещается пробовать что-либо на вкус, а также пользоваться для питья какой-либо химической посудой.

6. Не выливайте в канализационную систему хромовую смесь, растворы с сероводородом и подобные им, а собирайте их в специальную посуду. Остатки опасных веществ (ртути, фосфора и т.п.) не выбрасывать в раковины или мусорные ящики, а сдавайте лаборанту.

7. Все пролитое и разбитое или просыпанное на столах или на полу сразу убирайте. При сборе пролитой жидкости для впитывания используйте песок или сухие древесные опилки.

Оказание первой медицинской помощи при отравлении ядами. При отравлении ядами выпейте насыщенный раствор поваренной соли. Вызовите сильную рвоту, чтобы удалить яд из желудка. Обратитесь к врачу.

Оказание первой медицинской помощи при отравлении газами и парами. При отравлении газами и парами вредных веществ вынесите пострадавшего на свежий воздух из зоны отравления и создайте покой. Если необходимо проведите искусственное дыхание и массаж сердца. Внимание! Проводящий искусственное дыхание должен стараться не вдыхать ядовитый газ.

1.5. Правила безопасности при работе с пожароопасными и взрывоопасными веществами

При работе с пожароопасными и взрывоопасными веществами необходимо соблюдать следующие правила безопасности:

1. Строго запрещается проводить работы с легко воспламеняющимися веществами вблизи огня. Особенно осторожно нужно работать с растворителями, которые имеют низкую температуру

воспламенения и загораются даже от соприкосновения с горячей поверхностью плитки или нагретыми кольцами водяной бани.

К пожароопасным веществам относятся, прежде всего, органические растворители. По возможности из них для работы выбирают негорючие (тетрахлорид углерода, дихлорэтан, хлороформ), учитывая, однако, их токсичность.

2. При работе с огнеопасными и взрывоопасными веществами не рекомендуется носить одежду из синтетических материалов. При загорании эти материалы плавятся, значительно повышая степень ожоговых поражений.

3. При работе с органическими растворителями следите, чтобы они не попадали на одежду или халат. Пропитанная растворителем одежда при воспламенении за несколько секунд может вызвать тяжелые и даже смертельные ожоги.

4. Будьте осторожны при высушивании огнеопасных и взрывоопасных веществ. Лучше всего ограничиться высушиванием между листками фильтровальной бумаги на воздухе.

5. Нельзя вещества, являющиеся окислителями, нагревать, растирать, толочь или просто неосторожно смешивать с веществами-восстановителями, так как это может привести к возгоранию или взрыву.

6. Перед использованием сушильного шкафа убедитесь в его исправности и правильности показания термометра. Температуру установите с учетом свойств высушиваемого вещества. Другие вещества в это время не должны находиться в сушильном шкафу.

7. Не выливайте легковоспламеняющиеся и горючие вещества в канализацию, а собирайте в герметически закрывающуюся тару.

8. Если случайно прольется легковоспламеняющаяся жидкость, необходимо:

– немедленно погасить в лаборатории все горелки и выключить электрические нагреватели;

- закрыть двери, открыть все окна и форточки;
- при уборке использовать защитные очки и перчатки;
- собрать пролитую жидкость тряпкой, тряпку выжать над широким сосудом, затем вещество перелить в склянку с пробкой;
- проветривание закончить после полного исчезновения запаха пролитой в лаборатории жидкости.

9. Не загромождайте коридоры и проходы лаборатории, а также проходы к средствам пожаротушения, не сушите какие-либо предметы на отопительных приборах; не оставляйте на рабочем месте промасленные тряпки, бумагу; не храните в лаборатории вещества неизвестного происхождения и без этикеток.

1.6. Правила и средства ликвидации пожаров в химической лаборатории

К основным правилам ликвидации пожаров в химической лаборатории относятся следующие:

1. Немедленно сообщите по телефону 01 пожарному посту (команде) о загорании или включите пожарную сигнализацию.
2. Перекройте магистральные вентили, краны газовой сети, вентиляции, обесточьте электропроводку.
3. Удалите из лаборатории в безопасное место все огне- и взрывоопасные вещества.
4. Воспользуйтесь средствами ликвидации пожаров в химической лаборатории для тушения пожара. К ним относятся: вода, огнетушители, асбестовые одеяла, ящики с сухим песком. При выборе средств ликвидации пожаров необходимо учитывать химические превращения, которые могут произойти в условиях повышенной температуры.

Специфика тушения водой. Для ликвидации небольших очагов пламени чаще берут воду из водопроводного крана. При тушении пожара воду направляют на поверхность горящих веществ, вследствие чего их температура резко понижается до границы, при

которой они не воспламеняются. Образующийся при этом водяной пар препятствует доступу кислорода к зоне горения.

Однако воду нельзя использовать для тушения горящего электрооборудования, находящегося под напряжением; горящих веществ, вступающих с водой в реакцию с выделением тепла или образованием опасных соединений (например, металлический натрий, калий, магний и его сплавы, алюминий в порошке или стружке, карбид кальция и т.п.), а также горящих углеводородов и других не смешивающихся с водой жидкостей, плотность которых меньше единицы, так как при этом они всплывают, и площадь пожара значительно увеличивается.

Во всех случаях, когда процесс горения не может протекать без доступа воздуха, и площадь горения невелика, ее засыпают песком или плотно накрывают асбестовым одеялом. Асбестовое одеяло используют и при загорании одежды.

Часто пострадавший пытается бежать, его нужно остановить, набросить на него асбестовое одеяло или кошму из плотной ткани.

Огнетушители. Наиболее эффективны, особенно при больших очагах пожара, огнетушители. Из них чаще используются углекислотные (марки ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8), которые заполняются сжиженным оксидом углерода (IV) под давлением 6 МПа. При повороте до отказа маховичка вентиля против часовой стрелки сжиженный диоксид углерода выбрасывается из баллона через раструб. На выходе за счет частичного испарения струя сильно охлаждается и поступает в зону горения в виде снегообразной массы. Огнетушащий эффект обусловлен прекращением доступа кислорода в зону горения и охлаждением горящего вещества ниже температуры воспламенения.

Однако они малоэффективны при гашении тлеющих материалов и, кроме того, их нельзя использовать при тушении горящей одежды на человеке (снегообразная масса диоксида углерода при

попадании на кожу вызывает обморожение), а также при горении щелочных металлов, поскольку они реагируют с оксидом углерода (IV). Для подавления горения щелочных металлов используют порошковые огнетушители. Углекислотный огнетушитель должен быть в каждой специализированной химической лаборатории, независимо от наличия других средств огнетушения.

1.7. Поражение электрическим током

Основные меры предотвращения электротравм в лаборатории – защита от прикосновения к находящимся под напряжением частям электрооборудования и применение защитного заземления.

Действующие электронагревательные приборы нельзя оставлять без присмотра. При их включении соединительный шнур сначала присоединяется к прибору, а затем уже прибор включается в общую сеть. Выключение производится в обратном порядке. Если при работе на электроустановке почувствуете даже слабое ощущение действия тока, немедленно прекратите работу, выключите рубильник и сообщите преподавателю или лаборанту.

Оказание первой медицинской помощи при поражении электрическим током. При поражении электрическим током другого человека немедленно обесточьте линию, соблюдая меры предосторожности, чтобы самому не попасть под ток. При невозможности обесточить линию:

а) если пострадавший поражен током через упавший на него провод, то встаньте на сухую доску и сухой палкой снимите с него провод;

б) если пострадавший взялся за токоведущие части и не может оторваться самостоятельно, то необходимо его оторвать, надев резиновые перчатки или накинув на него сухую одежду (несколько слоев), резину и т.п.

Вызовите врача, а до его прихода обеспечьте пострадавшему полный покой, тепло, теплое питье. Если пострадавший находится

в бессознательном состоянии, то дайте ему понюхать раствор аммиака, обрызгивайте водой, растирайте и согревайте тело. Если дыхание и пульс у пострадавшего прерывисты или отсутствуют начните делать искусственное дыхание и массаж сердца и продолжайте до прихода врача.

Искусственное дыхание. Прежде, чем приступить к искусственному дыханию, быстро освободить пострадавшего от стесняющей одежды; если рот крепко стиснут, необходимо его раскрыть, вставив между коренными зубами дощечку, ручку ложки и т.п.

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания признан метод «изо рта в нос» или «изо рта в рот», при котором оказывающий помощь производит выдох из своих легких в легкие пострадавшего непосредственно через рот или нос. Вдувание воздуха можно производить через марлю, носовой платок, салфетку и т.п. В одну минуту делают 10-12 вдуваний.

Наружный массаж сердца. Массаж сердца заключается в ритмичном надавливании на переднюю стенку грудной клетки. Определив положение нижней трети грудины, оказывающий помощь кладет на нее верхний край ладони разогнутой до отказа руки, а затем поверх первой руки кладет вторую и надавливает на грудную клетку пострадавшего, слегка помогая при этом наклоном своего корпуса.

Надавливать на грудь следует примерно один раз в секунду быстрым толчком.

1.8. Оказание медицинской помощи при кровотечениях от порезов

Кровотечения бывают трех видов:

- 1) капиллярное;
- 2) венозное;
- 3) артериальное (кровь вытекает пульсирующей струей).

При капиллярном и венозном кровотечении края раны обработайте антисептиком (3%-ой перекисью водорода или 5%-ой настойкой йода) и закройте стерильным пластырем или бинтом. Нельзя промывать рану водой и накладывать вату. При артериальном кровотечении наложите жгут на конечность (его накладывают выше раны – по направлению к сердцу) с запиской о времени наложения жгута (максимальный срок, в течение которого жгут можно не снимать, в теплое время года 1,5 – 2 часа, в холодное – 1 час). Вызовите врача или доставьте пострадавшего в больницу!

1.9. Правила безопасности при работе с натрием

В лаборатории натрий хранят под слоем керосина (толщина слоя не менее 15 см). Работа с натрием должна проводиться в вытяжном шкафу вдали от источников воды и огня. Горение натрия прекращается при засыпании его мелким сухим кварцевым песком, порошком кальцинированной соды или поваренной соли.

При работе с ним всегда надо пользоваться защитными очками и резиновыми перчатками. Перед проведением химической реакции с натрием его вынимают сухим пинцетом из керосина, кладут на чистый лист бумаги, и, не торопясь, скальпелем или ножом нарезают нужное количество (кусочки натрия, используемые в работе, должны быть величиной не более горошины). Керосин с поверхности металла удаляют фильтровальной бумагой, натрий освобождают от поверхностной пленки и тотчас же используют для проведения реакции. Остатки металла кладут в керосин и сдают лаборанту.

Запрещается выбрасывать отходы металлического натрия в канализационную раковину, ведро и т.п. или накапливать остатки. Отходы натрия уничтожаются путем растворения небольшими порциями (до 2 г) в этиловом спирте. Полученный раствор сливают в канализацию.

1.10. Правила безопасности при работе с ртутью и ее соединениями

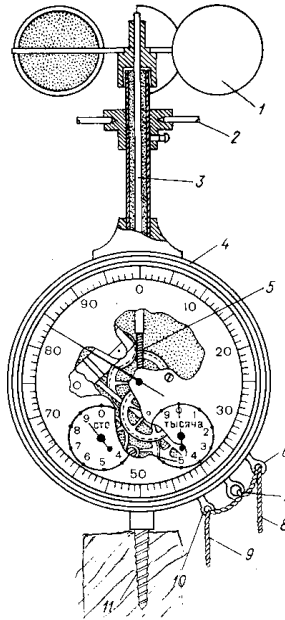
Пары ртути и соединения ртути ядовиты! В организм человека ртуть проникает, главным образом, через легкие, но может попадать через желудочно-кишечный тракт, кожу и слизистые оболочки. Большая часть ртути переходит в кровь и скапливается в печени, почках.

Острые отравления ртутью встречаются редко, большинство заболеваний – результат хронического отравления, которое проявляется в виде расстройства нервной системы, повышенной возбудимости, головной боли, дрожания рук и головы, быстрой утомляемости и, наконец, потери трудоспособности.

Все опыты со ртутью и ее соединениями проводите в вытяжном шкафу на эмалированных или пластмассовых поддонах.

По завершении эксперимента остатки ртути и неизрасходованные реагенты сдайте лаборанту, отходы ртути и ее соединений слейте в специальные банки на поддоне, руки вымойте с мылом. Не выбрасывайте или не сливайте ртуть и ее соединения в раковины.

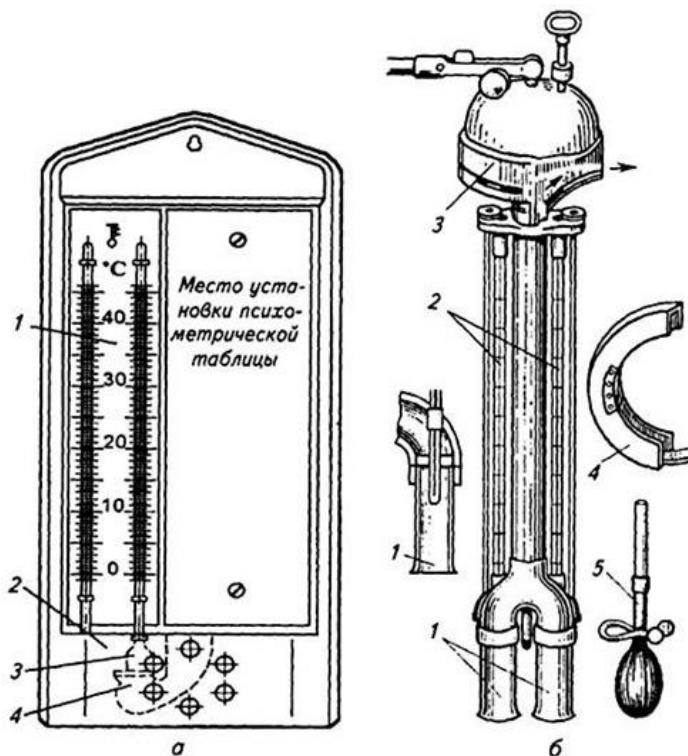
Если разлили ртуть или разбили ртутный термометр, то ограните место разлива и обратитесь к лаборанту или преподавателю. Крупные капли ртути можно собрать при помощи полосок или кисточек из амальгамирующихся металлов: меди, латуни, белой жести. Перед употреблением их промывают ацетоном, затем погружают в разбавленную азотную кислоту, и, наконец, промывают водой. Мелкие капли ртути залейте концентрированным раствором хлорида железа (III) и оставьте стоять до полного растворения или засыпьте мелкоизмельченной серой.



Анемометр ручной чашечный со счетным механизмом:

- 1 - чашка; 2 - защитная дужка; 3 - ось; 4 - корпус; 5 - червяк; 6, 10 - кольца;
7 - рычаг с кольцом; 8, 9 - шнуры; 11 - винт [Технические... 2024]

Крыльчатка с полушариями в верхней части прибора приводится в движение потоками воздуха. Считывают начальные показания прибора, затем в течение строго определенного времени проводят измерение и записывают новые показания прибора. Число оборотов анемометра за секунду соответствует скорости ветра, м/с.



Психрометры:

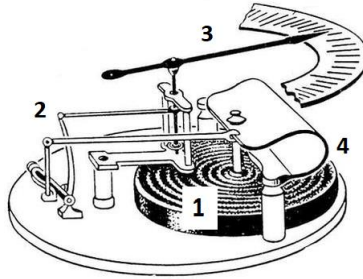
а - стационарный Августа: 1 - термометры со шкалами;

2 - основание; 3 - ткань; 4 - питатель;

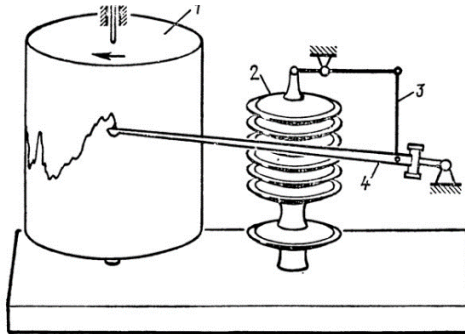
б - аспирационный Ассмана: 1 - металлические трубки; 2 - термометры;

3 - аспиратор; 4 - предохранитель от ветра; 5 - пипетка для смачивания влажного термометра [Измерение... 2002]

Барометр-анероид и барограф [Стернзат 1968; Справочник... 1971]



Барометр-анероид: 1 - металлическая коробка (сильфон),
2 - система рычагов, 3 - стрелка, 4 - пружина, предохраняющая коробку
от сплющивания внешним атмосферным давлением



Барограф: 1 - барабан с часовым механизмом;
2 - металлическая коробка (сильфон); 3 - рычаг; 4 - перо самописца

При возрастании атмосферного давления коробка-сильфон сплющивается, тянет пружину, движение пружины передается по системе рычажков на стрелку прибора, перемещающуюся по шкале прибора, либо на перо самописца.

Образец 1

Протокол обследования растительного сообщества

Самарский государственный университет, кафедра экологии, ботаники и охраны природы

Дата _____ Область _____ Район _____ Пункт _____
(для лесничеств – квартал, выдел _____)

Положение в рельефе : Макрорельеф _____ Мезорельеф _____

Микрорельеф _____

Общее наименование растительного сообщества _____

Тип леса, растительная ассоциация, культура _____

Древостой (формула)

№	Наименование древесных пород	Ярус	Средняя высота, м	Средний диаметр, м	Господствующий возраст, лет
---	---------------------------------	------	----------------------	-----------------------	--------------------------------

Подрост

№	Наименование древесных пород	Оби- лие	Средняя высота, м	Господствующий возраст, лет	Интенсивность возобновления
---	---------------------------------	-------------	----------------------	--------------------------------	--------------------------------

Подлесок

№	Наименование видов кустарников	Оби- лие	Жизненность	Средняя высота, м	Распределение
---	-----------------------------------	-------------	-------------	----------------------	---------------

Травянистые растения

№	Названия растений	Обилие
---	-------------------	--------

Моховой и лишайниковый покров

№	Виды мхов и лишайников	Покров, %	Обилие
---	------------------------	-----------	--------

Возраст деревьев _____

Сомкнутость крон _____

Обилие _____

Условия увлажнения и стока _____

Условия дренирования и мелиоративные особенности _____

Размеры пробной площади _____

Размеры учетных площадок и характер их расположения _____

Средняя высота травостоя, проективное покрытие, % _____

Положение разреза (скважины) относительно рельефа _____

Состояние почвы, проявление эрозии _____

Признаки заболоченности, засоленности, каменистости _____

Характер отбора проб _____

Флористический состав _____

Полевое описание почвы (на обороте бланка) _____

Образец 2

Протокол обследования состояния объекта озеленения г.Самары СНИЛ фитоиндикации
кафедры экологии, ботаники и охраны природы СамГУ

Район _____
Адрес _____
Дата _____
Обследование проводит _____
Схема-план объекта (если требуется) _____

Пояснения по схеме _____

2. Оценка состояния древесной растительности

Вид растения	Число экзмп-ляров	Средн. высота, м	Средн. диаметр ствола, см	Средн. диаметр кроны, м	Представленность классов состояния по Алексееву, экз.				
					1	2	3	4	5

3. Оценка состояния кустарниковой растительности

Вид растения	Число экзмп-ляров	Средн. высота, м	Средн. диаметр ствола, см	Средн. диаметр кроны, м	Представленность классов состояния по Алексееву, экз.				
					1	2	3	4	5

4. Оценка состояния травянистой растительности

А.Список видов культурных растений (в том числе однолетников)

Б. Список видов дикорастущих растений, в том числе рудеральных

5. Оценка состояния почвенного покрова

А. Признаки нарушенности _____
Б.Признаки уплотнения _____
В. Присутствие бытового мусора и др. включений _____
Г. Механический состав верхн. горизонта _____
Д. рН водной вытяжки _____
Е. Наличие растворимых солей в верхн. горизонте _____
Ж. Ориентировочная оценка содержания гумуса _____

6. Общие выводы о состоянии почвы и растительности на данном объекте озеленения

Бланк обследования почвенного разреза № _____ СНИЛП фитогиндикации, лето 2000 года.
Место отбора проб _____
Дата _____

Пробы отобраны

Лабораторная обработка

Глубина, № горизонт	Цвет, мазок	Влаж- ность	Мех. со- став	Структура	Сложение, плотность	Новообраз., включения	Вски- панье	Характер перехода горизонтов	рН водной (1-5) вытяжки

№ Г горизонт, глубина	рН водной вытяжки	Наличие растворимых солей в вы- тяжке		Биотестирование, вид биотес- та _____	Гумус, %
		Хлориды	Сульфаты		
			Кальций		

Шкала глазомерной оценки весеннего развития вегетативных органов (почки, побеги, листья) у березы повислой

Описание	Фото
Фенофаза: период покоя. Стадия: вынужденный покой	
Все почки сохраняют зимний вид и размеры.	
Фенофаза: начало вегетации. Стадия: набухание почек	
Появление набухших листовых почек, у которых разошлись наружные почечные чешуи; увеличившаяся в размерах почка прикрыта полупрозрачным пленчатым «чехликом» из внутренних почечных чешуй. Но на ветвях еще нет «лопнувших» почек с показавшимися кончиками листьев.	
Стадия: проклёвывание почек	
Появление «лопнувших» почек с показавшимися между почечными чешуями кончиками зеленых листьев, которые сложены в плотный пучок и прижаты друг к другу.	
Стадия: начало зеленения	
Появление «расхохлившихся» почек, в которых растущие листья плотно сложены и собраны в пучки, но постепенно отходят друг от друга, разворачиваются, выглядывают из почек «раскрытыми клювиками». Полностью обособленных листьев еще нет. Издали дерево выглядит в зеленой «дымке».	

Стадия: зеленение	
Появление вполне обособленных маленьких листьев с сильно гофрированной листовой пластинкой; черешки листьев еще не видны. Издали дерево ясно зазеленело.	
Стадия: облиствение	
Появление вполне обособленных маленьких листьев, у которых хорошо заметны черешки; листовые пластинки из гофрированных становятся слегка волнистыми; пучки сложенных листьев видны лишь на концах побегов. Но рост молодых побегов еще не заметен.	
Стадия: рост молодых побегов	
Становятся заметны растущие молодые зеленые побеги, на которых, по мере их роста, происходит постепенное распускание листьев.	
Стадия: начало летней вегетации	
Листья достигли нормальной величины, полностью расправились и разгладились, приобрели более темную зеленую окраску, стали более жесткими. Молодые побеги на ветвях продолжают расти; на них распускаются новые листья более светлой зеленой окраски.	

Математический аппарат для оценки изменчивости признаков живых организмов. Типы изменчивости признака: количественная и качественная изменчивость

Универсальным свойством всех живых организмов, населяющих Землю, является изменчивость. *Количественная изменчивость* – изменчивость, при которой различия между вариантами выражаются количеством – массой растений и их органов, высотой, урожаем и др. [Кавеленова 1998]. В этом случае изменяется величина (выраженность) измеряемого признака. Она может быть прерывистой (дискретной) или непрерывной (клинальной), при которой постепенное количественное варьирование признака (комплекса признаков) прослеживается, например, в определенной географической последовательности. В первом случае признаки варьируют и отличаются на определенную величину, выражаемую целыми числами. Во втором случае значения признака отличаются друг от друга на любую малую величину в зависимости от степени точности измерения. *Качественная, или атрибутивная, изменчивость* имеет место при качественной оценке явления, когда одни из объектов наблюдения (частей выборки) могут иметь тот или иной показатель, а другие его не имеют. Например, такими признаками будут определенная окраска частей околоцветника, морфологические особенности органов растения, повреждение патогенами либо здоровое состояние и др. Частным случаем для качественной выступает альтернативная изменчивость, подразумевающая наличие либо отсутствие рассматриваемого признака как одной из двух взаимоисключающих возможностей. Здесь достаточно вспомнить условия обыкновенных задач по генетике, в которых может встречаться как альтернативная изменчивость (при полном доминировании – желтые либо зеленые, гладкие либо морщинистые горошины в опытах Грегора Менделя), так и более

сложные варианты (например, при неполном доминировании – красная, розовая или белая окраска околоцветника у цветка ночной красавицы). Различные количественные признаки растений в норме обладают неодинаковыми уровнями изменчивости, зависящими от видовых и популяционных особенностей объектов. Среди них естественным образом выделяются пластичные – высоко изменчивые, служащие основой адаптации растений к условиям произрастания, и стабильные (жесткие).

Генеральная и выборочная совокупность.

Вариационный ряд и его построение

Генеральная совокупность в общем плане – это группа подлежащих изучению объектов определенной категории, которая, как правило, достаточно велика и теоретически имеет объем, равный бесконечности. Исследователь работает с ее частью – выборочной совокупностью, которая характеризуется следующими чертами: формируется в случайном порядке для достижения условия репрезентативности, исследуется для характеристики выборочной и генеральной совокупностей.

В процессе наблюдения получают сведения о численной величине изучаемого признака для каждого члена выборочной совокупности. При первичной обработке данных располагают все значения признака варианты в порядке возрастания или убывания – ранжируют ряд вариантов. Обнаруживается, что каждое значение встречается различное число раз. Повторяемость значений характеризуют частоты признака f , сумма всех частот $\sum f$ равна объему выборки, то есть числу членов ряда N . В результате такой обработки получают вариационный ряд, или ряд распределения. Для его построения «вручную» – без помощи специализированных программ (например, Excel), необходимо: 1) найти минимальную и максимальную варианты выборки; 2) вычислить разность между ними – размах варьирования R ; 3) определить число групп (классов) K на которые следует разбить вариационный ряд. В простей-

шем случае $K = \sqrt{N}$, можно также использовать формулу Штюргеса: $K = 1 + 3,32 \lg(N)$, в обоих случаях N – объем выборки; 4) вычислить групповой (классовый) интервал; 5) определить начало каждого группового интервала (путем прибавления к минимальному значению признака величины группового интервала – для первого класса, двух величин – для второго и т.д.). Конец соответствующего группового интервала должен быть меньше начала следующего интервала на величину, равную точности измерения признака; 6) разнести варианты выборки последовательно по классам. Выполнению данной процедуры в меню «Пакет анализа» Excel соответствует надпись «Гистограмма».

Гистограмма и ее использование

Графически вариационный ряд представляют в виде ступенчатой кривой – гистограммы, которая показывает распределение признака в данной совокупности. Графически построение гистограммы заключается в том, что по оси абсцисс откладываются границы интервалов, на каждом из интервалов как на основании строится прямоугольник, высота которого равна абсолютной или относительной частоте каждого интервала.

Построение гистограмм и их анализ – один из наиболее простых и доступных методов работы с экспериментальными данными. По виду гистограммы можно получить первичную информацию об основных тенденциях изучаемого процесса или объекта. Смещение центра распределения и несимметричность гистограммы говорят об определенной нестабильности, влиянии внешних факторов. Плосковершинность распределения – один из показателей неустойчивости исследуемого процесса, а наличие двух выраженных вершин на гистограмме может соответствовать ситуации, когда в одной выборке оказались случайно объединены принципиально разные по какому-то признаку объекты. Несмотря на кажущуюся примитивность этих заключений, они могут быть использованы в практике обсуждения экспериментальных данных.

Биометрические характеристики распределения величины

Статистические показатели, используемые для оценки данных в выборке, можно отнести к трем группам величин: **мерам положения или средним величинам** (средняя арифметическая, средняя геометрическая и т.д., медиана, мода), **мерам рассеяния или показателям изменчивости** (лимиты, дисперсия, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации), **мерам формы** (коэффициенты асимметрии и эксцесса). Расчет большинства показателей выполняется в опции «Описательная статистика» при проведении «Анализа данных» с помощью Excel.

Меры положения

Средняя арифметическая $\bar{X}$ – основная характеристика выборки, она отражает уровень, по отношению к которому колеблются значения вариантов. Ее значение мы получим, просуммировав значения ряда и поделив полученное число на их количество. Пожалуй, средняя арифметическая – наиболее известная из характеристик выборки. Тем не менее, уместно сделать два замечания. Во-первых, она не должна выступать в качестве единственного показателя. Для средней арифметической необходимо, например, также рассчитать ошибку и оценить ее достоверность. Средняя арифметическая не является универсальным показателем, существует несколько близких «средних», которые вычисляют для конкретного типа данных.

При выведении средних величин для значений площади и объема необходимо согласование средних арифметических по линейным значениям с получаемыми по ним значениями объема (площади). В данном случае надо пользоваться не средней арифметической, а **средней квадратической S** для значений площади или **средней кубической Q** – для объемных мер. Вычисленная по линейным размерам средняя арифметическая даст меньшие значения объема и площади, чем те, которые будут получены по фактическому линейному параметру.

Если анализируются величины, представляющие собой изменения скорости процессов (например, прирост длины или диаметра побегов), либо величины, связанные с другими обратной пропорциональностью (число устьиц на единице площади листа, число клеток в поле зрения микроскопа), следует использовать **среднюю гармоническую Н**.

Если необходимо обработать данные по темпам количественного изменения явлений (темпы роста растений, изменения численности популяций вредителей и др.), следует использовать **среднюю геометрическую G**.

Для приведенных выше средних параметров, вычисленных по переменным одной и той же совокупности, справедливо соотношение **правила мажоритарности**:

$$H \leq G \leq X \leq S \leq Q.$$

Степень числовых различий между данными средними величинами тем больше, чем выше коэффициент вариации выборки.

Медиана Me – варианта, которая разделяет ряд на две равные по числу вариант части. Она используется как средний показатель описательного типа, а близость ее величины к средней арифметической служит одним из доказательств близости данного распределения к симметричному.

Мода Mo – это точка на оси абсцисс, которая соответствует максимальной частоте теоретической кривой распределения вариант. В обычных случаях за моду принимают наиболее часто встречающуюся варианту ряда. В ранжированном ряду за моду можно принять середину класса, который имеет наибольшую частоту. Положение моды относительно средней арифметической определяет степень скошенности (асимметрии) кривой распределения данного ряда, поскольку в нормальном распределении совпадают значения моды и средней арифметической. Наличие в одной выборке нескольких мод может указывать на неоднородность выборки. Завершая раздел, приведем два практических совета.

Характер величины, для которой рассчитывается средняя арифметическая, определяет использование конкретных единиц измерения. Так, при измерении диаметра устьичного аппарата наиболее уместным будет выражать данные в микрометрах, а не в миллиметрах или более крупных единицах. Это избавит вас от усложненной записи чисел в виде десятичных дробей или отрицательных степеней 10.

Характер величины и сама процедура ее измерения определяют также число значащих цифр средней арифметической. Так, определяя длину корней проростков в миллиметрах с помощью обычной линейки, не стоит приводить итоговое значение средней арифметической в виде 12,326665мм, как получено при обсчете, – достаточно округлить до одного знака после запятой.

Меры рассеяния

Лимиты (размах варьирования) – это минимальное и максимальное значения признака в выборке. Они определяются при ранжировании ряда, и чем больше разность между минимальным и максимальным значениями ряда, тем признак изменчивее.

Дисперсия S^2 – мера рассеяния отдельных значений показателя вокруг среднего значения для этой совокупности. Этот показатель, как стандартное отклонение, является основной мерой рассеяния изучаемого признака. Это частное от деления суммы квадратов отклонений на число измерений без единицы.

Среднее квадратическое (стандартное) отклонение σ представляет собой квадратный корень из дисперсии. Этот показатель, называемый также *сигма*, необходим и для характеристики выборки, и для вычисления некоторых других биометрических показателей. В выборках достаточно большого объема, которые находятся под влиянием множества разнообразных факторов, **диапазон изменчивости находится в пределах $\pm 3\sigma$ (правило трех сигм).** При этом распределение соответствует нормальному, и выполняются следующие зависимости: в области $X \pm \sigma$ находится почти

две третьих всех наблюдений, или 68,26%, в области $X \pm 2\sigma$ находится 95,46% всех значений переменной; в области $X \pm 3\sigma$ находится 99,73%, то есть практически все значения признака.

Сигма используется для расчета **ошибки средней арифметической (стандартной ошибки) S_x** . Цифровые значения результатов приводят в курсовых и дипломных работах, статьях, диссертациях в виде: $X \pm S_x$.

С помощью средней арифметической и ее ошибки вычисляют значение критерия Стьюдента для оценки достоверности средней арифметической. Сравнив полученное значение со стандартным (табличным) для числа степеней свободы $V = N-1$, при $t > t_{\text{табл}}$, его считают достоверным для соответствующего уровня значимости.

Показатель точности опыта P выражает величину ошибки средней арифметической в процентах от средней арифметической (либо иной используемой вами средней): Точность опыта считают удовлетворительной, если величина показателя P не превышает 5%, в противном случае необходимо увеличить число наблюдений или повторностей, а иногда необходимо воспользоваться иным методом исследования, чтобы повысить точность измерений. Существуют методы, позволяющие установить число наблюдений, при котором будет достигнута определенная точность опытов.

Коэффициент вариации V численно представляет собой отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической, выраженное в процентах. Коэффициент вариации может использоваться для сравнения изменчивости биологических показателей, которые принадлежат разным объектам наблюдений, относятся к различным процессам и т.д. Если коэффициент вариации не превышает 10%, показатель можно считать **жестким**, а изменчивость - незначительной. Изменения такого признака в ходе эксперимента весьма информативны. Если коэффициент вариации выше 10, но не превышает 20%, показатель **пластичен**, а изменчивость средняя. И наконец, если коэффициент вариации выше 20%,

варьирование значительно, а признак **высоко пластичен**. Г.Н. Зайцев [Зайцев 1984], анализируя варьирование различных признаков у растений, предложил шкалу в процентах: 1) небольшое варьирование (V от 0 до 4%); 2,3) нормальное варьирование (от 5 до 44 %); 4) большое варьирование (от 45 до 64%); 5) очень большое варьирование (от 65 до 84%); 6) сверхбольшое (от 85 до 104 %); 7) аномальное (от 105 и больше).

Меры формы

Асимметрия (скошенность) K_{AS} – мера отклонения от нормального распределения, симметричного относительно максимальной ординаты. Степень асимметричности можно оценить простейшим способом, поделив разность между средней арифметической и модой на значение среднего квадратического отклонения (сигмы). Для нормального распределения значение коэффициента равно 0. Положительное значение коэффициента соответствует положительной асимметрии (график распределения смещен влево), отрицательное значение – отрицательной асимметрии (график смещен вправо). Чтобы оценить достоверность показателя асимметрии, вычисляют критерий Стьюдента, полученное значение которого сравнивают со стандартным при числе степеней свободы, равном ∞ . Исходя из табличных показателей, для значимой асимметрии величина t должна отвечать условию: $t \geq 1,96$.

Эксцесс – показатель, позволяющий сравнить форму графика распределения с нормальным в области вершины, то есть оценить степень его остро- или туповершинности (вдавленности). **Показатель отрицательного эксцесса («вдавленности») не может превысить -2**, при этом его значении выборка состоит из вариантов, относящихся к разным совокупностям, а провал на вершине кривой достигает оси абсцисс, разделяя график на две кривые распределения. **Положительный эксцесс по величине E не ограничен**. Чем меньше значение E , тем ближе выборка к нормальному распределению, $|E| < 0,4$ соответствует незначительному эксцессу.

Статистические показатели качественной изменчивости

К показателям качественной изменчивости будут принадлежать численно не измеряемые признаки растений – окраска лепестков, махровость цветка, наличие морфологических аномалий, присутствие повреждений насекомыми, заболеваний и пр. При анализе качественной изменчивости результаты исследований группируют, деля выборку на классы (группы) с различными качественными признаками.

Основные статистические показатели качественной изменчивости – **доля признака, показатель изменчивости, коэффициент вариации и ошибка выборочной доли.**

Доля признака характеризует относительную частоту отдельной варианты в данной совокупности. Она может измеряться в долях единицы или процентах. Сумма всех долей в пределах совокупности ряда равна 1 (или 100%), в зависимости от способа выражения доли. При альтернативной изменчивости первый признак обычно обозначают p , второй - q , причем $p + q = 1$ (100%), соответственно доля второго признака $q = 1 - p$.

Показатель изменчивости качественного признака S позволяет оценить варьирование величин ряда относительно друг друга. В зависимости от соотношения p и q при альтернативной изменчивости значение показателя изменяется от 0 до 0.5.

Коэффициент вариации качественных признаков – это показатель изменчивости, выраженный в процентах относительно максимальной изменчивости.

Ошибка выборочной доли S – мера отклонения доли признака выборочной совокупности p от его доли во всей генеральной совокупности P . По аналогии с правилом трех сигм, вероятность встречаемости признака p (или q) в интервале $p \pm Sp$ около 68%, в интервалах $p \pm 2Sp$ и $p \pm 3Sp$ - 95 и 99%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техника лабораторных работ по учебной практике: лабораторный практикум / Л. Б. Кашеварова [и др.]. – Казань: КГТУ, 2009. – 185 с.
2. Лабораторная посуда и приборы из стекла, фарфора и фторопласта: каталог: НПО «ЭКРОС». – СПб., 2016. – 84 с.
3. Руководство к практическим занятиям по технике лабораторных работ / А. Я. Любина [и др.]. – М.: Медицина, 1988. – 192 с.
4. Авдякова, О. С. Техника лабораторных работ: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 020101.65 «Химия» и по направлению 240401.62 «Химическая технология и биотехнология» / О. С. Авдякова. – Тольятти: ТГУ, 2010. – 84 с.
5. Гайдукова, Б. М. Техника и технология лабораторных работ: учеб. пособие / Б. М. Гайдукова, С. В. Харитонов. – 4-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 128 с.
6. Воскресенский, П. И. Техника лабораторных работ / П. И. Воскресенский. – М.: Химия, 1973. – 728 с.
7. Гороновский, И. Т. Краткий справочник по химии / И. Т. Гороновский, Ю. П. Назаренко, Е. Ф. Некряч. – Киев: Наукова Думка, 1974. – 985 с.
8. Лосев, А. П. Агрометеорология / А. П. Лосев, Л. Л. Журина. – М.: Колос, 2001. – 302 с.
9. Приборы для наблюдения и измерения погоды // ЦМИТ «Авиатор». [сайт] – 2019 – 2024. – URL: <https://agrometeo.online/meteoeq.html> (дата обращения: 26.03.2024).
10. О различных температурных шкалах // Гидрометцентр России. О погоде из первых рук. [сайт] – 2024. – URL: <https://meteoinfo.ru/t-scale> (дата обращения: 26.03.2024).
11. Шкала Бофорта [сайт] // meteoinfo.ru: Гидрометцентр России. О погоде из первых рук. – 2024. – URL: <https://meteoinfo.ru/bofort> (дата обращения: 26.03.2024).

12. Жакова, С. Н. Экологические методы диагностики жизнеспособности древесных растений: практикум / С. Н. Жакова, Е. В. Пименова, С. В. Лихачев. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2020. – 54 с.

13. Полевые практики по геологическим дисциплинам: учеб. пособие для пед. ин-тов по геогр. спец. / В. А. Исаченков [и др.]; под ред. В. А. Исаченкова. – М.: Просвещение, 1980. – 224 с.

14. Полевые практики по географическим дисциплинам и геологии: учеб. пособие для пед. ин-тов по спец. «География» / Б. Н. Гурский [и др.]; под ред. Б. Н. Гурского, К. К. Кудлю. – Минск: Университетское, 1989. – 240 с.

15. Полевой практикум по экологии / М. А. Кузнецова [и др.]. – М.: Наука, 1994. – 73 с.

16. Матвеев, Н. М. Полевая практика по экологии растительных сообществ / Н. М. Матвеев, В. Г. Терентьев. – 2-е изд., дополн. и перераб. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2000. – 76 с.

17. Методы экологических исследований: практикум / Е. С. Иванов [и др.]. – Рязань: РГУ, 2011. – 403 с.

18. Баранов, С. Г. Практикум по экологии для бакалавров направления 050100 / С. Г. Баранов, С. Ю. Морев, Т. С. Бибик. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2013. – 188 с.

19. Яшин, И. М. Практикум по методам экологических исследований: учеб. пособие / И. М. Яшин, В. А. Раскатов, И. И. Васенев. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 182 с.

20. Практикум по методам экологических исследований: учеб. пособие / И. М. Яшин [и др.]; под ред. И. М. Яшина. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2016. – 64 с.

21. Популяционная экология: полевой практикум / Т. В. Рогова [и др.]. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Казань: Казан. университет, 2023. – 59 с.

22. Алексеев, В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51-57.

23. Walter, H. Vegetation of the earth in relation to climate and the eco-physiological conditions / H. Walter. – The English Universities Press Ltd., London and Springer-verlag, New York, Heidelberg et Berlin, 1973. – 237 p.

24. Растительный мир Земли. В 2 т. / Ф. Фукарек [и др.]; под ред. Ф. Фукарека. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – Т. 1. – С. 22-26.

25. Сытник, К. М. Биосфера. Экология. Охрана природы: справ. пособие / К. М. Сытник, А. В. Брайон, А. В. Гордецкий. – Киев: Наукова думка, 1987. – С. 56-59.

26. Розно, С. А. Итоги интродукции древесных растений в лесостепи Среднего Поволжья: монография / С. А. Розно, Л. М. Кавеленова. – Самара: Издательство «Самарский университет», 2007. – 228 с.

27. Шульц, Г. Э. Общая фенология / Г. Э. Шульц. – Л.: Наука, 1981. – 188 с.

28. Терентьева, Е. Ю. Лекции / Е.Ю. Терентьева // Учебно-методический комплекс дисциплины «Методы феномониторинга». – Екатеринбург: ГОУ ВПО «Уральский госуниверситет им. А.М. Горького», 2008. – URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/2414> (дата обращения: 26.03.2024). – Режим доступа: свободный.

29. Козлова, А. Б. Лабораторный практикум по экологии. Ч. 1. Факториальная экология / А. Б. Козлова, Ж. М. Карегина, Э. П. Криворученко. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2011. – С. 61-69.

30. Методика ведения фенологических наблюдений / Д. Р. Владимиров [и др.]. – М.: Альпина ПРО, 2023. – 208 с.

31. Янцер, О. В. Общая фенология и методы фенологических исследований: учеб. пособие / О. В. Янцер, Е. Ю. Терентьева. – Екатеринбург: Изд-во УрГПУ, 2013. – 218 с.

32. Соловьев, А. Н. Биота и климат в XX столетии. Региональная фенология / А. Н. Соловьев. – М.: Пасья, 2005. – 288 с.

33. Сачков, С. А. Эколого-фаунистический обзор чешуекрылых (Lepidoptera) Самарской Луки: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09 / Зоологический ин-т / Сачков С.А. – СПб., 1996. – 16 с.

34. Плешков, Б. П. Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. – М.: Колос, 1968. – 184 с.
35. Александрова, Л. Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л. Н. Александрова, О. Я. Найденова. – Л.: Колос, 1976. – 280 с.
36. Гарбарец, Б. А. Биохимическая лабораторная техника / Б. А. Гарбарец. – Киев: Здоров'я, 1983. – 144 с.
37. Методы биохимического исследования растений / Под ред. д-ра биол. наук А. И. Ермакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос [Ленингр. отд-ние], 1972. – 456 с.
38. Практикум по агрохимии: учеб. пособие для ун-тов по спец. «Агрохимия и почвоведение» / В. Г. Минеев [и др.]; под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 303 с.
39. Русин, Г. Г. Физико-химические методы анализа в агрохимии / Г. Г. Русин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.
40. Федорец, Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорец, М. В. Медведева. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 84 с.
41. Семендяева, Н. В. Инструментальные методы исследования почв и растений: учеб.-метод. пособие / Н. В. Семендяева, Л. П. Галеева, А. Н. Мармулев. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. – 116 с.
42. Пансю, М. Анализ почвы: минералогические, органические и неорганические методы анализа: справочник / М. Пансю, Ж. Готеру; под ред. Д. А. Панкратова. – СПб.: Профессия, 2014. – 799 с.
43. Демьяненко, Т. Н. Методы почвенных исследований: лабораторный практикум / Т. Н. Демьяненко. – Красноярск: КрасГАУ, 2015. – 48 с.
44. Практикум по почвоведению: учеб. пособие для агр. специальностей с.-х. вузов / Под ред. проф. И. С. Кауричева. – М.: Колос, 1973. – 278 с.
45. Бедрина, З. О почве для садоводов-любителей / З. Бедрина. – Минск: Ураджай, 1988. – 160 с.

46. Колешко, О. И. Экология микроорганизмов почвы: лабораторный практикум / О. И. Колешко. – Мн.: Высшая школа, 1981. – 176 с.

47. Звягинцев, Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев [и др.]. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 224 с.

48. Починок, Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. – Киев: Наукова думка, 1976. – 250 с.

49. Таренков, В. А. Вододерживающая способность листьев боярышников в связи с устойчивостью к засухе / В. А. Таренков, Л. Н. Иванова // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. – Куйбышев: Куйбышевский госуниверситет, 1990. – С. 3-9.

50. Bates, L. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies / L. S. Bates, R. P. Waldren, I. D. Teare // Plant and Soil. – 1973. – Vol. 39. – P. 205-211.

51. Swain J. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents / J. Swain, W. E. Hillis // J. Sci. Food and Agr. – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63-68.

52. Мироненко, А. В. Методы определения алкалоидов / А. В. Мироненко. – Минск: Наука и техника, 1966. – 188 с.

53. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.

54. Хейнсоо, К. Х. Смачиваемость хвои как индикационный показатель загрязненности воздуха / К. Х. Хейнсоо // Лесоведение. – 1994. – № 4. – С. 71-77.

55. Матвеев, Н. М. Практикум по курсу «Основы химического взаимодействия растений» / Н. М. Матвеев, Л. М. Кавеленова, Н. В. Прохорова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Куйбышев: Куйбышевский университет, 1987. – 56 с.

56. Гродзинский, А. М. Руководство по применению биохимических методов в аллелопатических исследованиях почв / А. М. Гродзинский, С. А. Горобец, Л. И. Крупа. – Киев: ЦРБС АН УССР, 1988. – 18 с.

57. Яшин, Я. И. 90-летняя история хроматографии (1903-1993) / Я. И. Яшин // Жур. Аналит. Хим. – 1994. – Т. 49, № 10. – С. 1047-1058.

58. Яшин, Я. И. Основные достижения хроматографии в XX столетии / Я. И. Яшин, А. Я. Яшин // Приборы. – 2003. – № 8 (38). – С. 6-27.

59. Краснов, Е. А. Современные хроматографические методы (ГЖХ, ВЭЖХ) в фармацевтическом анализе: учеб. пособие / Е. А. Краснов, А. А. Блиникова. – Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2007. – 152 с.

60. Сумина, Е. Г. Тонкослойная хроматография. Теоретические основы и практическое применение / Сумина Е.Г. [и др.]. – Саратов: Изд-во Саратовского государственного университета, 2012. – 128 с.

61. Конюхов, В. Ю. Хроматография: учебник для бакалавриата, магистратуры, специалитета / В. Ю. Конюхов. – СПб.: ЛАНЬ, 2012. – 224 с.

62. Грибова, Е. Д. Хроматография. Газовая хроматография: учеб. пособие / Е. Д. Грибова. – Дубна: Государственный университет «Дубна», 2019. – 53 с.

63. Дмитриевская, И. И. Инструментальные методы анализа / И. И. Дмитриевская [и др.]. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. – 131 с.

64. Логутов, В. И. Методические рекомендации для проведения практического занятия в лаборатории хроматографии по дисциплине «Экология» / В. И. Логутов [и др.]. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2019. – 42 с.

65. Запроматов, М. Н. Фенольные соединения и методы их исследования / М. Н. Запроматов // Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 185-207.

66. Лазуровский, Г. В. Практические работы по химии природных соединений / Г. В. Лазуровский, И. В. Терентьева, А. А. Шамшуринов. – М.: Высшая школа, 1966. – С. 248-317.

67. Хроматография на бумаге / Под ред. И. М. Хайс, К. Мацек. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. – 852 с.

68. Технические характеристики приборов // studfile.net: Файловый архив. [сайт] – 2024. – URL: <https://studfile.net/preview/3108808/page:3/> (дата обращения: 17.04.2024).

69. Измерение параметров микроклимата // <https://ohrana-bgd.narod.ru/>: Охрана труда и БЖД. [сайт] –2002. – https://ohrana-bgd.narod.ru/proizv_71.html (дата обращения: 17.04.2024).

70. Стернзат, М. С. Метеорологические приборы и наблюдения: учеб. пособие для гидрометеорол. техникумов / М. С. Стернзат. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 463 с.

71. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам / А. Б. Рейфер. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 372 с.

72. Кавеленова, Л. М. Математические методы в ботанических и экологических исследованиях / Л. М. Кавеленова. – Самара: Издательство «Самарский университет», 1998. – 40 с.

73. Мамаев, С. А. Проблемы биологического разнообразия и его поддержания в лесных экосистемах / С. А. Мамаев, А. К. Махнев // Лесоведение. – 1996. – № 5. – С. 3-10.

74. Зайцев, Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.

Учебное издание

*Кавеленова Людмила Михайловна
Власова Наталья Валерьевна
Макарова Юлия Владимировна
Ревинская Елена Викторовна*

**ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ
В БИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Практикум

Редакционно-издательская обработка издательства
Самарского университета

Подписано в печать 21.11.2024. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 11,0.

Тираж 120 экз. (1-й з-д 1-27). Заказ № . Арт. – 5(Р2ПР)/2024.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

