Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Растениеводство и земледелие»

Е. В. Перцева

Биоиндикация экосистем

Методические указания для проведения лабораторных занятий

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат:
0BC23592C498DBD2BA74E8FC611A8F90373884D2
Владелец: Машков Сергей Владимирович
Действителен: с 23.01.2022 до 23.04.2023

Кинель
РИЦ СГСХА
2016

УДК 57(07)
ББК 40.38Р
П-27

Перцева, Е. В.
П-27 Биоиндикация экосистем : методические указания для проведения лабораторных занятий / Е. В. Перцева. – Кинель : РИЦ СГСХА. – 55 с.

Методические указания для проведения лабораторных занятий содержат методики биоиндикации основных свойств почвы, воды и загрязнений окружающей среды с использованием различных индикаторов (беспозвоночных животных, высших растений, эпифитных лишайников и хвойных деревьев). Учебное издание предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.04 «Агрономия», профиль «Агрономия» и 35.03.05 «Садоводство», профиль «Декоративное садоводство и ландшафтный дизайн».

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2016
© Перцева Е. В., 2016

Предисловие

Основной целью методических указаний «Биоиндикация экосистем» является формирование у студентов, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.04 «Агрономия», профиль «Агрономия» и 35.03.05 «Садоводство», профиль «Декоративное садоводство и ландшафтный дизайн» системы компетенций для решения профессиональных задач по выбору и использованию естественных биоиндикаторов и биотестов в процессе оценки естественных состояний и загрязнений наземных агро- и экосистем, степени их нарушенности в результате деятельности человека.

Для достижения поставленной цели в методических указаниях решаются следующие задачи: обучение использованию высших растений и растительных сообществ как индикаторов экологических условий, беспозвоночных животных как индикаторов основных свойств почв; изучение методов биоиндикации степени нарушения экосистем, качества воды и степени загрязнения водоемов; ознакомление с основными методами биологического тестирования агро- и экосистем.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП ВО).

Направление подготовки 35.03.04 «Агрономия», профиль «Агрономия»

Общепрофессиональные компетенции:

- готовность установить соответствие агроландшафтных условий требованиям сельскохозяйственных культур при их размещении по территории землепользования.

Профессиональные компетенции:

- способность к лабораторному анализу образцов почв, растений и продукции растениеводства;
- готовность адаптировать системы обработки почвы под культуры севооборота с учетом плодородия, крутизны и экспозиции склонов, уровня грунтовых вод, применяемых удобрений и комплекса почвообрабатывающих машин;
- способность использовать агрометеорологическую информацию при производстве растениеводческой продукции.

Направление подготовки 35.03.05 «Садоводство», профиль «Декоративное садоводство и ландшафтный дизайн»

Общепрофессиональные компетенции:

- готовность к оценке пригодности агроландшафтов для возделывания плодовых, овощных культур и винограда;

Профессиональные компетенции:

- готовность к реализации применения экологически безопасных и энерго- , ресурсосберегающих технологий производства качественной, конкурентоспособной продукции садоводства, создания и эксплуатации объектов ландшафтной архитектуры.

Тема 1. Методы учета микро- и мезофауны в наземных экосистемах и обитающих в почве физиологически водных беспозвоночных

Цель занятия. Ознакомиться с методиками учета микро- и мезофауны в наземных экосистемах и обитающих в почве физиологически водных беспозвоночных.

Задания: изучить методы учета микро- и мезофауны в наземных экосистемах и обитающих в почве физиологически водных беспозвоночных; научиться подбирать методы учета микро- и мезофауны для целей биоиндикации свойств почвы.

Материалы и оборудование: образцы беспозвоночных – индикаторов свойств почвы.

Ход работы

Задание. Используя предложенную литературу, необходимо выписать методы учеты важнейших индикаторных почвообитающих представителей микро- и мезофауны в наземных экосистемах и обитающих в почве физиологически водных беспозвоночных, заполнив таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Методы учета микро- и мезофауны и обитающих в почве физиологически водных беспозвоночных

Метод учета	Описание метода
Метод учёта микроартропод	
Метод учёта энхитреид	
Метод учёта почвенной мезофауны	
Метод учёта напочвенной мезофауны	
Метод учёта инфузорий и жгутиконосцев	
Метод учёта голых амеб	
Метод учёта раковинных амёб	
Метод учёта нематод, коловраток, тихоходок	

Контрольные вопросы

1. Приведите методики учета комплекса почвенных микроартропод и мезофауны почвы.
2. Опишите процесс количественного учёта энхитреид.
3. Какие членистоногие составляют основу напочвенной мезофауны? Как их учитывают?
4. Дайте анализ метода предельного разведения образца почвы жидкой питательной средой для определения количества инфузорий и жгутиконосцев.

5. Перечислите основные этапы лабораторного определения количества голых амёб в почве с использованием плотной питательной среды.

6. Опишите метод прямого почвенного микроскопирования почвенной суспензии для изучения раковинных амёб.

7. Опишите метод выгонки из почвы и учёта свободноживущих нематод с помощью «воронок Бермана».

Тема 2. Биоиндикация основных свойств почвы с использованием беспозвоночных животных

Цель занятия. Определить основные свойства почвы с использованием индикаторов – беспозвоночных животных.

Задания: определить основные параметры почвы (кислотность почвенного раствора, богатство почв кальцием, гидротермический режим, мощность почвенного покрова) при помощи данных по видовому составу и численности беспозвоночных животных, полученных методом почвенных раскопок.

Материалы и оборудование: данные почвенных раскопок, проведенных в различных биогеоценозах во время учебной практики по энтомологии.

Ход работы

Задание 1. Изучить виды индикаторов основных свойств почвы и заполнить таблицу 2.1, используя рекомендуемую литературу.

Таблица 2.1

Беспозвоночные животные – индикаторы основных свойств почв

Индикат (параметры почвы)	Индикатор
Кислотность почв	
Солевой режим почв	
Богатство почв кальцием	
Гидрорежим почв	
Мощности гумусового горизонта	
Показатель почвенных условий под лесопосадками	

Задание 2. Проанализировать имеющиеся данные по видовому составу и численности беспозвоночных животных в отдельном биогеоценозе (на примере таблицы 2.2) и при помощи таблицы 2.1, сравнивая имеющиеся данные и приведенные примеры беспозво-

ночных-индикаторов, сделать выводы о почвенных характеристиках, изучаемых агро- и биогеоценозов.

Таблица 2.2

Видовой состав, численность и вертикальное распределение почвообитающих беспозвоночных животных в биогеоценозе лесопосадки (числитель – учтено экземпляров, знаменатель – экземпляров на 1 м^2)

Беспозвоночные	Глубина, см						Итого
	подстилка	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	
Энхитреиды	-	4,0 3,2	2,0 1,5	2,0 1,5	-	-	8,0 6,2
Дождевые черви	-	10,0 7,8	13,0 10,2	31,0 24,2	9,0 7,1	2,0 1,5	65,0 50,8
Мокрицы	2,0 1,5	5,0 3,9	-	-	-	-	7,0 5,4
Пауки	9,0 7,1	4,0 3,1	-	-	-	-	13,0 10,2
Кивсяки	17,0 13,3	5,0 3,9	2,0 1,5	-	-	-	23,0 18,7
Костянки	-	1,0 0,8	-	-	-	-	1,0 0,8
Клопы	4,0 3,1	-	-	-	-	-	4,0 3,1
Жужелицы	4,0 3,2	3,0 2,2	1,0 0,8	-	-	-	8,0 6,2
Личинки жужелиц	1,0 0,8	-	-	-	-	-	1,0 0,8
Личинки чешуекрылых	1,0 0,8	-	-	-	-	-	1,0 0,8

Контрольные вопросы

1. Назовите беспозвоночных-индикаторов реакции почвенных растворов и солевого режима почв, богатства почв кальцием, их гидротермического режима.
2. Перечислите беспозвоночных как показателей мощности почвенного профиля.
3. Опишите процесс биоиндикации почвенных условий под лесопосадками.

Тема 3. Определение свойств почвы с помощью растений-индикаторов

Цель занятия. Провести оценку почвенных характеристик при помощи растений-индикаторов.
Задания: проанализировать видовой состав и встречаемость фитоиндикаторов, дать характеристику свойств почв, на которые указывают растения-индикаторы.
Материалы и оборудование: гербарий растений, произрастающих на изучаемых биогеоценозах, определители высших растений, калькуляторы.

Ход работы

Задание 1. С помощью определителей, используя гербарный материал, определить виды растений и выяснить их принадлежность к фитоиндикаторам.

Задание 2. Выяснить, индикатором каких свойств почв являются данные растения: влажности, кислотности, наличия питательных веществ, механического состава (прил. 1-4).

Задание 3. Определить у растений-фитоиндикаторов их индикаторные значимости по каждому свойству почвы (прил. 1-4).

Задание 4. Рассчитать искомые показатели почвы, используя полученные данные встречаемости фитоиндикаторов (из индивидуальных заданий) и образец расчета на примере определения суммарной оценки кислотности почвы (табл. 3.1).

Заполнив в таблице 3.1. столбцы индикаторной значимости растений (1) и частоты их встречаемости (2), подсчитывают сумму частоты встречаемости всех обнаруженных растений-индикаторов. Затем рассчитывают по каждому индикаторному виду суммарную оценку кислотности путем умножения индикаторной значимости вида на его частоту встречаемости, также подсчитав общую суммарную оценку по всем видам растений-индикаторов. В заключение определяют усреднённую индикаторную значимость всех обнаруженных растений-индикаторов путем деления общей суммарной оценки на сумму частоты встречаемости (X(3):X(2) = 4,2). Получившееся значение округляют до целого числа, это число является индикаторным значением свойства почвы (X(3):X(2) = 4,2 ≈ 4, что соответствует pH=6,0 почвы исследуемого участка.

Задание 5. В отчете привести все названия растений, среди них указать растения-индикаторы и характеризуемые ими свойства

почв; привести расчеты. В выводе дать характеристику свойств почв, на которые указывают растения-индикаторы.

Таблица 3.1

Пример расчета суммарной оценки кислотности почвы

Вид	Кислотность почв (1)	Частота встречаемости (2)	Суммарная оценка кислотности (1)×(2) =(3)
Melampyrum pratense	1	1	1
Trimalis europaea	2	1	2
Pulmonaria obscura	3	3	9
Urtica mens	4	5	20
Festuca pratensis	4	9	28
Filipendula vulgaris	5	3	15
Tussilago farfara	6	2	12
Pyrola chlorantha	6	5	30
Medicago falcata	6	3 Σ(2) = 32	18 Σ(3) = 135

Фитоиндикаторы позволяют выявлять следующие признаки почв: механический состав, влажность, кислотность, засоленность, обеспеченность питательными веществами. Принцип метода основан на учете видового разнообразия растений-индикаторов и их индикаторной значимости.

Для определения свойств почвы фиксируют названия всех растений, произрастающих на площади 10 м^2. Растениям, характеризующим свойства почвы, присуждают номера:

• *оценка влажности:*
1 — гигрофиты;
2 — ксерофиты;
• *механический состав:*
1 — пелитофиты;
2 — алевритофиты;
3 — псаммофиты;
• *достаток питательных веществ в почве:*
1 — эвтрофы;
2 — мезотрофы;
3 — олиготрофы;
• *оценка кислотности:*
1 — крайние ацидофилы;
2 — умеренные ацидофилы;
3 — слабые ацидофилы;
4 — ацидофильно нейтральные;
5 — околонейтральные;
6 — нейтрально-базофильные.

Частоту встречаемости учитывают по 9-балльной шеститупенчатой шкале со следующими обозначениями: 1 – очень редко, 2 – редко, 3 – нередко, 5 – часто, 7 – очень часто, 9 – масса.

Контрольные вопросы

1. Опишите процесс определения свойств почвы с помощью растений-индикаторов.
2. Назовите растения-индикаторы реакции почвенных растворов и наличия питательных веществ в почве, влажности и механического состава почв.

Тема 4. Биодиагностика обеспеченности почвы микро- и макроэлементами

Цель занятия. Научиться определять обеспеченность почвы микро- и макроэлементами по внешнему виду высших растений.
Задания: изучить внешние изменения высших растений под влиянием различной обеспеченности почвы микро- и макроскопическими питательными веществами.
Материалы и оборудование: гербарные образцы высших растений с признаками избытка или недостатка питательных веществ в почве.

Ход работы

Задание. Используя предложенную литературу и приложение 5, необходимо выписать внешние изменения высших растений под влиянием различной обеспеченности почвы микро- и макроскопическими питательными веществами, заполнив таблицу 4.1.

Визуальная диагностика – это рекогносцировка, быстрая и качественная оценка обеспеченности растений элементами питания. Она позволяет установить вероятную опасность их резкого дефицита и с помощью простых мероприятий (например, подкормки) ликвидировать остроту грозящей опасности.

Таблица 4.1

Растения-индикаторы обеспеченности почвы

Растения-индикаторы	Наличие питательных веществ в почве	Микро- и макроэлемент почвы										
		азот	фосфор	калий	кальций	магний	бор	медь	железо	марганец	молибден	цинк
	недостаток											
	избыток											
	недостаток											
	избыток											
	недостаток											
	избыток											

Контрольные вопросы

1. Опишите признаки обеспеченности почвы микро- и макроэлементами.
2. Перечислите наиболее чувствительные культуры к обеспеченности почвы микро- и макроэлементами. К каким питательным веществам почвы наблюдается наибольшая чувствительность?

Тема 5. Биологический контроль водоема методом сапробности

Цель занятия. Ознакомиться с методиками определения чистоты водоемов по сапробности.
Задания: изучить классификацию методов определения чистоты водоемов; выявить преимущества и недостатки биологических методов оценки загрязнения вод; изучить методы определения сапробности вод по индикаторным таксонам, комплексу ЕРТ, олигохетному индексу Гуднайт-Уотлея, индексу Шеннона, на основе хирономид, интегральному индексу экологического состояния, индексу сапробности Пантле-Букка.
Материалы и оборудование: образцы обитателей водоемов.

Ход работы

Задание. Используя предложенную литературу, необходимо изучить методики определения чистоты водоема, ознакомиться с преимуществами и недостатками изученных методик и заполнить таблицу 5.1.

Термин сапробность произошел от греческого слова Sapros или гнилой. Сапробность водоема – характеристика степени загрязненности водоема органическими веществами. Сапробность водоема устанавливается по видовому составу обитающих в нем организмов-сапробионтов. Понятие сапробности сформулировано и разработано для внутренних водоёмов. В связи с резким усилением загрязнения вод морей и океанов сточными водами, нефтью и нефтепродуктами, ядохимикатами, детергентами и другими токсинами проблема сапробности актуальна и для морей.

Контрольные вопросы

1. Перечислите наиболее распространенные в мировой практике биоиндикационные методики определения чистоты водоемов.
2. Назовите преимущества и недостатки биоиндикационных методик определения чистоты водоемов.

Таблица 5.1

Характеристика биологических методов оценки загрязнения вод

Наименование метода	Преимущества	Недостатки
Сапробность воды по отдельным крупным таксонам зообентоса		
Биотический индекс Вудивисса		
Индекс Гуднайта-Уотлея		
Модифицированный олигохетный индекс (Э. А. Пареле)		
Индекс Шеннона		
Индекс Майера		

Тема 6. Оценка трофических свойств водоема с использованием высших растений

Цель занятия. Дать оценку трофических свойств водоема.
Задания: освоить принцип метода оценки трофических свойств водоема с использованием высших растений; научиться распознавать экологические типы водоема и рассчитывать суммарную трофность водоема; ознакомиться с основными индикаторными видами макрофитов водоемов различной трофности.
Материалы и оборудование: гербарий растений; определители высших растений.

Ход работы

Задание 1. Ознакомиться со справочным материалом.

В вегетационный период готовятся гербарии, в которых макрофиты указаны под номерами. Делается опись всего материала. В карточке для лабораторной работы «моделируется» водоем определенной трофности. Студентам выдаются гербарии 8-10 видов водных растений, которые они сами идентифицируют с помощью определителей. В карточке для каждого гербарного материала указывается предполагаемая в данном «водоеме» частота встречаемости этого растения. Причем в гербариях могут быть представлены как индикаторы трофности водоема, так и водные растения, не являющиеся таковыми.

Задание 2. Получив у преподавателя задание на карточке и гербарий, дать название каждому растению, указанному в задании номером, используя гербарий и определители.

Для расчета общей трофности каждому типу водоема присуждается номер: ацидотрофные – 0, дистрофные – 1, олиготрофные – 2, мезотрофные – 3, эвтрофные – 4. Частоту встречаемости учитывают по девятибалльной шестиступенчатой шкале частот (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Соотношение значений относительного обилия и частоты встречаемости организмов (h)

Частота встречаемости	Количество экземпляров одного вида, %	Частота встречаемости организмов
Очень редко	< 1	1
Редко	2-10	2
Нередко	10-40	3
Часто	40-60	5
Очень часто	60-80	7
Масса	80-100	9

Задание 3. Выделить индикаторные виды водоемов разной трофности. Дать характеристику водоема в шкале трофности по растениям-индикаторам (пример – таблица 6.2).

Таблица 6.2

Пример расчета суммарной трофности водоема

Место отбора проб: _____ Дата_____ Водоем – естественный пруд			
Вид	Тип водоема (1)	Частота встречаемости (2)	Суммарная трофность водоема (1)×(2)=(3)
Nuphar lutea	1	1	1
Myriophyllum alterniflorum	2	2	4
Potamogeton lucens	2	5	10
P. compressus	3	5	15
Lemna trisulca	3	7	21
Elodea canadensis	3	9	27
Carex vesicaria	3	3	9
		Σ (2) = 31	Σ (3) = 87

Общая суммарная трофность водоема Σ (3) : Σ (2) = 2,8, что соответствует переходному типу водоема между олиго- и мезотрофным.

Задание 3. Привести в отчете названия всех растений, указать индикаторные виды водоемов по шкале трофности, охарактеризовать трофические свойства водоема.

Высшие водные растения являются наименее изученным звеном среди организмов-индикаторов, хотя имеют ряд преимуществ. Они представляют собой видимый невооруженным глазом и поэтому весьма удобный для наблюдения объект, а также дают возможность при рекогносцировочном гидробиологическом осмотре водоемов в первом приближении визуально оценить их экологическое состояние. Макрофиты – это крупные травянистые растения, которые можно наблюдать невооруженным глазом, обычно термин применяется по отношению к водным растениям. Макрофиты позволяют определить трофические свойства воды, а иногда и специфику ее химизма, что имеет существенное значение при биоиндикации чистых вод.

Принцип метода основан на учете видового разнообразия представителей водной макрофлоры и их индикаторной значимости. При ботанической индикации стоячих водоемов целесообразно учитывать следующие показатели при визуальном осмотре водного объекта: степень покрытия его макрофитами, флористическое разнообразие растений, отклонения в развитии и росте. При последующих лабораторных исследованиях, в случае необходимости, определяется ряд количественных характеристик: величины фитомассы и продукции, высота и масса стебля, химический состав растений.

Большую роль при индикации вод играет наличие определенных видов-индикаторов (табл. 6.3, рис. 6.1). Но выявление таких растений встречает ряд трудностей вследствие того, что многие из них обладают широкими экологическими и географическими ареалами.

По общепринятой классификации стоячие водоемы (озера, естественные пруды и т. п.) делятся на ацидотрофные, дистрофные, олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные.

Ацидотрофные водоемы довольно своеобразны по своей природе. Они могут иметь как бесцветную, так и окрашенную в бурый цвет воду. Густые заросли тростника и камыша, процветающие в щелочных водах, в более кислых уменьшаются, встречаются более ограниченно, а в очень кислых водах исчезают совсем, на их месте начинают развиваться осока, хвощ и манник.

Ацидотрофно-олиготрофные водоемы можно установить по наличию показателей олиготрофии – лобелии Дортмана, урути очередноцветковой, по слабому развитию растительного покрова,

значительной разреженности зарослей и угнетенному состоянию растений с низким значением фитомассы.

Таблица 6.3

Индикаторные виды макрофитов водоемов различной трофности

Тип водоема			
дистрофный	олиготрофный	мезотрофный	эвтрофный
Сфагновые мхи (*Sphagnum*)	Лобелия Дортмана (*Lobelia dortmanna*)	Рдест сплюснутый (*Potamogeton compressus*)	Повойничек (водяной перец) (*Elatine hydropiper*)
Вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*)	Уруть очередноцветковая (*Myriophyllum alterniflorum*)	Ряска трехдольная (*Lemna trisulca*)	Шелковник неукореняющийся (*Batrachium eradicatum*)
Белокрыльник болотный (*Calla palustris*)	Лютик простертый (*Ranunculus reptens*)	Уруть мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum*)	Шелковник щенкелевидный (*B. foeniculaceum*)
Сабельник болотный (*Comarum palustre*)	Полушник колючеплодный (*Isoetes echinospora*)	Кувшинка белая (*Nymphaea alba*)	
Ежеголовник родственный (*Sparganium affine*)	Полушник озерный (*Isoetes lacuslris*)	Ряска малая (*L.minor*)	
Кубышка желтая (*Nuphar lutea*)	Рдест блестящий (*Potamogeton lucens*)	Стрелолист плавающий (*Sagittaria natans*)	
		Осока пузырчатая (*Carex vesicaria*)	
		Кувшинка четырехгранная (*N. tetragona*)	
		Частуха подорожниковая (*Alisma plantagoaquatica*)	
		Рдест маленький (*P.Candida*)	
		Водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsusranae*)	
		Рогоз узколистный (*Typha angustifolia*)	
		Элодея канадская (*Elodea canadensis*)	

Ацидотрофно-дистрофные водоемы можно выделить по преобладанию водно-болотных растений – видов рода осок, вахты трехлистной, кизляка кистецветного, сабельника болотного. Степень покрытия этих водоемов макрофитами невелика, заросли в значительной мере разрежены, растения угнетены, величины фитомассы низки. Кислая реакция среды и низкая прозрачность воды отрицательно влияют на произрастание растений.

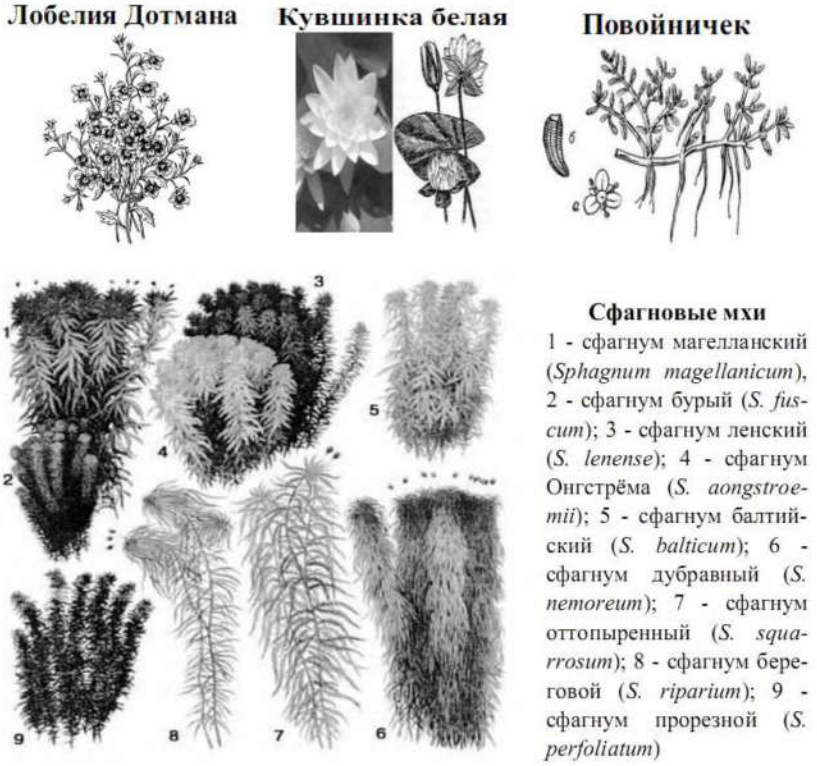


Рис. 6.1 Индикаторные виды макрофитов водоемов различной трофности

Дистрофные водоемы расположены в основном в заболоченной местности, берега их низкие, болотистые, с редкой растительностью, часто сложены из сфагнума. Реакция среды кислая, вода сильно окрашена, прозрачность ее очень низкая. Значительно разреживаются прибрежные заросли тростника и хвоща. Исчезают

рдесты и частично заменяются на заросли ежеголовника. Для дистрофных водоемов характерны вдоль уреза воды различные виды осок и водно-болотной растительности, на дне – сфагновый мох.

Для озер олиготрофного типа характерно присутствие лобелии Дортмана, урути очередноцветковой. Степень их зарастания незначительна, растительные сообщества распространены весьма ограниченно. Фитоценозы в основном разрежены. Развитие растений удовлетворительное, величина фитомассы невелика.

Для водоемов мезотрофного и эвтрофного типов характерны нейтральная или щелочная среда и малая прозрачность. Показательно наличие рогоза узколистного (Typha angustifolia), стрелолиста плавающего (Sagittaria natans), элодеи канадской (Elodea canadensis).

Контрольные вопросы

1. Макрофиты и их использование в биотестировании.
2. Показатели, используемые при ботанической индикации стоячих водоемов.
3. Лимитирующие факторы использования высших растений в биоиндикации.
4. Экологическая классификация стоячих водоемов.
5. Оценка частоты встречаемости и относительного обилия растений.
6. Индикаторные виды макрофитов водоемов различной трофности.

Тема 7. Определение загрязненности воздуха диоксидом серы с использованием древесных хвойных растений

Цель занятия. Определить содержание диоксида серы в воздухе с использованием древесных хвойных растений.
Задания: провести учеты продолжительности жизни ветви хвойных деревьев, их покрытие хвоей, измерить годичные приросты и определить классы некроза хвои; рассчитать загрязненность воздуха диоксидом серы.
Материалы и оборудование: ветви ели и сосны, линейки, лупы.

Ход работы

Оценку загрязненности воздуха диоксидом серы можно проводить методом пассивного мониторинга, учетом состояния и продолжительности жизни хвои ели сибирской или сосны обыкновен-

ной, численность которой должна быть достаточной для проведения исследования.

Для определения содержания диоксида серы в воздухе закладывается учетная площадка, состоящая из 10 деревьев. На каждой тест-площадке у взрослых деревьев на высоте 1,5-2 м исследуется ветвь. Учитываются следующие показатели: возраст ветви, годичный прирост, балл некроза, облиственность годичных приростов (покрытие хвоей).

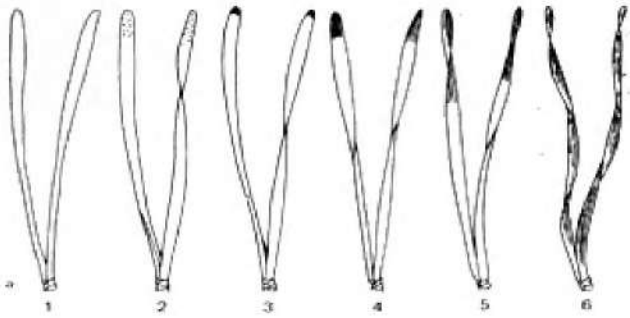


Рис. 7.1. Бонитировочная шкала некрозов хвои (по Jäger,1980)

Возраст ветви учитывается по ветвлению главной оси и боковых побегов, как известно, ветвление у хвойных – моноподиальное и они растут верхним междоузлием. Годичные приросты измеряются линейкой, начиная от прироста последнего года. Для каждого годичного участка ветви определяется класс некроза по шкале (рис. 7.1), для оставшейся хвои на годичных приростах. Так же оценивается количество сохранившейся хвои в процентах по сравнению с верхушечным участком текущего года.

Данные заносят в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

Данные по морфологическому обследованию ветви ели сибирской

Годичный прирост, год	Продолжительность жизни хвои ели, лет	Облиственность, %	Прирост, см	Класс некроза, балл
2016				
2015				
2014				
2013				
2012				

…				

Затем делают вывод о загрязненности воздуха диоксидом серы, ориентируясь на таблицу 7.2.

Таблица 7.2

Влияние загрязнений воздуха диоксидом серы на состояние хвойных растений

Хронические повреждения хвои	Физиологические и морфологические изменения хвои	Продолжительность жизни хвои ели, лет	Среднегодовое содержание SO_2 в воздухе, мкг/м^3
Отсутствуют	Отсутствуют	14-16	7-9
Легкие (2-3 балла)	Повышение содержания в клетках SO_2; снижение интенсивности фотосинтеза; укорочение длины хвоинки и продолжительности ее жизни	10-14	10-30
Средние (3-4,5 балла)	Изменение цвета хвои, увеличение грибных болезней	6-10	30-70
Сильные (4,5-5,5 балла)	Некроз хвои	3-5	70-100
Очень сильные (5,5-6 баллов)	Потеря хвои, ажурность кроны, суховершинность	2-3	Более 100-120

Контрольные вопросы

1. Назовите преимущества хвойных пород деревьев как индикаторов загрязненности воздуха по сравнению с листопадными формами древесной растительности.
2. Перечислите этапы определения загрязнённости воздуха SO_2 с помощью хвойных деревьев.

Тема 8. Определение загрязненности воздуха диоксидом серы с использованием эпифитных лишайников

Цель занятия. Определить содержание диоксида серы в воздухе с использованием эпифитных лишайников.

Задания: провести учеты видового состава и проективного покрытия одной древесной породы эпифитными лишайниками; рассчитать загрязненность воздуха диоксидом серы.

Материалы и оборудование: данные учетов видового состава и проективного покрытия эпифитными лишайниками, КОН, компьютерная программа «Лихеноиндикация».

Ход работы

На исследуемой территории выбирают пробные площадки. На площадке выбирают 5-25 деревьев одного вида, одного возраста, диаметра. На деревьях на высоте 1,2-1,6 м и в основании ствола с 4 экспозиций закладывают учетные площадки, где отмечаются виды лишайников и их проективное покрытие в процентах или баллах (табл. 8.1). Для оценки последнего используют прозрачную рамку со стороной 10 см, разбитую на 100 квадратиков.

Таблица 8.1

Оценка покрытия коры деревьев лишайниками

Баллы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
покрытие, %	1-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100

Первоначально данные по учетам заносят в таблицу 8.2, вид лишайников описывают по внешним характеристикам, а в лаборатории определяют (образец заполнения – таблица 8.2).

Таблица 8.2

Видовой состав и проективное покрытие эпифитными лишайниками древесных культур

№ дерева	Описание внешнего вида лишайника	Вид	Проективное покрытие лишайниками, балл							
			север (1,3 м)	север (0,1 м)	юг (1,3 м)	юг (0,1 м)	восток (1,3 м)	восток (0,1 м)	запад (1,3 м)	запад (0,1 м)
1	Желто-зеленый	*Xanthoria parietina*	1	2	4	3	5	6	2	3
1	Серый	*Physcia aipolia*	5	3	6	1	2	4	5	3
2	Черный	*Melanelia olivacea*	2	5	4	6	3	4	5	6
…										

При обработке данных для каждого участка определяется индекс полеотолерантности (ИП):

$$ИП = \sum_{i=1}^{n} \frac{a_i c_i}{c_n},$$

где n – число видов лишайников;

a_i – класс полеотолерантности, к которому относится лишайник;

c_i – среднее покрытие в процентах;

c_n – общее среднее покрытие всеми лишайниками.

Расчет индекса полеотолерантности можно провести вручную или воспользоваться компьютерной программой «Лихеноиндикация». Индекс полеотолерантности (ИП) равен примерно следующим значениям среднегодового содержания SO_2 в воздухе (табл. 8.3).

Таблица 8.3

Индекс полеотолерантности и среднегодовое содержание диоксида серы в воздухе

ИП	1-2	2-5	5-7	8-10
SO_2, мкг/м³	0	10-30	30-80	100-300
Зона	нормальная	смешанная	зона «борьбы»	лишайниковая пустыня

По окончании работы необходимо сделать вывод о загрязненности воздуха диоксидом серы.

Контрольные вопросы

1. Назовите микроскопические и макроскопические изменения семенных растений под влиянием загрязнений воздуха.
2. Охарактеризуйте лишайники – индикаторы загрязнений воздуха газообразными выбросами, почв – радионуклидами и тяжелыми металлами.
3. Опишите влияние газообразных выбросов на популяции растений и растительные сообщества.

Тема 9. Флуктуирующая асимметрия древесных и травянистых форм растений как тест-система оценки качества среды

Цель занятия. Провести интегральную экспресс-оценку качества среды обитания живых организмов по флуктуирующей асимметрии листовой пластины древесных растений.

Задания: проанализировать флуктуирующую асимметрию листовой пластины древесных растений и сделать вывод о загрязненности окружающей среды.

Материалы и оборудование: линейки; транспортиры, гербарий листьев древесных пород, калькуляторы.

Ход работы

Задание 1. В соответствии с рисунком 9.1 измерить жилки листовой пластины древесной породы по пяти параметрам. Занести данные по всем листьям в таблицу 9.1. Провести статистическую обработку данных.

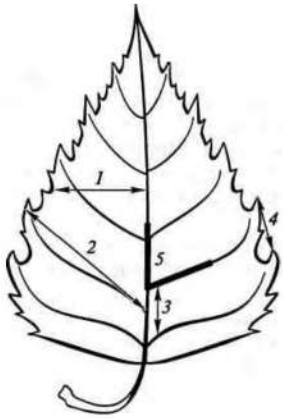


Рис. 9.1. Параметры промеров листьев для детального расчета:
1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй жилки от основания листа;
3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок;
4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной
и второй от основания жилками

Задание 2. Провести экспресс-оценку загрязнения окружающей среды по результатам всех измерений. Сделать вывод о качестве среды обитания живых организмов в соответствии с таблицей 9.2.

Баллы соответствуют следующим характеристикам среды обитания живых организмов: 1 – чисто; 2 – относительно чисто («норма»); 3 – загрязнено («тревога»); 4 – грязно («опасно»); 5 – очень грязно («вредно»).

Выборку листьев древесных растений необходимо делать с нескольких близко растущих деревьев на площади 100 м^2 или на аллее длиной 30-40 м. Выборка листьев травянистых растений делается с нескольких экземпляров на площади 1 м^2. Используются только средневозрастные растения, исключая молодые и старые.

Всего надо собрать не менее 25 листьев среднего размера с одного вида растения. Листья собирать из нижней части кроны, на

уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, запад, восток и юг. На каждой площадке исследуют максимальное количество видов, но не менее одного древесного и одного травянистого (на занятии используется собранный материал).

Обработка заключается в измерении длин жилок на листьях справа и слева. На рисунке 9.2 цифрами обозначены листья следующих деревьев: 1 – березы, измеряется первая жилка от основания листа; 2 – тополя, первая жилка от основания листа; 3 – остролистного клена, средняя жилка боковых пластин справа и слева; 4 – мать-и-мачехи, вторая жилка от основания черешка; 5 – клена американского, первая жилка от основания черешка; 6 – сныти, первая жилка от основания черешка; 7 – клевера ползучего, первая жилка от основания черешка. Жилки измеряются курвиметром или линейкой с точностью до 1 мм. Интерес представляют не размеры жилок, а разница их длины справа и слева.

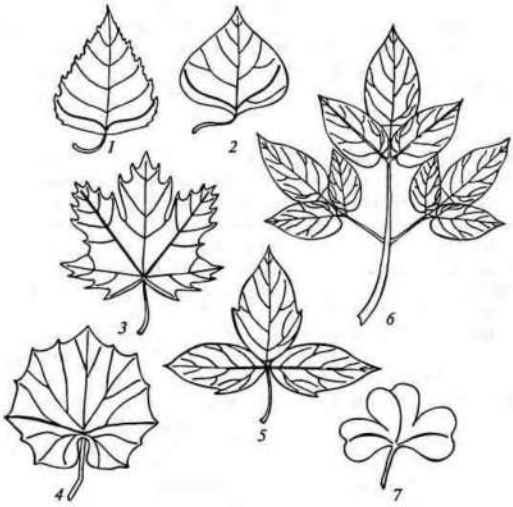


Рис. 9.2. Измерение длин жилок на листьях травянистых и древесных пород

Существуют более детальные расчеты флуктуирующей асимметрии. С одного листа снимают показатели по пяти параметрам (рис. 9.1).

Отдельно фиксируют «загнутость» макушки листа (рис. 9.3). Данные измерений заносят в таблицу 9.1. Величину флуктуирующей асимметрии оценивают с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия по признакам (среднее арифметическое отношение разности к сумме промеров листа справа и слева, отнесенное к числу признаков).

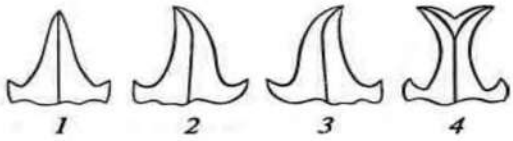


Рис. 9.3. Примеры «загнутости» макушки листа: 1 – не загнута; 2 – загнута влево; 3 – загнута вправо; 4 – «ласточкин хвост»

Коэффициент флуктуирующей асимметрии определяют по формуле, предложенной В. М. Захаровым:

$$\delta_d^2 = \frac{\sum (d_{l-r} - M_d)^2}{n-1},$$

где $M_d = \frac{\sum d_{l-r}}{n}$ – среднее различие между сторонами;

$d_{l-r} = \frac{2(d_l - d_r)}{d_l + d_r}$ – различие значений признаков между левой (l) и правой (r) сторонами;

n – число выборок.

Качественные признаки считают по проценту суммы асимметричных листьев:

$$M_A = \frac{n_a}{n_a + n_c},$$

где n_a – число асимметричных особей;

n_c – число симметричных листьев.

Показатель асимметрии указывает на наличие в среде обитания живых организмов негативного фактора. Это может быть химическое загрязнение, изменение температуры, обитание биологического объекта на краю ареала и др. Показатель откликается

повышением на изменение фактора и стабилен при адаптации к имеющимся условиям.

Таблица 9.1

Результаты замеров листьев травянистых и древесных пород

Дата_____ Исполнитель_____ Древесная порода_____

Место сбора_____

№	Ширина половинок		Длина 2-й жилки		Расстояние между основаниями 1- и 2-й жилок		Расстояние между концами 1- и 2-й жилок		Угол между центральной и 2-й жилками		Форма макушки
	*l**	*r**	*l*	*r*	*l*	*r*	*l*	*r*	*l*	*r*	
1											
2											
3											

Примечание: * *l* – левая сторона; *r* – правая сторона.

Таким образом, на основании периодического вычисления показателя можно проследить изменения условий обитания объекта.

При балльной оценке используют таблицу соответствия баллов качества среды значениям коэффициентов асимметрии (табл. 9.2).

Таблица 9.2

Балльная система качества среды обитания живых организмов по показателям флуктуирующей асимметрии высших растений (по А. Б. Стрельцову, 2003)

Виды	Балл				
	1	2	3	4	5
Береза бородавчатая	< 0,055	0,056-0,060	0,061-0,065	0,065-0,070	> 0,070
Все виды растений	< 0,0018	0,0019-0,0089	0,0090-0,022	0,022-0,04	>0,04

Контрольные вопросы

1. Назовите принцип методики – флуктуирующая асимметрия древесных и травянистых форм растений как тест-система оценки качества среды.
2. Перечислите этапы методики – флуктуирующая асимметрия древесных и травянистых форм растений.
3. Какие растения можно использовать для определения чистоты окружающей среды по изученной методике?

Тема 10. Индикация загрязнений окружающей среды по качеству пыльцы растений

Цель занятия. Оценить состояние окружающей среды на основании качества пыльцевых зерен у растений отдельных видов.
Задания: провести оценку загрязненности окружающей среды по качеству пыльцы растений и сделать вывод.
Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, стеклянные палочки, пипетки, пробирки, 5-% раствор йода, пыльца растений, произрастающих в различных биоценозах.

Ход работы

Первоначально берут пыльцу из пыльников, как у культурных растений, так и у дикорастущих. Пыльцу извлекают из пыльников и помещают на предметное стекло. Затем наносят каплю раствора йода (2 мл 5-% йодной настойки разбавляют водой до 10 мл). *Пыльцевые зерна должны находиться в растворе, а не на его поверхности!* Препарат выдерживают под микроскопом. Подсчитывают количество нормальных и абортивных пыльцевых зерен по нескольким полям зрения. (Нормальные – интенсивно окрашены, одинаковые по размеру и форме. Абортивные – не окрашены или окрашены слабо, разных размеров и неправильной формы). После этого подсчитывают процент нормальных зерен по каждому цветку, взятому на анализ.

Обычно у растений, произрастающих в нормальных условиях, пыльца имеет хорошее качество, процент нормальных зерен близок к 100. Повышенное загрязнение среды произрастания снижает процент нормальных зерен до 10%.

Данные занести в таблицу 10.1.

Сделать краткий вывод о загрязненности воздуха диоксидом серы, ориентируясь на следующее:

- не загрязненная окружающая среда – количество нормальных зерен составляет 95-100%;
- при слабом загрязнении содержание нормальных пыльцевых зерен колеблется на уровне 70-95%;
- при среднем загрязнении окружающей среды содержание нормальных пыльцевых зерен колеблется на уровне 15-70%.
- повышенное загрязнение среды произрастания высших растений снижает процент нормальных зерен до 10-15%.

Таблица 10.1

Результаты исследований пыльцы

Вариант (место взятия образца пыльцы и вид растения)	Повторность	Число нормальных зерен, экз.	Число абортивных зерен, экз.	Число всех зерен, экз.	Процент нормальных зерен, %
	I II III среднее				

Контрольные вопросы

1. На каком принципе основана методика определения чистоты окружающей среды с помощью пыльцы высших растений?
2. Назовите микроскопические и макроскопические изменения семенных растений под влиянием загрязнений воздуха. К какому уровню изменений семенных растений относится стерильность пыльцы?

Тема 11. Оценка состояния окружающей среды с использованием генеративных органов сосны обыкновенной

Цель занятия. На основе анализа состояния шишек у сосны обыкновенной оценить степень загрязнения окружающей среды.

Задания: проанализировать состояние генеративных органов сосны обыкновенной с указанием длины и диаметра шишек, сделать вывод по загрязненности окружающей среды.

Материалы и оборудование: образцы шишек сосны обыкновенной, штангенциркули, линейки.

Ход работы

Для проведения исследований подбирают несколько ключевых участков, расположенных удаленно друг от друга или удаленных на разные расстояния от зоны загрязнения. При этом контрольный участок подбирают таким образом, чтобы условия лесопроизрастания и возраст деревьев были сходными с загрязняемым участком. В зимнее время или осенью на каждом участке собирают по 100-200 шишек (по 10 шишек с 10-20 деревьев 30-40 летнего возраста) и определяют линейные размеры штангенциркулем (на занятиях используется собранный материал). После этого находят средний размер одной шишки с контрольного и загрязненного

участка и сравнивают их статистически. Полученные данные заносят в таблицу 11.1.

Делают вывод о загрязненности окружающей среды на ключевых участках, основываясь на следующих принципах:

· не загрязненная окружающая среда – параметры шишек не отклоняются от контрольных больше чем на 5%;

· слабое загрязнение – изменение параметров шишек от контрольных на 5-10%;

· среднее загрязнение окружающей среды – изменение параметров шишек от контрольных на 10-20%;

· повышенное загрязнение среды – изменение параметров шишек от контрольных выше 20%.

Таблица 11.1

Данные состояния генеративных органов сосны обыкновенной

Ключевой участок	Средняя длина шишек, см	Средний диаметр	Отклонение от контроля	
			длины, %	диаметра, %
Контроль				
Вариант 1				
Вариант 2				

Если работу проводят в течение ряда лет, то контрольный участок подбирать не обязательно, так как об изменении среды можно судить по изменениям размеров шишек на одном и том же участке.

Контрольные вопросы

1. На каком принципе основана методика определения чистоты окружающей среды с помощью генеративных органов сосны обыкновенной?
2. Назовите микроскопические и макроскопические изменения семенных растений под влиянием загрязнений воздуха. К какому уровню изменений семенных растений относится изменение размеров генеративных органов сосны обыкновенной?

Тема 12. Индикация загрязнения почвы чувствительными к загрязнению окружающей среды семенами растений

Цель занятия. Оценить состояние почвы на основании всхожести семян чувствительных видов растений.

Задания: проанализировать лабораторную всхожесть с указанием числа проросших и не проросших семян, средней длины корня и побега чувствительных растений и сделать вывод по токсичности почвы.

Материалы и оборудование: семена чувствительных культур (кресс-салата, редиса, сахарной свеклы, огурца, гороха, чечевицы, пшеницы, капусты, фасоли, проса, овса, мака, вики, горчицы), чашки Петри, фильтровальная бумага, линейки, колбы, стеклянные палочки, дистиллированная вода, образцы почвы.

Ход работы

Первоначально делают водную вытяжку из почвы и дистиллированной воды (1:5). Навеску почвы заливают водой и взбалтывают в течение 3-5 мин, затем отстаивают и фильтруют. Семена (25-50 шт.) раскладывают равномерно по чашке Петри на фильтровальной бумаге и заливают водной вытяжкой из исследуемой почвы. Через 10 дней проводят измерение и описание растений, сравнивая с контролем (дистиллированная вода, незагрязненная почва).

Уровни загрязнения почвы, которые можно установить по прорастанию семян:

- нет загрязнения – всхожесть семян достигает 90-100%. Всходы дружные, крепкие, ровные;
- слабое загрязнение – всхожесть 60-90%. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные;
- среднее загрязнение – всхожесть 20-60%. Проростки тоньше и короче, нежели в контроле. Некоторые проростки имеют морфологические изменения;
- сильное загрязнение – всхожесть слабая (до 20%). Проростки мелкие и уродливые.

Данные заносятся в таблицу 12.1 и делают выводы о загрязненности почвы.

Контрольные вопросы

1. На каком принципе основана методика определения загрязнённости почвы по всхожести семян чувствительных растений?
2. Перечислите виды растений, имеющие чувствительные к загрязнениям почвы семена.
3. Назовите микроскопические и макроскопические изменения семенных растений под влиянием загрязнений воздуха. К какому уровню изменений семенных растений относится изменение всхожести семян чувствительных растений?

Таблица 12.1

Влияние загрязненности почвы на лабораторную всхожесть семян чувствительных культур. Культура:_____

Вариант опыта	Повторность	Число семян, экз.	Число проросших семян, экз./%	Число семян, тронувшихся в рост, экз./%	Число полностью проросших семян, экз./%	Средняя длина корешка, мм	Средняя длина побега, мм
Контроль (дистиллированная вода)	I						
	II						
	III						
	Ср.						
	I						
	II						
	III						
	Ср.						

Тема 13. Методики оценки степени загрязнения вод по показателям макрозообентоса

Цель занятия. Ознакомиться с методиками определения чистоты водоемов по Майеру и Вудивиссу.

Задания: изучить методы определения сапробности вод по Майеру и Вудивиссу; определить сапробность водоема при помощи обоих методов, используя данные по видовому составу и численности макрозообентоса.

Материалы и оборудование: данные учетов макрозообентоса в водоемах, бинокуляры, лупы, образцы обитателей донного грунта.

Ход работы

Задание 1. С помощью рекомендуемой литературы, используя образцы обитателей донного грунта и данные учетов макрозообентоса в водоемах (по индивидуальному заданию), определить виды макрозообентоса и выяснить их принадлежность к индикаторам.

Задание 2. Рассчитать загрязненность водоема, используя полученные данные по индикаторным видам макрозообентоса по предложенным методикам Вудивисса и Майера. Сравнить полученные результаты. Сделать вывод о качестве среды обитания бентосных организмов.

Контрольные вопросы

1. Перечислите представителей макрозообентоса в пресном водоеме.
2. Опишите процесс отбора проб макрозообентоса.
3. На каком принципе основана методика определения загрязнённости водоемов с использованием макрозообентоса по Вудивиссу и Майеру?

Тема 14. Индикация состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов клевера белого

Цель занятия. Определить состояние окружающей среды по частотам встречаемости фенов клевера белого.
Задания: изучить методы определения состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов клевера белого; определить загрязненность окружающей среды с помощью индикатора – клевера белого в различных биоценозах.
Материалы и оборудование: данные учетов частоты встречаемости фенов клевера белого, лупы, калькуляторы.

Ход работы

Наблюдения осуществляются путем подсчета форм листьев белого клевера с различным рисунком и без него (рис. 14.1) и последующего расчета частоты их встречаемости в процентах. Диагностику желательно проводить на разных пробных площадках, различающихся антропогенной нагрузкой и положением в ландшафте.

Фены – это четко различающиеся варианты какого-либо признака или свойства биологического вида. Частота встречаемости некоторых фенов является биологическим индикатором воздействия антропогенных факторов, в том числе загрязнения.

В качестве фенотипического биоиндикатора можно использовать широко распространенный белый клевер *Trifolium repens* (клевер ползучий). Форма седого рисунка на пластинках листа и частота встречаемости может использоваться как индикатор загрязнения среды.

Сначала задается направление движения, по которому будет проводиться исследование. Обнаружив экземпляр белого клевера (обычно в виде куртинки), определяют фенотип, к которому он относится (рис. 14.1), и делают отметку в соответствующей графе рабочей таблицы 14.1.

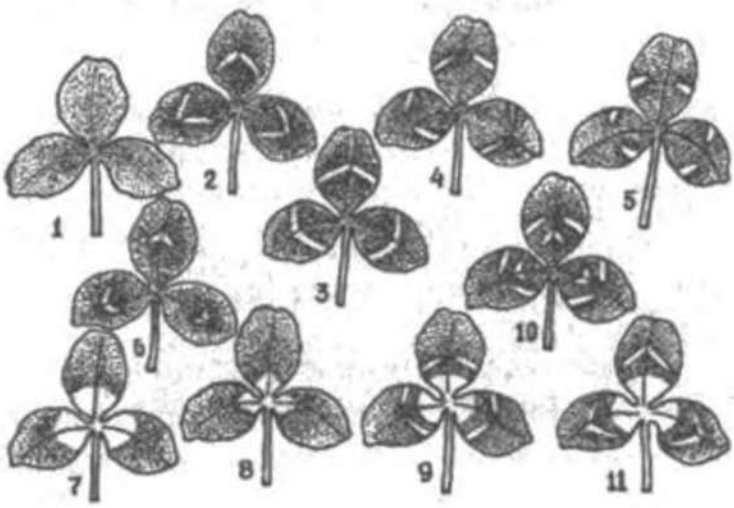


Рис. 14.1. Фенотипы белого клевера

Отсчеты фенов следует проводить не чаще, чем через два-три шага. Эта процедура повторяется по ходу движения в заданном направлении до конца пробной площадки. После этого направление движения меняется, и подсчет продолжается до тех пор, пока будет сделано не менее 200 отсчетов. Если в какой-либо точке площадки обнаруживаются два разных фена, то данный результат не учитывается ввиду переплетения куртинок.

Таблица 14.1

Рабочая таблица учета фенов белого клевера

Изучаемый биоценоз	Фен 1 (без рисунка)	Фен 2	Фен 3	Фен 4	Фен …	«новые» формы

При обнаружении на пробной площадке фенов, не указанных на рисунке 14.1, результаты вносятся в графу «новые формы». Отдельно отмечается наличие растений с какими-либо уникальными фенами (например, с рисунком красного цвета), растения-мутанты с четырьмя, пятью и более листьями и т. д., делается их гербарий с описанием места и даты обнаружения.

Для популяции белого клевера на каждой пробной площадке рассчитываются частоты встречаемости отдельных фенов P_i,

а также суммарная частота встречаемости всех форм с рисунком (индекс соотношения фенов – ИСФ) в процентах:

$$P_i = 100 \cdot n_i / N,$$

$$ИФС = 100 \cdot (n_2 + n_3 + ...) / N$$

где P_i – частота *i-го* фена,

n_i – количество учтенных растений с *i*-м рисунком на листовой пластинке,

N – общее число учтенных растений.

Результаты расчетов вносятся в таблицу 14.2.

Таблица 14.2

Результаты фенотипической диагностики пробной площадки №___

Количество растений						Процент фенотипов				
Фен 1	Фен 2	Фен 3	Фен …	«новые» формы	всего	Фен 2	Фен 3	Фен …	«новые» формы	ИСФ

По величине ИСФ при достаточно большом количестве пробных площадок на исследуемой территории можно выделить наиболее антропогенно нагруженные участки. На чистых территориях величина ИСФ не превышает 30%, на среднезагрязненных 30-70%, а на загрязненных территориях ИСФ может достигать 70-80%.

Контрольные вопросы

1. Как рассчитывается ИФС и что означает данный показатель.
2. Что означает понятие – фен биологического вида?
3. В каких пределах колеблется естественная изменчивость клевера белого?

Тема 15. Использование листьев липы в качестве биоиндикатора солевого загрязнения почвы

Цель занятия. Определить солевое загрязнение почвы с помощью листьев липы.

Задания: изучить методы определения солевого загрязнения почвы с помощью листьев липы; определить загрязненность окружающей среды с помощью индикатора – листьев липы в различных биоценозах.

Материалы и оборудование: данные учетов состояний листьев липы, лупы, калькуляторы.

Ход работы

Липы особенно чувствительны к солевому загрязнению почвы. Показателем реакции липы на солевой фактор является появление краевого хлороза на листьях. Под хлорозом понимается утрата листовой пластинкой зеленой окраски вследствие разрушения хлорофилла и появления желтой окраски, что приводит к отмиранию участков листа в целом и раннему сбрасыванию их на землю.

Исследования лучше всего проводить с половины июля по август, когда лист достигнет своего полного развития. При этом следует внимательно осмотреть по 25-50 листьев липы на 5-10 деревьях и выявить степень повреждения листовых пластинок, данные заносят в таблицы 15.1. и 15.2.

Выделяется 4 степени повреждения, соответствующие характеру засоления почв:

- первая степень загрязнения – на крае листа появляется узкая желтая полоска, в почве отмечаются следы соли;
- вторая – сильный хлороз, проявляющийся в виде широкой краевой полосы, при этом в почве отмечается слабая загрязненность солями;
- третья – обширная зона краевого некроза с желтой пограничной полоской, при этом в почве отмечается средняя загрязненность солями;
- четвертая – большая часть листовой пластинки отмирает, количество соли в почве крайне велико (сильная загрязненность) и граничит с пределами выносливости вида.

Таблица 15.1

Данные учетов листьев липы

Номер дерева	Число повреждённых листьев, экз. степень повреждения листа			
	I	II	III	IV
1				
2				
…				
В среднем				

Кроме этого, существует ещё показатель неблагополучия экологической обстановки – наличие деревьев с двумя стволами (дихотомия), в норме таких деревьев должно быть не более 20%.

Задание 1. По формуле рассчитать средний коэффициент солевого загрязнения почвы (КСЗ):

$$КСЗ = \sum \frac{a_i c_i}{c}$$

где a_i – степень повреждения листа;

c_i – число листьев с *i-ой* поврежденностью;

c – общее количество учтенных листьев.

Сделать вывод об уровне загрязнения почвы солями соответственно усредненному коэффициенту солевого загрязнения почв.

Исследуя характер повреждений листьев липы по кварталам, данные заносят на план населенного пункта. После полного обследования можно получить реальную картину засоления микрорайонов населенных пунктов и выработать предложения по оздоровлению почвы.

Таблица 15.2

Сравнение параметров листьев липы, собранных в биоценозах с разной степенью антропогенной нагрузки

Место сбора проб	Встречаемость хлорозов (2 степень повреждения), %	Встречаемость некрозов (3 степень повреждения), %	Дефолиация (4 степень повреждения), %	Изменение жизненной формы растений (дихотомия), %

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте 4 степени повреждения листовой пластинки липы, соответствующие характеру засоления почв.
2. Как рассчитывается средний коэффициент солевого загрязнения почвы.

Тема 16. Использование почвенных водорослей для биоиндикации состояния почв

Цель занятия. Определить загрязнение почвы с помощью почвенных водорослей.

Задания: изучить метод определения загрязнения почвы с помощью почвенных водорослей; определить загрязненность окружающей среды с помощью индикатора – почвенных водорослей.

Материалы и оборудование: образцы изучаемых почв, микроскопы, предметные и покровные стекла.

Ход работы

Почвенные водоросли, составляя постоянную и активную часть почвенных микроорганизмов, отражают состояние почвенной среды и используются для биодиагностики почв. Альгологический анализ (по водорослям) может быть использован для экологического мониторинга почв. Ниже дается краткое описание методов изучения почвенных водорослей и приводятся примеры использования их в индикационных целях.

На выбранном для сбора проб участке следует подробно описать растительность, рельеф местности, тип почвы. Если имеются макроскопически заметные поверхностные разрастания водорослей в виде общего позеленения почвы, пленок, корочек, собирают поверхностный слой площадью 10-100 $см^2$. Для выявления водорослей в толще целинной почвы берут индивидуальные пробы весом 20-50 г, приуроченные к определенным растительным ассоциациям и к определенному почвенному горизонту. В окультуренных почвах берут смешанный образец весом 20-50 г. Пробы берут стерильным ножом, совком или лопатой.

В полевых условиях стерилизация может быть проведена многократным втыканием ножа в исследуемую почву. Образцы почв отбирают в конверты из плотной бумаги. На конверте делается надпись простым карандашом: номер образца, дата сбора, глубина взятия.

Видовой состав водорослей определяется при изучении свежевзятой почвы (прямое микроскопирование) и с использованием культуральных методов. Просмотр небольшой порции свежевзятой почвы под микроскопом в капле воды дает представление о доминирующих видах. Методом прямого микроскопирования

изучаются водоросли, образующие макроскопически заметные поверхностные разрастания на почве, и водоросли, образующие заметные талломы.

Главным методом выявления видового состава водорослей является метод культур. При постановке культур пользуются общепринятыми приемами микробиологической техники, касающимися стерильности посуды, питательных растворов, воды и инструментов (автоклавирование или кипячение и стерилизация спиртом).

Задача культивирования заключается в получении интенсивного роста всех имеющихся в почве водорослей. Наиболее простым методом выявления видового состава водорослей является метод «стекол обрастания». Исследуемую почву помещают в стерильные чашки Петри, увлажняют дистиллированной водой (если почва сухая). На поверхности почвы раскладывают стерильные покровные стекла в количестве 4-8 на чашку. Стерилизация покровных стекол может быть проведена спиртом или легким прокаливанием в пламени спиртовки. Стекла положить так, чтобы между стеклами и почвой оставались свободные пространства – «влажные камеры». Через 5-7 дней можно начать просмотр стекол под микроскопом. Покровное стекло снимают с поверхности почвы пинцетом, удаляют крупные частички почвы и кладут на предметное стекло в каплю воды. Для полного выявления видового состава водорослей в почве достаточно 3-6 недель культивирования. Метод «стекол обрастания» дает возможность выявить активную альгофлору исследуемой почвы, определить виды-доминанты, выявить видовой состав водорослей.

Принцип метода основан на учете видового разнообразия водорослей-индикаторов и их индикаторной значимости.

Задание. Проанализировать имеющиеся данные по видовому составу и численности водорослей в образцах почвы и при помощи приложений 6-9, сравнивая имеющиеся данные и приведенные примеры водорослей-индикаторов, сделать выводы о почвенных характеристиках, изучаемых агро- и биогеоценозах.

Контрольные вопросы

1. Какие водоросли относятся к индикаторам чистых почв?
2. Назовите методы выявления видового состава водорослей почвы.
3. Перечислите экологические группировки почвенных водорослей.

Тема 17. Биоиндикация токсичности природных вод с помощью дафний

Цель занятия. Определить токсичность природных вод с помощью дафний.

Задания: изучить биоиндикационную методику токсичности природных вод с использованием дафний; определить загрязненность пресных водоемов с помощью биотеста – дафний.

Материалы и оборудование: образцы воды изучаемых водоемов, культура дафний, лабораторная посуда.

Ход работы

Дафнии – наиболее часто используемый тест-объект для определения токсичности воды. Метод позволяет определить токсичность сточных и природных вод. Критерием острой токсичности является гибель 50% и более дафний в анализируемой воде по сравнению с контролем в течение 24, 48 или 96 ч.

Исходный материал желательно приобрести в специальных учреждениях и организациях. Для получения своей культуры дафний из самого чистого в вашей местности водоема с помощью гидробиологического сачка отлавливают дафний и помещают в стеклянные емкости, которые заполняют под пробку водой из этого же водоема. Одновременно отбирают 5-10 л воды для последующей посадки дафний.

Дафнии отделяют декантированием (отстаиванием) жидкости. Затем отобранную природную воду фильтруют через фильтр и заполняют ею подготовленные стеклянные сосуды емкостью 3-5 л примерно на одну треть объема, куда переносят дафний с помощью стеклянной трубки с внутренним диаметром 0,5-0,7 см с оплавленным концом. Начальная плотность посадки – 6-10 особей на 1 л воды.

Спустя 5-7 суток, в течение которых дафнии привыкают к лабораторным условиям существования и начинают размножаться, в сосуды доливают воду для дальнейшего культивирования.

При поддержании культуры в помещении не должно быть вредных газов и токсичных паров. Оптимальная температура 20± 2°С, продолжительность светового дня 12-14 ч (не освещать культуру прямыми солнечными лучами). Посуду для содержания дафний нельзя мыть моющими веществами и органическими раство-

рителями, лучше мыть питьевой содой, при особом загрязнении – хромовой смесью или соляной кислотой. Для культивирования дафний используют водопроводную воду, предварительно отстоянную не менее 7 суток и насыщенную кислородом (pH = 7,0-8,2; жесткость общая – 3-4 мг-экв/л; концентрация растворенного кислорода не менее 6,0 мг/л). Раз в 7-10 суток половину объема воды с культурой дафний заменяют на свежую, удаляют скопившийся на дне осадок и при большой плотности (более 25 самок) культуру прореживают. Не следует производить аэрацию воды в сосудах.

Кормом для дафний служат зеленые водоросли (хлорелла) и хлебопекарные дрожжи. Для приготовления дрожжевого корма берут 1 г свежих или 0,3 г воздушно-сухих дрожжей, заливают их 100 мл дистиллированной воды. После набухания дрожжи тщательно перемешивают, дают отстояться в течение 30 мин.

Надосадочную жидкость добавляют в сосуды с дафниями в количестве 3 мл на 1 л воды. Кормят дафний 1-2 раза в неделю. Для выращивания зеленых водорослей требуется сложная методика, поэтому при возможности приобретают их в одной из лабораторий и хранят в холодильнике (срок хранения 14 суток). Вносят 1 мл суспензии водорослей на 1 л воды.

При невозможности культивирования дафний можно допустить использование только что отловленных дафний.

Пробу природной (сточной) воды отбирают объемом до 1 л. До биотестирования возможно хранение ее не более 6 часов при температуре 4°С.

Далее пробу фильтруют через фильтровальную бумагу и заливают в емкости для биотестирования.

Берут 3 сосуда для исследуемой воды и 3 сосуда для контрольной пробы, не содержащей токсичных веществ. Наливают в них по 100 мл исследуемой воды и по 100 мл чистой воды для контроля. Исследуемую воду можно разбавить водой, не содержащей токсичных веществ.

Контрольную (разбавляющую) воду готовят отстаиванием водопроводной воды средней (не более 3,0 мг-экв/л) жесткости (в течение 7 суток), проверяя pH (7,0-8,2), температуру (20°С), содержание кислорода (не менее 2 мг/л – при снижении делают продувку с помощью микрокомпрессора). В процессе биотестирования продувку делать не рекомендуется.

В каждый сосуд помещают по 10 особей дафний. Их переносят стеклянной трубкой диаметром 5-7 мм сначала в сачок, а затем в сосуды, погрузив его в воду. Наблюдают за ходом эксперимента через 24, 48 или 96 часов. Дафний во время эксперимента не кормят. По окончании эксперимента проводят учет выживших дафний. Выжившими считаются дафнии, если они свободно передвигаются в толще воды или всплывают со дна сосуда не позднее 15 с после его легкого покачивания. Проведение подсчета. На основании полученных результатов в 3-х повторностях рассчитывают среднее арифметическое количество выживших дафний в контроле и опыте. Для расчета тест-параметра – процента гибели дафний в опыте по отношению к контролю – используют формулу:

$$Острая\ токсичность = 100 \cdot (X_1 - X_2) / X_1,$$

где X_1 и X_2 – среднее арифметическое количество (экз.) выживших дафний в контроле и опыте.

При определении пригодности биообъекта для тестирования, а также для показа в демонстрационном эксперименте используют токсичное вещество – дихромат калия ($K_2Cr_2O_7$). В разбавленных до 1-2,5 мг/л растворах гибель дафний должна приближаться к 50%. Разбавленный раствор дихромата калия получают, добавляя 1-2,5 мл маточного раствора (1 г $K_2Cr_2O_7$ в 1 л дистиллированной воды) к 1 л контрольной воды.

Проба воды оценивается как обладающая острой токсичностью, если за 24 ч биотестирования в ней гибнет 50% и более дафний по сравнению с контролем. Если в течение опыта в контрольном варианте произошла гибель более 10% дафний, то полученные результаты не учитывают, опыт повторяют, предварительно проверив пригодность тест-объекта для биотестирования.

В заключении делается вывод о токсичности изучаемого образца воды.

Контрольные вопросы

1. На каком принципе основана методика определения токсичности природных вод с помощью дафний?
2. Назовите другие биологические организмы, пригодные для биотестирования токсичности воды в лабораториях.

Приложение 1

Некоторые наиболее часто встречаемые в средней полосе России растения-индикаторы наличия питательных веществ в почве

Вид	Индикаторная значимость
1	2
Эвтрофы – индикаторы большого количества питательных веществ	
Герань лесная *(Geranium sylvaticum)*	1
Горец перечный (водяной перец) *(Polygonum hydropiper)*	1
Грушанка круглолистная *(Pyrola rotundifolia)*	1
Дурман обыкновенный *(Datura stramonium)*	1
Звездчатка дубравная *(Stellaria nemorum)*	1
Иван-чай узколистный (*Chamerion angustifolium)*	1
Крапива *(Urtica* sp.)	1
Купена многоцветковая *(Polygonatum multiflorum)*	1
Ландыш майский *(Convallaria majalis)*	1
Мятлик обыкновенный *(Poa trivialis)*	1
Осока лисья *(Carex vulpina)*	1
Папоротник страусник *(Struthiopteris filicastrum)*	1
Подбел обыкновенный *(Andromeda polifolia)*	1
Пролесник многолетний *(Mercurialisperennis)*	1
Таволга обыкновенная *(Filipendula vulgaris)*	1
Фиалка удивительная (*Viola mirabilis)*	1
Мезотрофы – индикаторы среднего достатка питательных веществ	
Бересклет бородавчатый *(Euonymus verrucosa)*	2
Ветреница лютичная *(Anemone ranunculoides)*	2
Грушанка круглолистая *(Pyrola rotundifolia)*	2
Земляника *(Fragaria* sp.)	2
Калужница болотная *(Caltha palustris)*	2
Клевер средний (*Trifolium medium)*	2
Купальница европейская (*Trollius europaeus)*	2
Лапчатка прямостоячая (калган) *(Potentilla erecta)*	2
Папоротник щитовник мужской *(Dryopterisfilix mas)*	2
Подмаренник настоящий *(Galium mollugo)*	2
Смолевка поникшая *(Silene acaulis)*	2
Сфагнум береговой *(Sphagnum)*	2
Щавель кислый *(Rumex acetosa)*	2
Олиготрофы – индикаторы низкого достатка питательных веществ	
Брусника (*Vaccinium vitis-idaea)*	3
Клевер пашенный (*Trifollium arvense)*	3
Клюква болотная (*Oxycoccus palustris)*	3
Лишайник кладония *(Cladonia* sp.)	3
Осока топяная (*Carex limosa)*	3
Плаун булавовидный *(Lycopodium clavatum)*	3

Окончание прил. 1

1	2
Черника (*Vaccinium myrtillus*)	3
Щавель малый *(Rumex asetosella)*	3
Ястребинка волосистая *(Hieracium pilosella)*	3
Эвритрофы – растения, развивающиеся на почвах различного достатка	
Клевер ползучий (*Trifolium repens)*	4
Душистый колосок обыкновенный *(Anthoxantum odoratum)*	4
Лапчатка серебристая *(Potentilla argentea)*	4
Лютик едкий *(Ranunculus acris)*	4
Лютик ползучий *(R. repens)*	4
Овсяница луговая *(Festuca pratensis)*	4
Пастушья сумка *(Capsella bursa-pastoris)*	4
Тысячелистник обыкновенный *(Achillea millefolium)*	4

Приложение 2

Некоторые представители растений-индикаторов кислотности почвы

Вид	Индикаторная значимость
1	2
Крайние ацидофилы (pH 3,0-4,0)	
Марьянник луговой *(Melampyrum pratense)*	1
Осока волосистоплодная (*Carex lasiocarpa)*	1
Плаун булавовидный *(Lycopodium clavatum)*	1
Росянка круглолистная *(Drosera rotundifolia)*	1
Черника (*Vaccinium myrtillus)*	1
Умеренные ацидофилы (pH 4,5-6,0)	
Багульник болотный *(Ledum palustre)*	2
Вейник незамеченный (*Calamagrostis neglecta)*	2
Грушанка малая *(Pyrola minor)*	2
Калужница болотная (*Caltha palustris)*	2
Лютик едкий *(Ranunculus acris)*	2
Осока двурядная (*Carex disticha)*	2
Осока ложносытевидная (*Carex pseudocyperus)*	2
Подмаренник трехнадрезанный (*Galium trifidum)*	2
Седмичник европейский (*Trintalis europaea)*	2
Слабые ацидофилы (pH 5,0-6,7)	
Белокрыльник болотный (*Calla palustris)*	3
Ветреница лютичная *(Anemone ranunculoides)*	3
Горец змеиный (раковые шейки) *(Polygonum bistorta)*	3
Звездчатка дубравная *(Stellaria nemorum)*	3
Кипрей мелкоцветковый *(Epilobium parviflorum)*	3

Окончание прил. 2

1	2
Медуница неясная *(Pulmonaria obscura)*	3
Осока желтая (*Carex flavella)*	3
Сабельник болотный (*Comarum palustre)*	3
Ситник скученный *(Juncus conglomerate)*	3
Скерда болотная (*Crepis paludosa)*	3
Ацидофилнейтральные (pH 4,5-7,0)	
Вейник наземный *(Calamagrostis epigeios)*	4
Иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium)*	4
Крапива жгучая (*Urtica mens)*	4
Ландыш майский *(Convallaria majalis)*	4
Марь красная (*Chenopodium rubrum)*	4
Мятлик расставленный *(Poa remota)*	4
Овсяница луговая *(Festuca pratensis)*	4
Хмель вьющийся *(Humulus lupulus)*	4
Ястребинка луговая *(Hieracium pratense)*	4
Околонейтральные (pH 6,0-7,3)	
Василисник малый *(Thalictrum minus)*	5
Клевер горный *(Trifolium montanum)*	5
Мыльнянка лекарственная *(Saponaria officinalis)*	5
Очиток едкий *(Sedum acre)*	5
Полынь шелковистая *(Artemisia sericea)*	5
Полынь широколистная *(A. latifolia)*	5
Смолевка поникшая *(Silene acaulis)*	5
Таволга обыкновенная *(Filipendula vulgaris)*	5
Чертополох поникший (*Carduus nutans)*	5
Нейтрально-базофильные (pH 6,7-7,8)	
Василек русский (*Centaurea ruthenica)*	6
Грушанка зеленоцветковая *(Pyrola chlorantha)*	6
Кизильник среднерусский *(Cotoneaster alaunicus)*	6
Люцерна серповидная *(Medicago falcata)*	6
Мать-и-мачеха *(Tussilagofarfara)*	6
Молочай тонкий *(Euphorbia subtilis)*	6
фиалка скальная (*Viola rupestris)*	6
Ястребинка зонтиковидная *(Hieracium cymosum)*	6
Базофильные (pH 6,7-8,5)	
Астра солончаковая *(Aster tripolium)*	7
Болотница пятицветковая *(Eleocharis quinqueflora)*	7
Лапчатка белая *(Potentilla alba)*	7
Лен многолетний *(Linum perenne)*	7
Меч-трава обыкновенная *(Cladium mariscus)*	7
Многоножка обыкновенная *(Polypodium vulgaris)*	7
Плевел трансильванский *(Lotium transsilvanica)*	7
Пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis)*	7

Приложение 3

Некоторые растения-индикаторы влажности почвы

Вид	Индикаторная значимость
1	2
Гигрофиты	
Бодяк болотный *(Cirsium palustre)*	1
Болотница болотная *(Eleocharispalustris)*	1
Вахта трехлистная *(Menyanthes trifoliata)*	1
Вейник незамеченный *(Calamagrostis neglecta)*	1
Герань болотная *(Geranium palustre)*	1
Горец земноводный *(Polygonum amphibium)*	1
Горец змеиный (раковая шейка) *(P. bistorta)*	1
Горец перечный (водяной перец) *(P. hydropiper)*	1
Дербенник иволистный (плакун-трава) *(Lythrum salicaria)*	1
Звездчатка длиннолистная (раскидистая) *(Stellaria longifolia)*	1
Звездчатка толстолистная *(St. crassifolia)*	1
Калужница болотная *(Caltha palustris)*	1
Камыш лесной *(Scirpus sylvaticus)*	1
Камыш озерный *(S. lacustris)*	1
Кипрей мелкоцветковый *(Epilobium parviflorum)*	1
Лисохвост коленчатый *(Alopecurus geniculatus)*	1
Лютик жгучий *(Ranunculus flammula)*	1
Лютик ядовитый *(R. sceleratus)*	1
Мятлик обыкновенный *(Poa trivialis)*	1
Незабудка болотная *(Myosotispalustris)*	1
Незабудка дернистая *(M. caespitosa)*	1
Осока вздутая *(Carex rostrata)*	1
Осока лисья *(C. vulpina)*	1
Осока пузырчатая *(C. vesicaria)*	1
Осока топяная *(C. limosa)*	1
Осока удлиненная *(C. elongata)*	1
Подмаренник болотный *(Galium palustre)*	1
Пушица широколистная *(Eriophorum latifolium)*	1
Рогоз узколистный *(Typha angustifolia)*	1
Росянка круглолистная *(Drosera rotundifolia)*	1
Сабельник болотный *(Comarum palustre)*	1
Ситник жабий *(Juncus bufonius)*	1
Ситник скученный *(Juncus conglomerate)*	1
Сусак зонтичный *(Butomus umbellatus)*	1
Сушеница топяная *(Gnaphalium uliginosum)*	1
Таволга вязолистная *(Filipendula ulmaria)*	1
Тростник обыкновенный *(Phragmites australis)*	1
Частуха подорожниковая *(Alisma plantago-aquatica)*	1
Череда поникшая *(Bidens cernua)*	1

Окончание прил. 3

1	2
Ксерофиты	
Молочай тонкий *(Euphorbia subtilis)*	2
Мятлик луковичный *(Poa bulbosa)*	2
Мятлик сплюснутый *(P. compressa)*	2
Очиток едкий *(Sedum acre)*	2

Приложение 4

Наиболее часто встречаемые растения-индикаторы механического состава почв

Вид	Индикаторная значимость
1	2
Пелитофиты – на тяжелых суглинках и глинах	
Звездчатка средняя (мокрица) (*Stellaria media)*	1
Копытень европейский (*Asarum europaeum)*	1
Лебеда серая *(Atriplex incana)*	1
Осока просяная *(Carexpanicea)*	1
Пузырник ломкий *(Cystopteris fragilis)*	1
Алевритофиты – на легких почвах	
Астрагал датский *(Astragalus danicus)*	2
Клевер пашенный (*Trifolium arvense)*	2
Коровяк обыкновенный (медвежье ухо) (*Verbascum thapsus)*	2
Купена лекарственная *(Polygonatum officinale)*	2
Лапчатка серебристая *(Potentilla argentea)*	2
Льнянка обыкновенная *(Linaria vulgaris)*	2
Очиток едкий *(Sedum acre)*	2
Смолевка лежачая *(Silene procumbens)*	2
Ястребинка зонтиковидная (*Hieracium cymosum)*	2
Псаммофиты – обитатели песков	
Белокопытник ложный *(Petasites spurius)*	3
Грушанка зеленоцветковая (*Pyrola chlorantha)*	3
Житняк сибирский *(Agropyron sibiricum)*	3
Лапчатка песчаная *(Potentilla arenarid)*	3
Пырей ситниковидный *(Agropyron juncеum)*	3
Фиалка песчаная (*Viola arenaria)*	3
Цмин песчаный (бессмертник) *(Helichrysum arenarium)*	3

Приложение 5

Определитель симптомов недостатка элементов питания

В определителе даются главные признаки.

1. Симптомы развиваются на нижних, развитых листьях позже на всем растении…… 2
1.1. Симптомы локализуются на молодых листьях…… 5
1.2. Верхушечные почки не отмирают…… 6
1.3. Симптомы на верхних и нижних листьях . …… 7
2. Нижние листья желтеют. Болеет все растение…… 3
2.1. Симптомы локализованы на нижних листьях, начиная с их краев.. 4
3. Пожелтение начинается с нижних листьев, с их верхушек и распространяется на следующие (кверху) листья. У кукурузы на нижних листьях желтеет нейтральней жилка при зеленых краях. У некоторых культур (в том числе древесных) появляется красноватый или багровый пигмент. Рост и плодоношение резко ухудшены. Стебли и побеги тонкие, деревянистые. Раннее опадение листьев……..недостаток азота
3.1. Нижние листья мелкие, темно-зеленые, серовато-зеленые. У некоторых растений (овощных и др.) нижние поверхности листьев и стебли приобретают пурпурно-красный цвет. Рост заторможен. У картофеля на клубнях появляются ржаво-желтые пятна. При длительном голодании у плодовых формируются тонкие побеги с мелкими или ивообразными листьями, которые становятся оранжево-желтыми……недостаток фосфора
4. Вдоль краев листьев появляется потемнение, позже образуется отмершая ткань – «краевой ожог». У хлопчатника нижние листья ломкие, закрученные книзу, с желтоватой крапчатостью между жилок. У картофеля нижние листья с впалыми жилками. Вначале верхушки и края листьев, а позже все растение приобретают бронзовую окраску. У томата плоды деформированы с черными пятнами. У плодовых нижние листья сморщенные, с неровными краями. Побеги тонкие……недостаток калия
4.1. Ткани между жилками нижних листьев желтеют, белеют; жилки зеленые. Листья хрупкие с загнутыми краями кверху. У хлопчатника и некоторых других растений нижние листья приобретают багряно-пурпуровую окраску. Жилки зеленые. У плодовых на крупных листьях между жилками развивается некроз. Ранний опад заболевших листьев начинается от основания побега, на верхушках

которого остается розетка тонких темно-зеленых листьев……недостаток магния

5. У проростков кукурузы 3-4-й лист белый, без хлорофилла («белые ростки»); позже самый верхний лист сухой, скрученный, а нижние листья желто-бурые. У картофеля нижние листья хлоротичны; на средних и верхних серо-бурые, бронзовые пятна. У овощных и бобовых молодые листья ненормально мелкие, с желтыми крапинками или все желтые. Рост прекращается рано. У плодовых из мелких, узких листьев развивается «розеточность» на верху побегов, у основания побеги оголяются; ветвление ослаблено. Заболевание обостряется на карбонатных, сильно известкованных почвах, при высоких дозах фосфора и меди …… недостаток цинка

5.1. У однолетних полевых, кормовых и овощных культур разрушаются ткани верха стеблей, и они, теряя тургор, сгибаются, позже отмирают. Кончики листьев ослизняются и могут склеиваться (например, у кукурузы). Новые побеги теряют тургор, вянут. В мякоти клубней картофеля появляются бурые участки вблизи пуповины. У плодовых на кончиках и краях верхушечных листьев заметны некротичные, отмершие ткани. Верхушки побега и концы повреждаются, позже отмирают ……недостаток кальция

5.2. У всех растений верхушечные точки роста и почки отмирают. Клубни картофеля мелкие, с трещинами. У капусты цветной образуется коричневая, рыхлая головка и трещины внутри стебля и главного корня. У корнеплодов на отмерших верхушечных тканях развивается заболевание «гниль сердечка». У других растений при погибшей верхушечной почке развиваются боковые побеги, что придает растению вид низкорослого куста. Почки боковых побегов также отмирают. Листья хлоротичные, ломкие. Бобовые образуют мало цветков и семян. У плодовых слабое цветение и плодоношение. На плодах образуются некрозные пятна, на яблоках – участки пробковой ткани и трещины. У цитрусовых – потеки камеди……недостаток бора

6. Верхние листья хлоротичны. Жилки сначала зеленые, позже желтеют (при острой голодании). Пожелтение распространяется на средние и нижние листья. Некрозы бывают редко. Ослаблено образование побегов у цитрусовых, слабые побеги могут отмирать. Симптомы появляются на щелочных или сильно известкованных почвах ……недостаток железа

6.1. Верхние листья зелено-желтые, желтые, сероватые. Жилки зеленые. Позже хлороз переходит на нижние листья. У зерновых колосья мелкие, верхний лист-«флаг» рано буреет. У хлопчатника

Окончание прил. 5

47

верхние листья серо-желтые или красновато-серые с зелеными жилками. У картофеля болеют только верхние молодые листья: на хлоротичной ткани появляется множество мелких бурых крапинок. У чайного куста желтеют самые молодые листья – флеши, начиная с их верхушек; жилки еще зеленые .....недостаток марганца

6.2. Злаковые на торфяниках или на почвах, богатых неразложившимся органическим веществом, не образуют соцветий или они остаются недоразвитыми. У всех растений верхние листья бледные, соцветия уродливые. Молодые листья у картофеля и овощных теряют тургор, увядают. Рост растений замедлен. У бобовых верхние листья могут увядать, засыхать без пожелтения; сильное опадение листьев. У цитрусовых на стеблях, ветвях и плодах (они уродливы) пятна смоловидной камеди .....недостаток меди

7. У хлопчатника молодые листья желто-серые или красновато-серые с зелеными жилками. У картофеля медленно развивается общее пожелтение листьев и жилок, как при недостатке азота, но листья не засыхают. Рост прекращен. При остром недостатке – на листьях пятнистость. У овощных нижние листья толстые, твердые, постепенно желтеют. Стебли твердые, деревянистые, ненормально удлиненные, веретенообразно скрученные. Корневая система сильно развита. У бобовых молодые листья и их жилки светло-зеленые или желтые. У цитрусовых молодые листья более светло-желтые, чем при недостатке азота.....недостаток серы

7.1. У капусты цветной уменьшается листовая пластинка – сначала у взрослых листьев, затем у молодых, а у самых молодых остается только центральная жилка без пластинки. Головка капусты темная, рыхлая. У других овощных молодые зеленые листья становятся крапчатыми. На нижних листьях также появляется крапчатость. Все листья становятся чашеобразными .....недостаток молибдена

Приложение 6

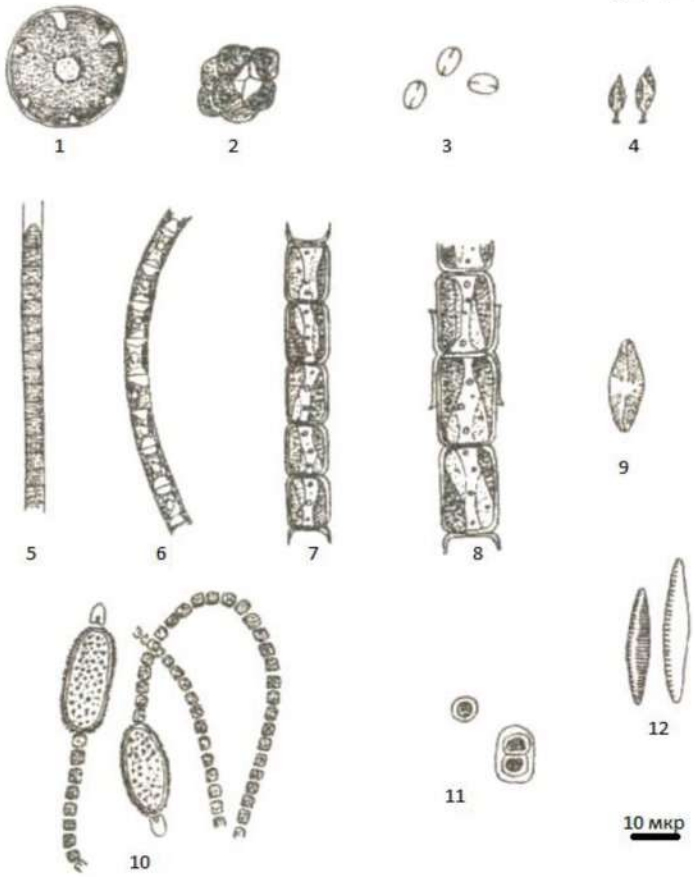


Рис. П.6.1. Водоросли, специфичные для участков различного увлажнения торфяников:

- слабое увлажнение (40%)
1. *Actinochloris sphaerica;*
2. *Chlorosarcinopsis minor;*
3. *Navicula pelliculosa;*

- среднее (60%)
5. *Phormidium boryanum;*
6. *Klebsormidium flaccidum f. nitens;*
7. *Tribonema ulotrichoides;*

- сильное (80%)
10. *Cylindrospermum majus*;
11. *Gleocapsa minuta*;
12. *Nitzschia palea.*

4.*Characiopsis minutissima*;
8. *Bumilleria sicula*;
9. *Zuticola mutica*;

Приложение 7

Рис. П.7.1. Водоросли – показатели переувлажнения минеральных почв:

1. *Anabaena variabilis f. variabilis*;
2. *Cylindrospermum stagnale*;
3. *Oscillatoria limosa*;
4. *Phormidium splendidum*;
5. *Pseudanabaena galeata*;
6. *Closterium pusillium*;

7. *Cosmarium cubcrenatum*;
9 . *Mesotaenium macrococcum*;
11. *Cylindrocystis crassa*;
8. *Cosmarium cucurbita*;
10. *Cylindrocystis brebissoni*;
12. *Tetraedron minimum*.

Приложение 8

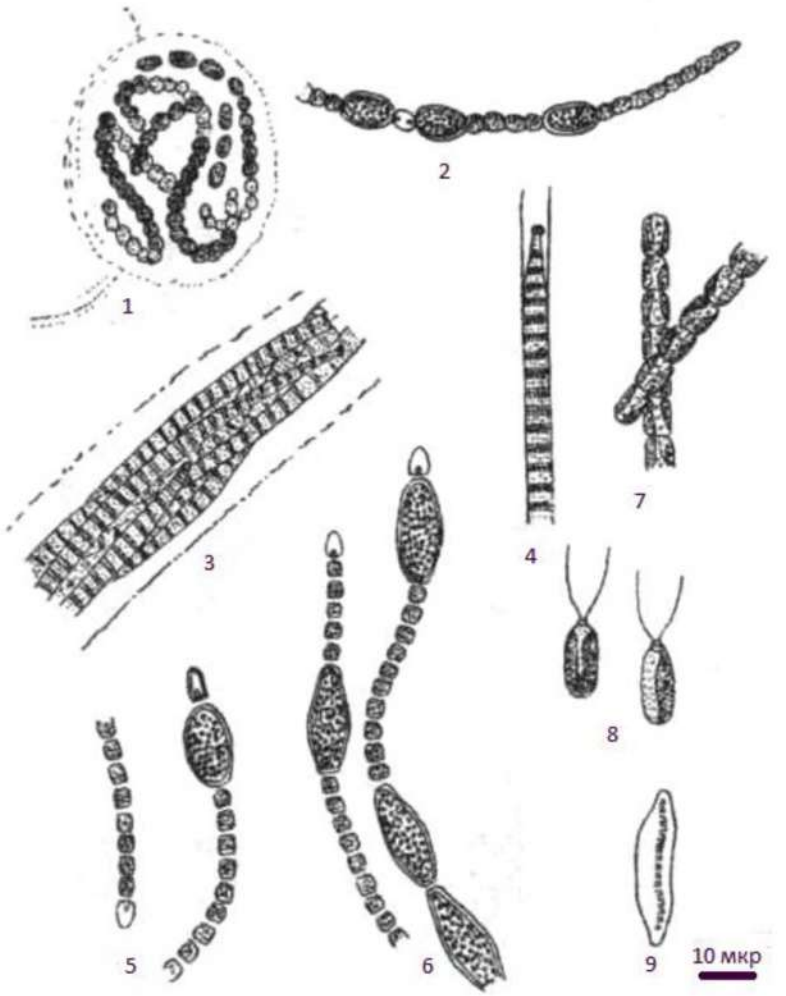


Рис. П.8.1. Водоросли, вызывающие «цветение» пахотных почв:

1. *Nostoc sp.;*
2. *Anabaena sphaerica*;
3. *Microcoleus vaginatus*;
5. *Cylindrospermum muscicola*;
6. *Cylindrospermum catenatum*;
7. *Xanthonema exilis*;

4. *Phormidium autumnale*;
8. *Chlamydomonas gloeogama*;
9. *Hantzschia amphioxys*.

Приложение 9

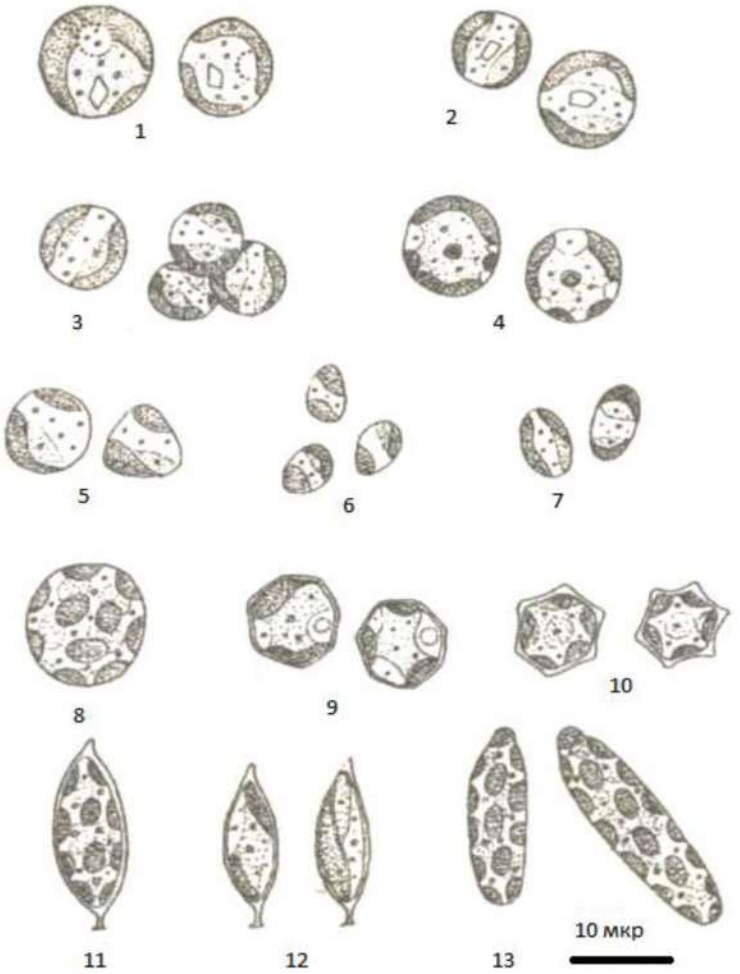


Рис. П.9.1. Желто-зеленые водоросли – показатели чистых почв:

1. *Eustigmatos magnus*;
2. *Pleurochloris imitans*;
3. *Pleurochloris anomala*;
4. *Pleurochloris pyrenoidosa*;
5. *Pleurochloris inaequalis*;
7. *Ellipsoidion oocystoides*;
8. *Botrydiopsis eriensis*;
9. *Vischeria helvetica*;
10. *Polyedriella irregularis*;
11. *Characiopsis saccata*;

6. *Monodus chodatii;*

12. *Characiopsis minuta;*
13. *Bumilleriopsis brevis.*

Рекомендуемая литература

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

2. Каплин, В. Г. Биоиндикация состояния экосистем / В. Г. Каплин. – Самара, 2001. – 143 с.

3. Перцева, Е. В. Определитель макрозообентоса пресных водоемов : учебно-методическое пособие / Е. В. Перцева, Г. А. Бурлака. – Самара : РИЦ СГСХА, 2012. – 270 с.

Оглавление

Предисловие..... 3
Тема 1. Методы учета микро- и мезофауны в наземных экосистемах и обитающих в почве физиологически водных беспозвоночных..... 5
Тема 2. Биоиндикация основных свойств почвы с использованием беспозвоночных животных 6
Тема 3. Определение свойств почвы с помощью растений-индикаторов 8
Тема 4. Биодиагностика обеспеченности почвы микро- и макроэлементами..... 10
Тема 5. Биологический контроль водоема методом сапробности..... 11
Тема 6. Оценка трофических свойств водоема с использованием высших растений..... 12
Тема 7. Определение загрязненности воздуха диоксидом серы с использованием древесных хвойных растений..... 17
Тема 8. Определение загрязненности воздуха диоксидом серы с использованием эпифитных лишайников..... 19
Тема 9. Флуктуирующая асимметрия древесных и травянистых форм растений как тест-система оценки качества среды..... 21
Тема 10. Индикация загрязнений окружающей среды по качеству пыльцы растений..... 26
Тема 11. Оценка состояния окружающей среды с использованием генеративных органов сосны обыкновенной..... 27
Тема 12. Индикация загрязнения почвы чувствительными к загрязнению окружающей среды семенами растений..... 28
Тема 13. Методики оценки степени загрязнения вод по показателям макрозообентоса..... 30
Тема 14. Индикация состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов клевера белого..... 31
Тема 15. Использование листьев липы в качестве биоиндикатора солевого загрязнения почвы..... 33
Тема 16. Использование почвенных водорослей для биоиндикации состояния почв..... 36
Тема 17. Биоиндикация токсичности природных вод с помощью дафний..... 38
Приложения..... 41
Рекомендуемая литература 53

Учебное издание

Перцева Елена Владимировна

Биоиндикация экосистем

Методические указания для проведения лабораторных занятий

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 17.03.2016. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,20, печ. л. 3,44.
Тираж 30. Заказ №117.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
Тел.: (84663) 46-2-47

Факс 46-6-70
E-mail: ssaariz@mail.ru

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

Кафедра «Растениеводство и земледелие»

Н. В. Васина

РАСТЕНИЕВОДСТВО

Методические указания для прохождения учебной практики

Кинель
РИО СамГАУ
2019

УДК 633.2/3 (075.32)
ББК 42.2 я 723
В19

Васина, Н. В.

В19 Растениеводство : методические указания / Н. В. Васина. – Кинель : РИО СамГАУ, 2019. – 36 с.

Методические указания предназначены для студентов проходящих учебную практику по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности, по растениеводству.

Учебное издание предназначено для обучающихся по направлению 35.03.04 Агрономия.

Методические указания содержат задания для выполнения индивидуальных работ, список рекомендованной учебной литературы, вопросы для самоконтроля и подготовки к зачету.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Васина Н. В., 2019

Предисловие

Методические указания к прохождению практики по дисциплине «Растениеводство» для обучающихся составлены в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, профилю подготовки «Агрономия».

Издание предназначено для освоения обучающимися профессиональных знаний по растениеводству, для ознакомления с посевами основных сельскохозяйственных культур и на основании собственных наблюдений научится давать им агрономическую оценку.

В методических указаниях изложены методики и техники проведения практических работ, дан перечень необходимых для их проведения справочных материалов и оборудования. Каждая работа завершена контрольными вопросами для оценки знаний изученного в ней материала.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Целью учебной практики является продолжение изучения курса «Растениеводство» в полевых условиях. Она дает возможность студентам ознакомиться с основными полевыми культурами на поле научно-исследовательской лаборатории «Корма» кафедры растениеводства и земледелия Сам ГАУ, а так же принять непосредственное участие в научно-исследовательской работе кафедры и ознакомиться с некоторыми технологическими операциями по возделыванию полевых культур.

Задачами учебной практики являются изучение:

- морфологических и биологических особенностей полевых культур;
- современных технологий выращивания полевых культур;

МЕСТО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ В СТУКТУРЕ ОПОП БАКАЛАВРИАТА

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков (Растениеводство) проводится в соответствии с учебным планом и графиком учебного процесса.

Необходимыми условиями для прохождения учебной практики являются следующие входные знания, умения, навыки обучающегося:

Знание:

- закономерностей внешнего и внутреннего строения растений;
- развития в течение геологического времени (эволюция) и родственные связи (филогенез), особенности прошлого и современного распространения по земной поверхности (география растений, взаимоотношения со средой (экология растений);
- сложения растительного покрова;

Умение:

- различать основные органы растений по морфологическим признакам;
- описывать данные, оформлять, представлять результаты работы на языке символов (терминов, формул), введенных и используемых в курсе;

- рассчитывать, определять, находить, вычислять, оценивать характеристики, величины, состояния, используя известные модели, методы, средства, приемы, закономерности;

- выбирать способы, методы, приемы, средства, критерии для решения задач курса;

- пользоваться справочной и методической литературой;

- контролировать, проверять, осуществлять самоконтроль до, в ходе и после выполнения работы.

Владение:

- систематикой царства растений;

- организацией планирования, анализом, самооценкой своей учебно-познавательной деятельности;

- систематизацией полученных результатов.

ФОРМЫ, МЕСТО И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков (Растениеводство) проводится на государственном стационаре ФГБОУ ВО Самарский ГАУ на поле научно-исследовательской лаборатории «Корма» кафедры растениеводства и земледелия.

Руководство учебной практикой осуществляется преподавателями кафедры «Растениеводство и земледелие» агрономического факультета.

Руководители практики осуществляют контроль за работой обучающихся в период практики, контролируют выполнение программы и дают необходимые консультации.

Способы проведения практики: стационарная; выездная.

КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОХОЖДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

В результате прохождения учебной практики формируются следующие компетенции:

Профессиональные:

- готовность установить соответствие агроландшафтных условий требованиям сельскохозяйственных культур при их размещении по территории землепользования;

- способность обосновать подбор сортов сельскохозяйственных культур для конкретных условий региона и уровня интенсификации земледелия, подготовить семена к посеву;

- готовность скомплектовать почвообрабатывающие, посевные и уборочные агрегаты и определить схемы их движения по полям, провести технологические регулировки сельскохозяйственных машин;

- способность рассчитать дозы органических и минеральных удобрений на планируемый урожай, определить способ и технологию их внесения под сельскохозяйственные культуры;

- готовность обосновать систему севооборотов и землеустройства сельскохозяйственного предприятия;

- готовность обосновать технологии посева сельскохозяйственных культур и ухода за ними;

- способность использовать агрометеорологическую информацию при производстве растениеводческой продукции;

- способность обосновать способ уборки урожая сельскохозяйственных культур, первичной обработки растениеводческой продукции и закладки ее на хранение;

- готовность обосновать технологии улучшения и рационального использования природных кормовых угодий, приготовления грубых и сочных кормов;

- способность обеспечить безопасность труда при производстве растениеводческой продукции;

- готовность изучать современную информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований;

- способность применять современные методы научных исследований в агрономии согласно утвержденным планам и методикам;

- способность к лабораторному анализу образцов почв, растений и продукции растениеводства;

- способность к обобщению и статистической обработке результатов опытов, формулированию выводов.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Общая трудоемкость практики составляет 1 зачетная единица (36 часов). Форма аттестации – зачет.

Прохождение практики включает в себя следующие этапы:

- подготовительный. Включает в себя: цель и задачи учебной практики, ее содержание, организация, формы и методы работы. Инструктаж по технике безопасности.

- основной. Включает в себя определение зерновых культур по морфологическим признакам в поле, проведение и анализ наблюдений за ходом роста, развития и формирования урожая полевых культур.

- заключительный этап. Включает в себя представление написанного отчета по учебной практике руководителю практики.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Тема 1. Расчет нормы высева изучаемых культур и подготовка семенного материала к посеву

Задание 1. *Определить норму высева изучаемых растений при различной ширине междурядий.*

Порядок выполнения задания. После знакомства с методикой расчета нормы высева растений приступают к определению и расчетам. Результаты записываются в таблицу 3.

Занятия проводятся на опытном поле кафедры. Завершается занятие проверкой правильности расчетов.

Общие сведения. Нормы высева сельскохозяйственных культур в различных районах возделывания неодинаковы и зависят не только от почвенно-климатических условий, но и от цели возделывания культуры, способов посева и посевных качеств семян. Они устанавливаются по весу и по количеству семян, высеваемых на единицу площади. Для каждого хозяйства нормы высева определяют из расчета посева семян 100% посевной годности (ПГ). Поэтому их следует уточнить в соответствии с фактической посевной годностью.

Для расчета весовой нормы высева надо знать значение массы 1000 семян (табл. 1) и количество семян, высеваемых на 1 га в данном районе (табл. 2).

Таблица 1

Примерная масса 1000 семян

Культуры	Масса 1000 семян, г	Культуры	Масса 1000 семян, г
1	2	1	2
Озимая рожь	32-40	Чина посевная	220-300
Озимая пшеница	40-48	Подсолнечник	70-90
Яровая пшеница	38-43	Свекла сахарная, кормовая	18-25
Ячмень	40-45	Рапс	4-5
Овес	35-40	Вика посевная	55-60
Просо	7-9	Козлятник восточный	3,5-4,0
Гречиха	20-30	Люцерна посевная	2,0-2,5
Горох посевной	200-280	Кострец безостый	3,5-4,0
Кукуруза	200-250	Суданская трава	11-14
Соя	180-250		

Если массу 1000 семян обозначить через *a*, число миллионов чистых и всхожих семян через *M*, то весовая норма будет *K=a*M*. Вычисленная весовая норма означает число килограммов чистых семян на 1 га при 100% посевной годности посевного материала.

Однако в производственных условиях семенной материал, как правило, имеет посевную годность ниже 100%. Поэтому необходимо внести поправку в норму высева с учетом фактической посевной годности.

Для кондиционных семян вычисляют их посевную годность, под которой понимается процент чистых и всхожих семян. Вычисляют её по формуле:

$$ПГ = \frac{AB}{100},$$

где *A*–чистота семян, %; *B*–всхожесть, %.

Посевную годность выражают в целых процентах. Например, при чистоте 99,5% и всхожести 97% посевная годность семян составит:

$$ПГ = \frac{99,5 \cdot 97}{100} = 96,5 \text{ } или \text{ } 97\%.$$

Посевная годность семян служит для внесения поправки в весовую норму высева применительно к данному семенному материалу.

Таблица 2

Примерные посевные коэффициенты (млн. на 1 га) по зонам Самарской области

Культуры	Степная зона	Центральная зона	Северная зона
Озимая рожь	4,5	5,0	5,5
Озимая пшеница	4,5	5,0	5,5
Яровая пшеница	4,0	5,0	5,5
Ячмень	4,0	4,0	4,5
Овес	4,0	4,0	4,5
Просо	2,5	2,5-3,0	3,0
Гречиха (ряд.)	3,0-3,5	3,5	3,5-4,0
Гречиха (широкорядно)	1,0-1,5	1,0-1,5	1,0-1,5
Горох	1,0	1,1	1,2
Кукуруза на силос	0,06-0,07	0,07-0,08	0,08-0,09
Кукуруза на зерно	0,05-0,06	0,05-0,06	-
Подсолнечник	0,04-0,05	0,05-0,06	0,06-0,07
Рапс	3,0	3,0	3,5
Суданская трава	2,5-3,0	3,0	3,5
Вика	2,5-3,0	3,0	3,5
Люцерна	8,0-9,0	9,0	9,0
Кострец безостый	6,0	6,0	7,0

Для внесения поправки надо норму высева (при 100% ПГ) разделить на фактическую посевную годность и умножить на 100.

$$X = \frac{K \cdot 100}{ПГ},$$

где К – норма высева при 100% посевной годности;

ПГ – фактическая посевная годность;

Х – норма высева с поправкой на фактическую посевную годность, кг.

В агрономической практике нередко возникает необходимость определения посевного коэффициента и весовой нормы высева, когда известно количество семян, фактически высеваемых на 1 погонном метре.

Некоторые пропашные культуры (подсолнечник, кукуруза, сахарная свекла) высевают по числу семян на 1 линейный метр

рядка. Например, кукурузу высевают по 6-7 зёрен, подсолнечника – по 4-5 семян и сахарную свеклу – по 14-16 семян.

Для определения весовой нормы высева надо знать ширину междурядий возделываемой культуры и затем вычислить площадь линейного метра рядка (площадь питания растений). При ширине междурядья 70 см для кукурузы и подсолнечника она будет равна 0,7 м^2, а при 45 см для свеклы – 0,45 см, для зерновых – 0,15 м^2.

Зная площадь метрового рядка, число высеваемых семян на эту площадь и массу 1000 семян, нетрудно рассчитать весовую норму высева.

Пример 1. Рассчитать весовую норму высева яровой твердой пшеницы при коэффициенте высева 5,0 млн. всхожих семян на 1 га, всхожести 95% и чистоте 98%.

1. $ПГ = \frac{98 \times 95}{100} = 93{,}1\,\% \cong 93\%$
2. $К_в$=5,0 млн. × 45 г = 225 кг/га
3. Нв=(225×100)/93=**242 кг/га** (весовая норма высева)

Пример 2. На погонный метр рядка высевается 16 клубочков кормовой свеклы, масса 1000 семян 22 г, ширина междурядья 45 см. Рассчитать норму высева.

1. На 0,45 м^2 16 семян
   на 10000 м^2 – Х Х=356 тыс./га
2. $Н_в$=356×22=**7,8 кг/га**

Пример 3. В хозяйстве подготовлено 4 т семян проса Саратовское 6. Всхожесть 94%, чистота 99,13%, масса 1000 семян 7,5 г. Определить обеспеченность хозяйства семенами при плане посева 230 га. Хозяйство расположено в центральной зоне области.

1. $ПГ = \frac{99{,}13 \times 94}{100} = 93{,}2\,\% \cong 93\%$

   (для центральной зоны М= 3 млн.всх. семян/га)
2. $Н_в$=(3,0 млн. × 7,5 г × 100)/93,2=24,1 кг/га
3. 230 га × 24,1 кг/га = 5,5 т.
4. Обеспеченность семенами **не полная.**

Таблица 3

Результаты расчета нормы высева

Культура	Масса 1000 семян, г	Посевной коэффициент	ПГ, %	Ширина междурядий, см	Весовая норма высева, ц/га

Задание 2. *Ознакомиться с основными методами подготовки семян к посеву.*

Общие сведения. Урожайность зерновых и зернобобовых культур во многом зависит от качества посевного материала. Семена должны иметь документы о качестве: сертификат, удостоверение о качестве семян или протокол испытаний, который удостоверяет сортовую принадлежность семян и посевные качества. Для посева используют только те семена, которые соответствуют по посевным качествам требованиям государственного стандарта.

Предпосевная (или заблаговременная) подготовка семян включает протравливание (инкрустирование), воздушно-тепловой обогрев или активное вентилирование, инокуляцию и скарификацию семян бобовых культур. Приемы по подготовке семян к посеву должны обеспечивать высокую продуктивность культурных растений в посевах и экологическую безопасность для людей и окружающей среды.

Протравливание посевного материала защищает семена, проростки и растения от болезней. Протравливание семян является основой для получения здоровых дружных всходов, равномерного распределения растений по площади и, в конечном итоге, обеспечивающей прибавку урожайности зерна 2-5 ц/га. Протравливание лучше проводить смесью пестицида с раствором полимера – инкрустация. Оно обеспечивает высокую полевую всхожесть и нормальный рост, и развитие растений. Для протравливания (инкрустации) семян используют пестициды, которые включены в «Список пестицидов, разрешенных к применению в Российской Федерации».

Качество протравливания (инкрустации) зависит от соблюдения следующих правил. Норма расхода протравителя, необходимая для определенного объема посевного материала, должна быть

четко выдержана. Распределение протравителя должно быть равномерно на всей поверхности каждого отдельного зерна. Прилипаемость протравителя должна быть высокой, с тем, чтобы вся норма препарата оставалась на семенах и после таких механических воздействий, как затаривание в мешки, транспортировка, посев.

Воздушно-тепловой обогрев семян обеспечивает хорошие результаты, когда созревание и уборка проходили при пониженных температурах и повышенной влажности. Такие семена медленно проходят послеуборочное дозревание и имеют низкую всхожесть. Обогрев семян повышает энергию прорастания и полевую всхожесть. Особенно полезна воздушно-тепловая обработка семян озимых культур, если высевают свежеубранные семена. Этот прием проводят на установках активного вентилирования. Через семена в течение 4-5 дней с интервалом 1 час пропускают воздух, подогретый до 30-35°С. Семена можно подвергнуть воздушно-тепловому обогреву и путем двукратного пропуска через барабанные или шахтные сушилки с отключенными охладительными установками при температуре теплоносителя – не более 60 °С, зерна – 30 °С.

На семенах бобовых культур проводят скарификацию. У семян бобовых культур очень твердые оболочки, в результате семена, будучи жизнеспособными, даже в благоприятных условиях медленно набухают, а отдельные из них не набухают совсем («твердокаменные» семена). Для устранения этого применяют скарификацию – прием, основанный на механическом повреждении оболочек семян, что повышает всхожесть. Этот прием выполняют на специальных машинах – скарификаторах.

Инокуляция семян бобовых культур целесообразна для культур, впервые высеваемых на данном поле или после известкования почвы высокими нормами известковых удобрений, так как на кислых почвах спонтанные штаммы ризобий обладают пониженной активностью. Без искусственного заражения специфичным штаммом ризобий клубеньки на корнях не образуются, азотфиксации не происходит, и урожайность бобовых культур будет ограничена. Наиболее совершенный и эффективный препарат для инокуляции – ризоторфин (культура ризобий на основе стерильного торфа). Семена обрабатывают в день посева, лучше непосредственно перед посевом в крытых помещениях или под навесом, чтобы на семена не попадали прямые солнечные лучи, губительно действую-

щие на бактерии. Семена предварительно увлажняют водой при перемешивании (1% от массы семян), затем опудривают препаратом ризоторфин и вновь перемешивают.

В последнее время интенсивно изучают и рекомендуют производству для обработки семян различные препараты, содержащие биологически активные соединения, а также физические факторы (лазерное облучение, магнитная обработка и др.).

Контрольные вопросы

1. Что такое посевной коэффициент?
2. Для чего рассчитывается весовая норма высева?
3. Какие существуют способы подготовки семян к посеву?
4. Что такое инокуляция?

Тема 2. Определение густоты стояния и выживаемости растений

Задание. *Определить густоту стояния изучаемых растений.*

Порядок выполнения задания. После знакомства с особенностями метода определения густоты стояния растений приступают к определению. Результаты записываются в таблицу 4.

Занятие проводится на опытном поле кафедры. Завершается занятие проверкой правильности определения показателей, предложенных преподавателем.

Общие сведения. В процессе выращивания высоких и устойчивых урожаев с хорошим качеством продукции очень важно получить и сохранить своевременные, дружные и полноценные всходы оптимальной густоты. Но далеко не всегда семена с высокой лабораторной всхожестью, посеянные по заданной норме и в оптимальный срок, дают хорошие всходы. В полевых условиях многие семена, способные прорастать, не всходят и густота всходов определяется не только нормой высева, но и полевой всхожестью семян.

Густоту стояния растений устанавливают после появления всходов и перед уборкой. Первое дает возможность определить полевую всхожесть.

Второе – определить густоту стояния растений перед уборкой. Полевая всхожесть – это всхожесть семян, определяемая в поле-

вых условиях, которая зависит от качества семян, агротехнических условий, экологических факторов, а также от поражения семян и проростков вредителями и болезнями.

Яровые культуры имеют более высокую полевую всхожесть, чем озимые, которые часть высеваются свежеубранными семенами.

При низкой полевой всхожести семян всходы получаются не только более редкими, но они бывают еще и ослабленными и в дальнейшем сильнее изреживаются, то есть у них слабее выживаемость – процент сохранившихся растений к моменту уборки от числа высеянных всхожих семян.

Густота растений ко времени уборки, а следовательно и урожайность полевых культур зависит, прежде всего, от полевой всхожести семян и выживаемости растений.

Густота стояния растений определяется путем подсчета растений на площадках по 0,5 м^2 в фазе всходов и перед уборкой в четырехкратном повторении на каждой культуре. На основании подсчета определяется полнота всходов как процент от числа высеянных лабораторно-всхожих семян и сохранность к уборке, процент от числа растений в фазе всходов по каждой культуре.

Таблица 4

Густота стояния растений

Культура, норма высева	Дата			
	Повторности			
	1	2	3	4

Контрольные вопросы

1. В какую фазу определяется густота стояния зерновых культур?
2. Что такое выживаемость растений к уборке?
3. Что такое продуктивная кустистость?
4. Число продуктивных побегов у ячменя?
5. Какие факторы влияют на густоту стояния?

Тема 3. Проведение фенологических наблюдений по изучаем культурам

Задание. *Определить фенологические фазы растений.*

Порядок выполнения задания. После знакомства с особенностями метода определения фенологических фаз развития растений приступают к определению. Результаты записываются в таблицу 5.

Занятия проводятся на опытном поле кафедры. Завершается занятие проверкой правильности определения фенологических фаз развития растений и контрольным определением у 3-5 видов растений, предложенных преподавателем.

Общие сведения. В течение вегетационного периода в результате роста масса и объем растения, его частей непрерывно изменяются. Одновременно с ростом в организме растений происходят глубокие качественные изменения, внешне проявляющиеся в появлении определенных морфологических признаков, новых частей растений, например листьев, стеблей, соцветий, плодов. Время появления нового признака принято называть наступлением новой фенологической фазы в развитии растения. По наступлению фенологических фаз определяют сроки проведения различных агротехнических мероприятий, в том числе уборки растений на кормовые цели или семена. У растений разных семейств, родов и видов отмечают (регистрируют) разные фенологические фазы.

В первый год жизни у злаковых культур отмечают фазы появления всходов, кущения, выхода в трубку, колошения (у растений с соцветием типа колос) или выметывания (у растений с соцветием типа метелка), цветения, плодоношения, обсеменения, осеннего состояния; у бобовых – появления всходов, розетки листьев, стеблевания (ветвления), бутонизации, цветения, плодоношения, обсеменения, осеннего состояния. Аналогичные, но не всегда совпадающие по названию фенологические фазы развития регистрируют у растений других семейств. Не все растения могут пройти в первый год все перечисленные фазы. В зависимости от разных факторов (сроки посева, погодные условия, биологические особенности растений и др.) развитие их в первый год жизни может закончиться на одной из названных фаз.

Таблица 5

Фенологические фазы растений

Культура	Дата определения и фенологическая фаза				

Контрольные вопросы

1. Какие фазы отмечают у злаковых культур?
2. Какие фазы отмечают у бобовых культур?
3. Какие факторы жизни растений влияют на скорость прохождения основных фаз развития?
4. Для чего определяют наступление основных фаз развития?

Тема 4. Определение морфологических признаков полевых культур

Задание 1. *В коллекционном питомнике, на посевах рассмотреть отличительные признаки хлебных злаков. Данные занести в таблицу 6.*

Задание 2. *Тщательно ознакомиться с морфологическими признаками зернобобовых культур, научиться различать их. Необходимые данные занести в таблицу 7.*

Порядок выполнения задания и общие сведения. Для правильного определения злаковых культур в нецветущем состоянии необходимо знать особенности морфологического строения вегетативных органов.

Систематическими признаками, по которым можно сравнительно легко отличить хлебные злаки до фазы выколашивания, являются:

1) окраска всходов: зеленая, светло-зеленая, фиолетово-коричневая, сизая, сизовато-зеленая, дымчатая;

2) ширина и опушённость листовой пластинки, наличие воскового налета и антацианової окраски;

3) поворот листовой пластинки (по часовой или против часовой стрелки);

4) наличие и характер ушек листа: небольшие, ясно выраженные, часто с ресничками; короткие, без ресничек; очень крупные, без ресничек, часто заходят концами друг за друга;

5) наличие и величина язычка: короткий, сильно развитый.

Таблица 6

Морфологические признаки хлебных злаков
(дата определения _____)

Культура	Окраска листа	Положение и поворот листа	Ширина и опушённость листовой пластинки	Наличие и характер	
				ушек	язычков
Озимая рожь					
Пшеница яровая мягкая					
Пшеница яровая твёрдая					
Пшеница озимая					
Ячмень					
Овёс					
Просо					
Кукуруза					

Основными морфологическими признаками зернобобовых культур являются: вынос семядолей на поверхность во время всходов; форма и размер листа; особенности прилистников.

После знакомства с морфологическими особенностями растений приступают к сбору и определению видов злаковых и бобовых культур.

Занятия проводятся на коллекционном питомнике кафедры. Завершается занятие проверкой правильности определения растений и контрольным определением 3-5 растений, предложенных преподавателем.

Таблица 7

Морфологические признаки зернобобовых культур
Дата определения _____ Фаза _____

Признаки	Культуры			
	горох	чина	нут	соя
1	2	3	4	5
1. Вынос семядолей при всходах				
2. Лист:				
а) форма 1-го настоящего листа				
б) форма последующих настоящих листьев				
в) форма листочков в сложном листе				

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5
г) количество листочков в сложном листе				
д) опушенность				
е) наличие усиков				
ж) наличие и форма прилистников				
3. Характер стебля				
4. Наличие клубеньков на корнях				

Контрольные вопросы

1. Основные признаки для определения зерновых культур.
2. Основные признаки для определения бобовых культур.
3. Для чего растениям нужны ушки и язычки?
4. Как отличить всходы ячменя и овса?
5. Какие зернобобовые культуры выносят семядоли на поверхность при прорастании?
6. Для чего бобовым нужны усики на листе?
7. Как должны выглядеть нормально развитые клубеньки на корневой системе бобовых?

Тема 5. Наблюдения за приростом надземной массы изучаемых растений

Задание. *Определить прирост надземной массы изучаемых растений. Результаты занести в таблицу 8.*

Общие сведения. Величина урожая находится в тесной связи с приростом органического вещества в процессе фотосинтеза и формированием листовой ассимилирующей поверхности. Наблюдение за приростом надземной массы показывает, что интенсивность этого процесса во многом зависит от погодных условий, уровня минерального питания и вида растений. Наблюдения эти проводят подекадно, либо при наступлении определенных фаз развития растений.

Порядок выполнения задания. Прирост надземной массы и сухого вещества определяется подекадно путем взвешивания с пробных площадок 0,5 м^2. Перед срезанием подсчитывается число растений. Результаты заносятся в таблицу.

Таблица 8

Результаты наблюдений

Культура	Площадь учетной поверхности, м^2	Количество растений, шт.	Вес растений, кг	Сухое вещество, %
дата				
дата				

Контрольные вопросы

1. Какие факторы оказывают наибольшее влияние на прирост надземной массы?
2. Как часто проводится определение прироста надземной массы?

Тема 6. Наблюдения за динамикой линейного роста изучаемых растений

Задание. *Провести наблюдения за динамикой линейного роста растений.*

Общие сведения. Интенсивность линейного роста и высоту растений можно отнести к морфологическим показателям, от которых в значительной степени зависит величина урожая надземной массы, урожая зерна и его качества.

Наблюдения за динамикой линейного роста проводятся с начала появления всходов ежедекадно – 10, 20 и 30-31 числа, но обязательно также и при колошении, выметывании злаков, цветении бобовых и других культур. Для наблюдения надо выделить два хорошо выравненных участка посевов. Измерения в сантиметрах.

Порядок выполнения задания. В десяти пунктах по диагонали делянки мерной рейкой сначала измеряют полевую высоту травостоя – от поверхности почвы до самой верхней точки (перегиба верхнего листа) растения. После колошения, выметывания, цветения, также ежедекадно измеряют высоту растения – от поверхности почвы до верхушки колоса, метелки, ветки (не считая остей). Результаты измерений занести в таблицу 9.

Таблица 9

Результаты наблюдений

№ п/п	Культура	Высота растений			

Контрольные вопросы

1. Какие факторы жизни влияют на интенсивность роста растения?
2. Какие сопутствующие наблюдения можно провести в сроки определения высоты растений?
3. Какой ярус в растительном фитоценозе занимают зерновые культуры?
4. В какой кратности следует производить замеры?

Тема 7. Фотосинтез. Определение площади листьев

Задание 1. *Определить площадь листьев.*

Общие сведения. Фотосинтез – это процесс преобразования энергии света в химическую энергию органических соединений. Синтезированные органические соединения служат основным источником энергии для всей биосферы. Процесс синтеза органического вещества за счет углерода в живой природе осуществляется с помощью фотосинтеза растений, бактериального фотосинтеза и хемосинтеза.

Продуктивность фотосинтетической деятельности посевов определяется совокупностью метеорологических факторов, где ведущее место занимают солнечная радиация, температурный режим и условия увлажнения в комплексе с условиями питания. Оптимизация питания обеспечивает лучшее использование продуктов фотосинтеза на процессы роста и развития растений. Программированные урожаи могут быть получены только при создании посевов с оптимальной архитектоникой и оптимальным радиационным режимом, способных поглощать приходящую Фотосинтетическую Активную Радиацию (ФАР) с высоким КПД.

Наибольшее значение для повышения интенсивности фотосинтеза культурных растений имеют такие факторы внешней среды, как концентрация CO_2 в воздухе и почве, интенсивность света, температура воздуха, влажность почвы и воздуха, а также минеральные питательные вещества.

Порядок выполнения задания. Ассимиляционная поверхность листьев определяется контурным методом в компьютерной модификации (2001). Для определения площади контуров берется навеска 1 г сырых листьев. Листья расправляются и закладываются в сканер (при невозможности немедленного проведения измерения листья следует заложить между станицами книги и зафиксировать при температуре 50-65^{0}С). Программа Area определяет

площадь листьев, сравнивая с эталоном известной площади (2 $см^2$). Имея данные по облиственности растений и массе растений с 1 $м^2$, проводится пересчет площади листьев из $см^2/м^2$ в $м^2$/га. Измерения и расчеты занести в таблицу 10.

Таблица 10

Результаты наблюдений

Культура	Число листьев	Масса листьев	Масса контуров	Масса 100 $см^2$

Контрольные вопросы

1. Что такое фотосинтез?
2. Какое влияние он оказывает на урожайность культур?
3. Что такое фотосинтетический потенциал культуры?

Тема 8. Учет урожая и определение его структуры

Задание 1. *Определить биологический урожай*

Общие сведения. *Урожайность* – сбор продукции с единицы площади (т, га; кг, $м^2$).

Продуктивность – сбор элементов питания с единицы площади.

Урожáй – валовой (общий) сбор растениеводческой продукции, полученной в результате выращивания определённой сельскохозяйственной культуры со всей площади её посева (посадки) в хозяйстве, регионе или в стране. Для большинства культур урожай принято измерять в тоннах.

Потенциальная урожайность – максимальное количество продукции, которое можно получить с 1 га при полной реализации продуктивных возможностей сельскохозяйственной культуры или сорта. Потенциальная урожайность исчисляется применительно к идеальным и обычным условиям сельскохозяйственными научно-исследовательскими и опытными учреждениями. Показатель потенциальной урожайности используют для определения рациональной структуры земледельческих отраслей, набора сортов и сельскохозяйственных культур в хозяйстве, области или зоне.

Плановая урожайность – количество продукции, которое можно получить с 1 га в конкретных хозяйственных условиях.

Плановая урожайность определяется до посева с учетом потенциальных возможностей сорта, достигнутого уровня урожайности, плодородия почвы, обеспеченности хозяйства техникой, минеральными удобрениями и т. п.

Ожидаемая урожайность (виды на урожай) – предполагаемый сбор продукции, определяемый в отдельные периоды роста и развития сельскохозяйственных культур по густоте стеблестоя и общему состоянию растений. Измеряется в ц с 1 га или оценочно: высокая, средняя, низкая, на уровне прошлого года и т. д. Показатель ожидаемой урожайности используют для планирования агротехнических мероприятий.

Урожайность на корню (биологическая урожайность) - количество выращенной продукции, установленное выборочно, либо глазомерно-оценочным методом, либо методом взятия проб (до уборки урожая, либо расчётно-балансовым методом (после уборки урожая) по данным о фактическом намолоте и потерях в процессе уборки. Показатель биологической урожайности используют в экономическом анализе для изыскания резервов снижения потерь урожая на уборке.

Фактический сбор – это урожайность, определяемая по оприходованному или чистому (после обработки) весу выращенной продукции в расчете на 1 га.

Порядок выполнения задания. Для определения биологического урожая в фазу восковой спелости зерна берут пробы растений с нескольких площадок по диагонали поля или на типичных, по характеру стеблестоя, местах поля. Число проб зависит от размера и выравненности поля, условий роста и развития.

Затем корни отрезаются, суммарная проба взвешивается, зерно вымолачивается, очищается и взвешивается.

Одновременно берутся пробы для определения влажности зерна. Урожай зерна приводят к 14-процентной влажности. Вычисление производится по формуле:

$$Y_1 = Y \times \frac{100 - B}{100 - B_1},$$

ГДЕ Y_1 – вес зерна, приведенного к стандартной влажности (14%);

Y – вес зерна, полученного в пробе;

B – фактическая влажность зерна в процентах;

B_1 – стандартная влажность в процентах (14%).

Пример. Вес зерна с 1 м^2 равен 350 г, а влажность его – 18%. Вес зерна, приведенного к стандартной влажности (14%), будет равен:

$$Y = 350 \times \frac{100 - 18}{100 - 14} = 333 \text{ г}.$$

Задание 2. *Определение элементов структуры урожая.*

При определении биологического урожая необходимо определить элементы его структуры. Для этого необходимо знать число растений на единице площади, их общую и продуктивную кустистость, длину колоса (метелки), число колосков в нем, число и вес зерен в колосе и массу 1000 зерен. Эти данные дают возможность определить из каких элементов складывается полученный урожай.

Элементы структуры урожая определяются при проведении лабораторного анализа сноповых образцов. Сноповые образцы берутся с 4 пробных площадок на поле. Размер пробы для зерновых культур рядового посева равен 2 м^2 (табл.11).

С каждой площадки растения выкапываются осторожно с корнями. Необходимо следить, чтобы не нарушалась целостность растений и чтобы стебли от них не отрывались. Затем по каждой пробе определяют:

1) число всех растений в пробе;

2) число всех стеблей в пробе;

3) число плодоносящих стеблей в пробе;

4) общую кустистость путем деления всех стеблей на число растений в снопе;

5) продуктивную кустистость, как количество колосоносных стеблей, приходящихся на одно растение;

6) высоту растений путем измерения 10 главных стеблей 10 растений от узла кущения до верхушки последнего колоска (без остей);

7) вес всех растений в пробе (без корней);

8) длину колоса от основания нижнего недоразвитого колоска до основания верхнего (среднее из 10 измерений);

9) число колосков в колосе из пробы 10 взятых подряд колосьев;

10) число зерен в колосе из пробы 10 взятых подряд колосьев;

11) вес зерна в 10 колосьях;

12) вес зерна с одного колоса;

13) масса 1000 зерен;

14) вес зерна в снопе и в пересчете на 1 м^2;

15) вес соломы в снопе по разности веса всех растений в пробе (7) и веса зерна (14);

16) урожай зерна с гектара приведенный к 14% влажности. Полученные данные заносятся в таблицу , выводятся средние показатели и определяется биологический урожай при фактической влажности по формуле:

$$У=\frac{P\times K\times 3\times A}{10000},$$

где У – урожай, ц с 1 га;

Р – число растений на 1 м^2 при уборке;

К – продуктивная кустистость;

3 – число зерен в колосе;

А – масса 1000 зерен, г;

10000 – коэффициент для перевода урожая в центнеры на 1 га.

Пример.

1. Количество растений на 1 м^2 – 300;
2. Продуктивная кустистость – 1,1;
3. Число зерен в колосе – 30;
4. Масса 1000 зерен – 35 г, урожай зерна будет равен:

$$\frac{300\times 1{,}1\times 30\times 35}{10000}=34{,}7\ \text{ц/га}$$

Затем полученный урожай нужно привести к стандартной – 14% влажности (формула приведена выше).

Полученные экспериментальные данные по 4 пробным площадкам заносятся в сводную таблицу 12. Показатели пересчитываются в расчете на 1 м^2.

Контрольные вопросы

1. Дать определение урожайности.
2. Что такое урожай?
3. Что такое потенциальная урожайность и как она определяется?
4. Что такое плановая урожайность и как она определяется?
5. Что такое ожидаемая урожайность и как она определяется?
6. Что такое биологическая урожайность и как она определяется?

Таблица 11

Рабочая таблица по определению структуры урожая

Размер пробной площадки 0,5 м^2

Культура и сорт _____
Вес всех растений в пробе, г. _____
Число растений в пробе _____
Вес зерна в пробе, г. _____
Число всех стеблей в пробе _____
Вес соломы в пробе, г. _____
Число продуктивных стеблей _____
Отношение зерна к соломе _____
Общая кустистость _____
Влажность зерна, % _____
Продуктивная кустистость _____

Показатели	Растения										Сумма	Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1. Высота растений, см												
2. Длина колоса, см												
3. Число колосков в колосе, шт.												
4. Число зёрен в колосе, шт.												

$$\text{Урожай зерна (У)} = \frac{P \times K \times 3 \times A}{10000}$$

$$\text{Урожай, приведённый к 14\%-ной влажности } (У_1) = У \times \frac{(100 - B)}{(100 - B_1)}$$

Таблица 12

Сводная таблица по определению биологического урожая

Культура и сорт _____

Показатели	Пробы				Сумма	Среднее
	1	2	3	4		
1	2	3	4	5	6	7
1. Число растений на 1 м^2						
2. Число всех стеблей на 1 м^2						
3. Общая кустистость						
4. Число продуктивных стеблей на 1 м^2						

Окончание табл. 12

1	2	3	4	5	6	7
5. Продуктивная кустистость						
6. Высота растений, см						
7. Длина колоса, см						
8. Число колосков в колосе, шт.						
9. Число зёрен в колосе, шт.						
10. Число зерен с 1 м^2						
11. Вес всех растений с 1 м^2						
12. Вес зерён с 1 м^2						
13. Вес зерен с 1 колоса, г						
14. Масса 1000 зерен, г						
15. Вес соломы с 1 м^2						
16. Отношение зерна к соломе						
17. Влажность зерна, %						
18. Урожай фактический, ц с 1 га						
19. Урожай, приведенный к 14% влажности						

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ПРАКТИКЕ

Учебно-методическим обеспечением самостоятельной работы обучающихся на практике являются:

1. Учебная литература по профильным дисциплинам;

2. Методические разработки для обучающихся, определяющие порядок прохождения и содержание практики.

Самостоятельная работа обучающихся во время прохождения практики включает работу с научной, учебной и методической литературой, с конспектами лекций, работой в ЭБС.

Для самостоятельной работы обучающиеся могут пользоваться ресурсами сети Интернет, электронной библиотекой вуза и информационно-справочными системами (Гарант, Консультант Плюс).

Руководитель практики в период прохождения практики:

- оказывает обучающимся помощь в подборе учебно-методической литературы по направлению практики;
- помогает в подборе необходимых периодических изданий;

- оказывает методическую помощь по вопросам сбора информационного материала на месте базы практики;

- оказывает помощь в классификации и систематизации собранной информации.

При прохождении практики обучающийся должен:

- явиться на практику в срок, установленной учебным планом;

- добросовестно и качественно выполнять задания, предусмотренные программой практики;

- выполнять правила внутреннего распорядка академии;

- систематически вести записи по работе, содержание и результаты выполнения заданий;

- подготовиться к итоговой аттестации по учебной практике в соответствии с программой.

В период практики, обучающийся должен вести дневник с изложением проделанной работы. Дневник оформляется в печатном виде на листах формата А4, и по завершению практики представляется руководителю для подписи.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПРАКТИКИ

По итогам практики обучающимся составляется письменный отчет. Цель отчета – показать степень освоения навыков.

Отчет должен быть набран на компьютере, грамотно оформлен, сброшюрован в папку, подписан обучающимся, сдан для регистрации на кафедру «Растениеводство и земледелие».

Требования к оформлению листов текстовой части. Текстовая часть отчета выполняется на листах формата А4 (210×297 мм) без рамки, соблюдением следующих размеров полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм.

Страницы текста подлежат обязательной нумерации, которая проводится арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Номер страницы проставляют по центру без точки в конце.

Первой страницей считается титульный лист, но номер страницы на нем не проставляется.

При выполнении текстовой части работы на компьютере тип шрифта: *Times New Roman.* Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Межстрочный интервал: полуторный.

Выполненный отчет по практике должен содержать:

- титульный лист (прил. 1);
- основные разделы отчета;
- список использованных источников;
- приложения.

Во введении следует обобщить собранные материалы и раскрыть основные вопросы и направления, которыми занимался обучающийся при прохождении практики, основной части и заключения.

Основная часть включает в себя полученные в результате проведения наблюдений и анализов обобщенные данные в соответствии с разделами программы практики.

Список использованной литературы и источников. Следует указать все источники, которые были использованы при прохождении практики и подготовке отчета.

Общий объем отчета должен составлять 7-10 страниц компьютерного набора. Приложения не входят в объем отчета.

В течение прохождения практики обучающийся обязан вести дневник практики, который является частью отчета о практике и используется при его написании. Записи в дневнике должны быть ежедневными.

В дневнике необходимо кратко отразить виды работ, выполненные обучающимся на практике (сбор материала, проведения исследования и т.д.), а также встретившиеся в работе затруднения, их характер, какие меры были приняты для их устранения, отметить недостатки в теоретической подготовке.

Дневники периодически проверяются руководителем практики, в нем делаются отметки по его ведению, качеству выполняемой обучающимся работы.

В конце практики дневник должен быть подписан обучающимся и руководителем практики от академии.

Дневник прикладывается к отчету о практике (прил.2).

АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ПРАКТИКИ

Итоговой формой контроля знаний, умений и навыков по практике является зачет.

Зачет по практике служит для оценки сформированности общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций по практике и призван выявить уровень, прочность

и систематичность полученных им теоретических и практических знаний, приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления, умение синтезировать полученные знания и применять их в решении практических задач.

Отчет должен содержать результаты выполненных заданий. Критериями оценивания прохождения практики являются оценки «зачтено», «не зачтено».

Вопросы для подготовки к защите отчета

1.Общая характеристика зерновых хлебов.
2. Фазы роста и развития зерновых хлебов.
3. Общая характеристика зернобобовых культур.
4. Морфологические и биологические отличия твёрдой и мягкой пшеницы.
5. Виды бобовых трав.
6. Виды мятликовых трав.
7. Виды и сорта вики. Главные биологические особенности.
8. Характеристика однолетних мятликовых культур
9. Причины гибели озимых культур. Меры борьбы и предупреждения.
10. Фазы роста и развития зернобобовых культур.
11. Морфологические и биологические особенности яровой пшеницы.
12. Морфологические и биологические особенности ячменя.
13. Морфологические и биологические особенности овса.
14. Морфологические и биологические особенности проса.
15. Морфологические и биологические особенности кукурузы
16. Морфологические и биологические особенности нута.
17. Морфологические и биологические особенности сорго.
18. Морфологические и биологические особенности гороха.

Шкала оценивания прохождения обучающимися практики

– ниже порогового оценка «неудовлетворительно» («не зачтено»);
– пороговый оценка «удовлетворительно» («зачтено»);
– стандартный оценка «хорошо» («зачтено»);
– эталонный оценка «отлично» («зачтено»).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец оформления титульного листа отчета

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»
Агрономический факультет
Кафедра «Растениеводство и земледелие»

ОТЧЕТ О ПРАКТИКЕ

по получению первичных профессиональных умений и навыков,
в том числе первичных умений и навыков
научно-исследовательской деятельности
для обучающихся по направлению 35.03.04 Агрономия

_____
период прохождения практики

Обучающийся ____ курса ____ группы

_____
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель практики от академии

_____
(фамилия, имя, отчество)

Кинель 20___

Приложение 2

Образец оформления дневника

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»
Агрономичский факультет
Кафедра «Растениеводство и земледелие»
Направление подготовки: 35.03.04 Агрономия
Профиль подготовки: «Агрономия»

ДНЕВНИК ПРАКТИКИ

обучающегося ____ курса ____ группы,

_____
(Ф.И.О.)

Дата	Краткое содержание выполненной работы	Руководитель практики

Обучающийся _____ / _____
(подпись) *(Фамилия И.О.)*

Руководитель практики
от академии _____ / _____
(подпись) *(Фамилия И.О.)*

«____» _____ 20___ г.

Приложение 3

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

Факультет: _____
Кафедра: _____
Направление _____

ЗАДАНИЕ

На _____
Обучающегося _____
Приказ от _____№_____
Наименование базовой организации: _____
Срок прохождения практики: _____

Содержание задания на практику:

_____
_____
_____

Индивидуальное задание:

_____
_____

Дата выдачи задания: _____

Руководитель практики _____/ _____./
подпись *Фамилия. И.О*

Ознакомлен _____/ _____. /
подпись *Фамилия И.О.*

«____»_____20__ г.

Приложение 4

План (график) прохождения практики

№ п/п	Наименование этапов прохождения практики	Сроки выполнения

Обучающийся _____ _____
(подпись) *(Фамилия И.О)*

Руководитель практики _____ _____
(подпись) *(Фамилия И.О)*

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Васин, В. Г. Технология возделывания полевых культур в Среднем Поволжье : учебное пособие / В. Г. Васин. – 3-е издание – Самара : РИЦ СГСХА, 2009 – 173 с.

2. Технология производства продукции растениеводства / Под ред. А. Ф. Сафонова, В. А. Федотова. – М. : Колос, 2010. – 432 с.

3. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В. И. Филатов, Г. И. Баздырев, М. Г. Объедков [и др.]; под ред. В. И. Филатова. – М. : Колос, 2002. – 624 с.

4. Васин, В. Г. Растениеводство / В. Г. Васин . – 2-е изд-е. – Самара : РИЦ СГСХА, 2009 – 528 с.

5. Таланов, И. П. Практикум по растениеводству / И. П. Таланов. – М. : Колос, 2008. – 279 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Цель и задачи учебной практики 4

Место учебной практики в структуре ООП бакалавриата 4

Формы, место и время проведения учебной практики 4

Компетенции обучающегося, формируемые в результате прохождения учебной практики 4

Структура и содержание практики 7

Тема 1. Расчет нормы высева изучаемых культур и подготовка семенного материала к посеву 7

Тема 2. Определение густоты стояния и выживаемости растений 13

Тема 3. Проведение фенологических наблюдений по изучаемым культурам 14

Тема 4. Определения морфологических признаков полевых культур 16

Тема 5. Наблюдения за приростом надземной массы изучаемых растений 18

Тема 6. Наблюдения за динамикой линейного роста изучаемых растений 19

Тема 7. Фотосинтез. Определение площади листьев 20

Тема 8. Учет урожая и определение его структуры 21

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся на практике 26

Оформление отчетных документов практики 27

Аттестация по итогам практики 28

Приложения 30

Рекомендуемая литература 34

Учебное издание

Васина Наталья Владимировна

Растениеводство

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 17.06.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,09; печ. л. 2,25.
Тираж 50. Заказ № 203.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Садоводство, ботаника и физиология
растений»

БИОХИМИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

Рабочая тетрадь

для выполнения лабораторных работ

Студент_____

Курс_____ Группа_____

Кинель
2018

УДК 581.19 : 633 (07)
ББК 41.272 : 42.1 Р
Ц-18

Ц-18 Биохимия полевых культур : рабочая тетрадь для выполнения лабораторных работ / сост. В. М. Царевская, Е. Х. Нечаева, О. Л. Салтыкова. – Кинель : РИО СГСХА, 2018. – 48 с.

Рабочая тетрадь предназначены для студентов агрономического факультета, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия», профиль подготовки: «Агрономия» (квалификация (степень) выпускника: бакалавр).

Учебное издание содержит описания лабораторных работ по всем разделам рабочей программы дисциплины «Биохимия полевых культур», задания для самостоятельной работы, вопросы для подготовки к зачету, учебно-методическую литературу, рекомендуемую для изучения дисциплины. В каждой лабораторной работе описана методика выполнения опытов, дан необходимый теоретический материал по изучаемой теме.

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2018
© Царевская В. М., Нечаева Е. Х., Салтыкова О. Л.,
составление, 2018

ПРЕД ОВИЕ

«Биохимия полевых культур» – это дисциплина о биохимических основах жизнедеятельности растений. Основными разделами этой дисциплины являются: биохимия растительной клетки, биохимия дыхания, биохимия фотосинтеза, биохимия азотного питания, биохимические основы формирования урожая полевых культур.

Учебное издание для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Биохимия полевых культур» включает структуру и методики опытов, проводимых на аудиторных занятиях по 10 темам. По каждой теме дано краткое теоретическое введение, основные биохимические понятия, вопросы для самоконтроля, указания по методике проведения лабораторных работ и рекомендации по оформлению полученных результатов. Это позволяет качественно освоить материал темы, самостоятельно проконтролировать полученные знания, приобрести навыки в выполнении опытов.

Целью рабочей тетради является изучение 5 разделов дисциплины «Биохимия полевых культур» с эффективным и продуктивным использованием учебного времени студентов.

Задачи учебного издания:

– дать основные понятия и термины по изучаемым темам;

– стимулировать самостоятельное творческое мышление;

– организовать самостоятельную работу студентов.

Рабочая тетрадь предназначены для студентов II курса агрономического факультета, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия», для изучения дисциплины «Биохимия полевых культур».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

– биохимический состав растений;

– сущность биохимических процессов в растениях, влияние на них внешних и внутренних факторов;

– биохимические основы устойчивости и адаптаций растений к неблагоприятным факторам среды;

– биохимические процессы при формировании, первичной обработке и закладке на хранение растениеводческой продукции;

уметь:

– проводить оценку биохимического состава растений;

– давать биохимическое обоснование агротехническим мероприятиям при выращивании растений, первичной обработке и закладке на хранение растениеводческой продукции;

владеть:

– навыками использования методов биохимического анализа растительных образцов и оценки качества продукции полеводства;

– навыками биохимического обоснования способа уборки урожая сельскохозяйственных культур, первичной обработки растениеводческой продукции и закладки её на хранение.

В процессе изучения дисциплины у студента должны сформироваться **общепрофессиональные и профессиональные компетенции:**

- способность распознавать по морфологическим признакам наиболее распространенные в регионах дикорастущие растения и сельскохозяйственные культуры, оценивать их физиологическое состояние, адаптационный потенциал и определять факторы улучшения роста, развития и качества продукции;

- способность обосновать подбор сортов сельскохозяйственных культур для конкретных условий региона и уровня интенсификации земледелия, подготовить семена к посеву;

- способность обосновать способ уборки урожая сельскохозяйственных культур, первичной обработки растениеводческой продукции и закладки ее на хранение.

Лабораторная работа 1
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

Цель занятия. Ознакомиться с локализацией основных органических веществ в клетке, применяя простейшие методы качественного анализа.

В состав клетки входят органические и минеральные вещества. Основными органическими веществами в составе растительной клетки являются белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты.

Белковые вещества представляют собой высокомолекулярные органические соединения, построенные из аминокислот. Белки выполняют в клетке конституционные, каталитические, защитные, транспортные и запасные функции. Наличие в молекуле белка различных свободных групп и радикалов – аминных (-NH_2), карбоксильных (-COOH), гидроксильных (-OH), сульфгидрильных (-SH), дисульфидных (-S-S-) и др. – обуславливает огромное разнообразие реакционных возможностей, как отдельных структурных элементов белка, так и всей белковой молекулы. Это используется для выявления и количественного определения белков. Белки в различных количествах находятся во всех органах растений. В вегетативных органах количество белков обычно достигает 5-15% от веса сухой массы, в семенах злаков 10-20%, в семенах бобовых и масличных культур – 25-35%.

Нуклеиновые кислоты представляют собой органические кислоты с огромным молекулярным весом. Они играют важную роль в передаче наследственных свойств живых организмов и в процессе синтеза белка. Различают два вида нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновую кислоту – ДНК, которая в основном локализована в клеточном ядре и рибонуклеиновую кислоту – РНК, которая находится и в ядре, и в цитоплазме клетки. При гидролизе нуклеиновые кислоты дают пуриновые и пиримидиновые основания, сахар (пентозу), рибозу и дезоксирибозу и фосфорную кислоту.

Жиры и жироподобные вещества. Жиры (триглицериды) – тройные эфиры глицерина и трех молекул жирных кислот. Жиры чаще выполняют функции запасных веществ, конституционную и транспортную. Жироподобные вещества (липоиды) отличаются от жиров тем, что один из гидроксилов глицерина замещен не жирной кислотой, а каким-либо другим гидрофильным веществом, например, остатком фосфорной кислоты (фосфолипиды), к которому в свою очередь может присоединиться какое-либо органическое основание (например, холин). Некоторые из липоидов вместо глицерина включают в молекулу другой многоатомный спирт (например, инозит). Липоиды чаще выполняют функции конституционных (липопротеидная мембрана), реже запасных (фосфолипиды) или защитных (воска) веществ. Общим, что объединяет жиры и липоиды, является их растворимость в органических растворителях: эфире, хлороформе, сероуглероде, бензине и не растворимость в воде.

Работы выполняются в порядке их расположения, используя свободное время для подготовки следующей работы.

Работа 1.1. ОБНАРУЖЕНИЕ БЕЛКА В ЛИСТЬЯХ (ПО ЧАЙЛАХЯНУ)

Метод основан на проведении биуретовой реакции. Эта реакция характерна для веществ, содержащих пептидную связь (-CO-NH-). При обработке щелочного раствора белка раствором медного купороса появляется фиолетовое или красно-фиолетовое окрашивание.

Методика выполнения. К черешку листа привязать нитку. Листья погрузить на 1-2 мин в кипящую воду, затем перенести в колбу с 96% спиртом. Колбу с обратным холодильником погрузить в горячую водяную баню для экстрагирования хлорофилла. Через 0,5-1 ч наступает полное обесцвечивание листа. Обесцвеченные листья смочить дистиллированной водой и расправить в чашке Петри. Провести биуретовую реакцию – листья на 1 ч

залить 7% раствором медного купороса, промыть дистиллированной водой и залить 10% щелочью.

Листья приобретают фиолетовую окраску, усиливающуюся в течение часа, что указывает на присутствие белков. По интенсивности полученной окраски можно определить относительное содержание белков в разных частях листа и листьях различных культур, оценивая его по 5-бальной системе.

Оформление результатов опыта

1) Зарисовать исследуемые листья.

Рис. 1. Лист_____ Рис. 2. Лист_____

2) Заполнить таблицу 1.

Таблица 1

Окраска листьев после обработки по Чайлахяну

Культура	Окраска	Оценка количества белка в баллах

3) Сделать выводы. В каких частях листа, и у каких растений содержание белка выше?

_____

_____

_____

_____

_____

Работа 1.2. ОБНАРУЖЕНИЕ БЕЛКА НА СРЕЗАХ ТКАНИ

Метод основан на получении характерных цветных реакций на тонких срезах тканей путем просмотра полученных препаратов под микроскопом.

а) Биуретовая реакция. Тонкий срез семени кормовых бобов поместить на предметное стекло в каплю 7% раствора медного купороса на 20-30 мин. Тщательно убрать этот раствор с помощью фильтровальной бумаги и промыть срез водой. Обработать 10% раствором щелочи до появления фиолетовой окраски. Препарат покрыть покровным стеклом и рассматривать под микроскопом.

б) Нингидриновая реакция служит для обнаружения как свободных, так и связанных аминокислот. Основана на образовании окрашенного соединения в результате сдваивания молекул нингидрина и присоединения к ней азота аминокислоты.

Методика выполнения. Кусочек эпидермиса с мясистой чешуи лука поместить в 0,5% раствор нингидрина на предметное стекло. Подогреть препарат на спиртовке до появления синей окраски. Покрыть препарат покровным стеклом и рассмотреть под микроскопом.

Оформление результатов опыта

1) Зарисовать препараты. Наименование ткани_____

Рис. 3. Окраска нингидрином Рис. 4. Биуретовая реакция

2) Можно ли выделить в клетке места преимущественной локализации белков? Почему?_____

Работа 1.3. ОБНАРУЖЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ В КЛЕТКЕ

В цитохимии нуклеиновых кислот широко используют смесь двух красителей – пиронина и метилового зеленого. Пиронин адсорбируется с РНК, метиловый зеленый избирательно связывается с ДНК. Это дает возможность одновременно выявить локализацию в клетке РНК и ДНК.

Методика выполнения. С вогнутой стороны мясистой чешуи лука снять кусочек эпидермиса и поместить его в каплю красителя на предметное стекло на 5-20 мин. Оттянуть краску фильтровальной бумагой, добавляя с противоположной стороны воду. Препарат покрыть покровным стеклом и рассматривать под микроскопом сначала при малом, а затем при среднем увеличении. Под действием красителя РНК окрашивается в малиновый цвет, ДНК – в синий. На хорошо приготовленных препаратах в ядре можно рассмотреть ядрышко, имеющее иную, чем ядро, окраску.

Оформление результатов опыта

1) Крупным планом зарисовать несколько клеток после окраски их пиронином плюс метиловый зеленый.

2) Сделать выводы о локализации ДНК и РНК в клетке.

Работа 1.4. ОБНАРУЖЕНИЕ ЖИРОВ И ЛИПОИДОВ

Жиры и близкие к ним вещества могут быть обнаружены с помощью специальных красителей. Чаще используется Судан-III. Окраска, по-видимому, основана на растворении этой краски в жирах и жироподобных веществах.

Методика выполнения. Вдоль замоченного зерна кукурузы, через зародыш, сделать срезы. Первый срез выбрасывается, второй используется для изготовления препарата. Срез поместить на предметное стекло в каплю красителя на 10-20 мин. Краситель оттянуть

фильтровальной бумагой, капнуть каплю глицерина, покрыть покровным стеклом и рассматривать под бинокулярным микроскопом. Если окраска проявляется слабо, слегка подогреть препарат над спиртовкой.

Оформление результатов опыта

1) Зарисовать срез зерна кукурузы после окраски Судан-III.

2) Сделать выводы. Где в зерне кукурузы, в основном, локализованы жиры и жироподобные вещества?

_____

_____

_____

Задание для самостоятельной работы

Заполните таблицу 2, используя результаты работ по теме 1, учебных и лекционных материалов.

Таблица 2

Характеристика отдельных компонентов растительной клетки

Компоненты	Элементарный состав, строение молекулы (мономеры)	Место синтеза и локализация
БЕЛКИ		
ДНК		
РНК		
ЛИПИДЫ		

Лабораторная работа 2
ПОЛУЧЕНИЕ РАСТВОРА РАСТИТЕЛЬНОГО БЕЛКА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО СВОЙСТВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОЧКИ БЕЛКОВ (ИЭТ)

Цель занятия. Ознакомиться с отдельными свойствами белков.

Белки или протеины – сложные полимеры, построенные из аминокислот, соединенных между собой пептидными связями -CO-NH-. В результате образования водородных и дисульфидных связей между различными аминокислотами молекула белка приобретает определенную пространственную конфигурацию, это явление называется **конформация белка.** Потеря белком конформации изменяет химические и физические свойства молекулы, приводит к потере физиологической активности.

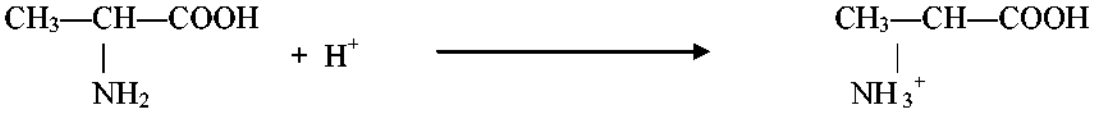
Устойчивость белковой молекулы в растворах определяется ее гидратацией. В белковой молекуле много гидрофильных групп, способных притягивать к себе воду. Так, -CO-NH- связывает одну, -COOH – две, $-NH_2$ – три молекулы воды. Такая гидратация называется химической.

Молекула белка в растворе имеет заряд. Молекулы воды, обладая свойствами диполей, под действием электростатических сил правильно ориентируются к белковой молекуле, образуя вокруг неё водную оболочку. Чем дальше молекула воды удалена от поверхности белковой молекулы, тем беспорядочней их расположение и слабее связь.

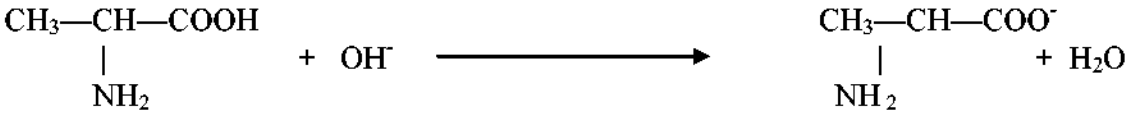
Осаждение белка из раствора можно вызвать действием водоотнимающих средств (спирт, ацетон) или добавлением достаточно большого количества соли. Выделение белка из раствора под влиянием солей называется **высаливанием.** Этот процесс применяется для получения в чистом виде белков и ферментов. При высаливании не происходит необратимого изменения конфигурации белковой молекулы и после снижения концентрации соли белок вновь переходит в раствор.

Под действием высокой температуры и концентрированных кислот белок переходит в необратимое состояние, происходит его денатурация. Она выражается в потере растворимости, снижении водопоглотительной способности, утрате физиологических функций. Аминокислоты и белки являются амфотерными электролитами и могут диссоциировать как кислоты или как основания.

При избытке ионов водорода (кислая среда) будут образовываться положительно заряженные ионы:



При избытке ионов OH^- (щелочная среда) образуются отрицательно заряженные ионы:



При некоторой определенной величине pH образование положительно и отрицательно заряженных ионов подавляется в одинаковой степени и молекула белка и аминокислоты становится электронейтральной. **Это значение pH называется изоэлектрической точкой (ИЭТ).** Для разных белков и аминокислот ИЭТ неодинакова и зависит от соотношения свободных карбоксильных и аминокислотных групп. Важно отметить, что в растворе устойчивость белковой молекулы в ИЭТ значительно ниже, так как при этом происходит потеря заряда, снижение гидратации и коагуляция белка.

Работа 2.1. ВЫДЕЛЕНИЕ ГЛОБУЛИНА ИЗ СЕМЯН ГОРОХА

Глобулины составляют большую часть белка многих семян, главным образом у бобовых и масличных культур. Они хорошо растворяются в слабых растворах нейтральных солей.

Методика выполнения. Насыпать 5 г гороховой муки в колбочку и залить 30 мл 10% раствора NaCl. Колбу встряхивать 3 мин и оставить стоять на 30 мин, периодически встряхивая. Затем отфильтровать через фильтр, смоченный растворителем. Полученный фильтрат использовать для следующих работ.

Работа 2.2. ОБНАРУЖЕНИЕ БЕЛКА В РАСТВОРЕ БИУРЕТОВОЙ РЕАКЦИЕЙ

Методика выполнения. Налить в пробирку около 1 мл фильтрата, добавить 10-15 капель 10% щелочи, а затем по каплям слабый раствор медного купороса, в присутствии белка раствор окрашивается в синий цвет.

Оформление результатов опыта

Рис. 5. Окраска фильтрата после проведения биуретовой реакции

Работа 2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ГЛОБУЛИНА В ВОДЕ

Методика выполнения. Налить в пробирку около 1 мл фильтрата и постепенно добавлять воду, следить за появлением мути. При появлении мути повысить концентрацию раствора нейтральной соли, добавляя по каплям слабый раствор NaCl. Следить за растворением осадка.

Оформление результатов опыта

1) Растворим ли глобулин в воде? Чем это доказывается?

2) Зарисуйте пробирку с фильтратом.

Рис. 6. До добавления воды

Рис. 7. После разбавления водой

Рис. 8. После добавления соли

Работа 2.4. ВЫСАЛИВАНИЕ БЕЛКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СОЛЕЙ

Методика выполнения. К 3 мл раствора белка добавить такое же количество насыщенного раствора NaCl. Наблюдать появление мути и осадка. Прибавить воды. При уменьшении концентрации раствора наблюдать исчезновение мути и растворение осадка.

Оформление результатов опыта

1) Что называется высаливанием белка?

2) Обратима ли коагуляция белка при высаливании? Как доказать?

Работа 2.5. КОАГУЛЯЦИЯ БЕЛКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КИСЛОТ

Методика выполнения. В две пробирки налить по 2-3 мл раствора белка. Один раствор прокипятить, а в другой добавить несколько капель концентрированной серной кислоты. Следить за образованием осадка. В обе пробирки добавить 10% раствор NaCl. Проследить, будет ли растворяться осадок.

Оформление результатов опыта

1) Обратима ли коагуляция белка при действии высоких температур и концентрированных кислот? Как это доказать на основе опыта?

Работа 2.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОЧКИ БЕЛКОВ ТКАНЕЙ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Способ основан на окрашивании срезов тканей одновременно основным (метиленовая синяя) и кислым (эозин) красителями. У кислых красителей окрашен анион, у основных – катион. Если белок находится в среде с pH ниже его ИЭТ, то молекула его заряжена положительно и будет связывать анион эозина – окрашиваться в розовый цвет. При pH выше ИЭТ – будут связываться катионы метиленовой синий – соответствующая ткань будет окрашиваться в синий цвет. Для отдельного белка переход от одной окраски к другой в буферных растворах с разной pH происходит резко. При определении ИЭТ ткани, где имеется смесь белков, переходная окраска будет отмечаться в более широком интервале.

Методика выполнения. Работа начинается группой в 2 человека с приготовления буферных растворов с различным значением pH, согласно таблице 3.

Таблица 3

Соотношение компонентов буферной смеси

№ пробирки	pH	Na_2HPO_4	Лимонная кислота, 0,1М, мл
1	2,2	0,2	9,8
2	3,0	2,0	8,0
3	3,6	3,2	6,8
4	5,0	5,2	4,8
5	5,4	5,6	4,4
6	6,0	6,3	3,7
7	7,0	8,2	1,8
8	8,0	9,7	0,3

В пробирку налить указанное количество Na_2HPO_4 и долить до 10 мл раствором лимонной кислоты. Далее каждый студент работает самостоятельно.

С корешка гороха (или другого растения) на расстоянии 0,5 см от кончика сделать бритвой строго поперечные, как можно более тонкие срезы (не менее 24), и поместить их в 70% спирт на 5 мин. Спирт слить, срезы залить сначала раствором эозина на 10 мин, затем раствором метиленовой сини на 5 мин. Промывать срезы после спирта и эозина необязательно. Окрашенные срезы перенести в буферные растворы, налитые в бюксы в порядке возрастания pH. В каждой концентрации буферного раствора должно быть 3 среза. Время обработки 1 ч. После окончания обработки приготовить препараты. Под одно покровное стекло следует поместить все три среза из одной буферной смеси. На одном предметном стекле, под разными покровными стеклами, можно сделать препараты из двух-трех концентраций.

Начиная с самого малого значения pH, препараты рассматривать под микроскопом при малом увеличении. Для каждой ткани среза найти значение pH, при котором красный цвет ее переходит в синий.

В растворах с pH ниже ИЭТ ткани удерживают эозин, а в растворах с pH выше ИЭТ – метиленовый синий. Если при одном значении pH ткань окрашена в красный цвет, а при соседнем – в синий, то величину ИЭТ можно принять средней из этих двух показателей.

Оформление результатов опыта

1) Заполнить таблицу 4.

Таблица 4

Окраска ткани при одновременном действии эозина и метиленовой синей при разных pH (в среднем по трем срезам)

№ препарата	pH буферного раствора	Окраска	
		коровой части	сосудистых пучков
1	2,2		
2	3,0		
3	3,6		
4	5,0		
5	5,4		
6	6,0		
7	7,0		
8	8,0		

2) Какое значение pH соответствует ИЭТ

а) коровой части_____

б) сосудистых пучков _____

3) Сделать рисунок одного из срезов, где отчетливо проявляется неодинаковая окраска разных тканей.

Рис. 9. Окраска тканей при одновременном окрашивании эозином и метиленовой синей при pH буферного раствора_____

Работа 2.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОЧКИ БЕЛКОВ

Метод основан на неустойчивости растворов белка при pH близкой ИЭТ, что обнаруживается по появлению мути и выпадающего в осадок белка.

Методика выполнения. В восьми пробирках приготовить растворы с разным значением pH, согласно таблице 5.

Таблица 5

Соотношение компонентов для приготовления растворов (в мл) и pH раствора

Компоненты	№ пробирок							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Вода дистиллированная	8,40	7,75	8,75	8,50	8,00	7,00	5,00	1,00
0,01 Н уксусная кислота	0,60	1,25	–	–	–	–	–	–
0,1 Н уксусная кислота	–	–	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00
pH раствора	5,9	5,6	5,3	5,0	4,7	4,4	4,1	3,8

В каждую пробирку добавить по 1 мл раствора казеина. Содержимое пробирок осторожно взболтать. Определить значение pH ИЭТ белка по появлению небольшой мути в соответствующей пробирке.

Оформление результатов опыта

1) Для казеина pH ИЭТ равна _____

Задание для самостоятельной работы

1) Дайте объяснение понятиям:

Денатурация – это _____

Высаливание – это _____

ИЭТ – это _____

Глобулин – это _____

Лабораторная работа 3
ФЕРМЕНТЫ КЛАССА 1. ОКСИДОРЕДУКТАЗЫ

Цель занятия. Изучить ферменты, участвующие в дыхании.

Ферменты класса 1. Оксидоредуктазы катализируют окислительно-восстановительные превращения дыхательных субстратов. По характеру действия их можно разделить на четыре группы: 1) активаторы водорода (дегидрогеназы); 2) активаторы кислорода (оксидазы); 3) ферменты, выполняющие роль промежуточных переносчиков электрона; 4) вспомогательные ферменты.

Дегидрогеназы активируют атомы водорода, сообщая этим атомам способность переходить с метаболита на соответствующие акцепторы. **Каталитический процесс, в результате которого водород активируется и отделяется от метаболита, называется дегидрированием.** Все дегидрогеназы являются двухкомпонентными ферментами. По природе простетических групп они делятся на **пиридиновые и флавиновые.**

Коферментом пиридиновых дегидрогеназ является **никотинамид-аденин-динуклеотид (НАД)** или **никотинамид-аденин-динуклеотид-фосфат (НАДФ).** Простетической группой флавинпротеидов служат **флавин-мононуклеотид (ФМН)** или **флавин-аденин-динуклеотид (ФАД).**

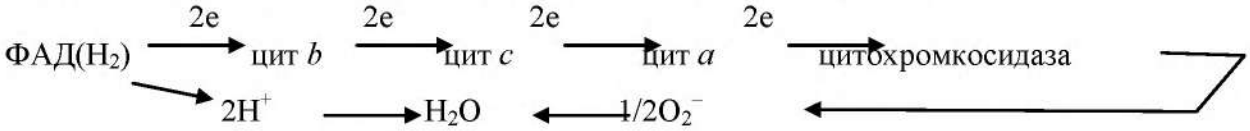
В ходе биологического окисления пиридиновые дегидрогеназы являются первыми акцепторами водорода. При этом субстрат окисляется, а НАД или НАДФ восстанавливается. Пиридиновые дегидрогеназы относятся к анаэробным дегидрогеназам. Они не могут передавать водород непосредственно на кислород. Окисление восстановленного НАД (или НАДФ) осуществляется либо через цитохром «с», либо с помощью аэробных флавиновых дегидрогеназ.

$$НАД(H_2) + ФАД \longrightarrow НАД + ФАД(H_2).$$

Окисление $ФАД(H_2)$ может осуществляться либо путем прямой передачи водорода на кислород с образованием перекиси водорода:

$$ФАД(H_2) + O_2 \longrightarrow ФАД + H_2O_2,$$

либо чаще путем транспорта электронов через систему цитохромов:



При переносе богатого энергией электрона через систему цитохромов происходит **окислительное фосфорилирование – образование богатых энергией макроэргических связей АТФ.**

Оксидазы. К этой группе биологических катализаторов относятся ферменты, функция которых состоит в активации молекулярного кислорода. Следовательно, оксидазы катализируют заключительные этапы окисления. Водород субстрата соединяется с кислородом. Типовая реакция заключительных оксидаз:

$$RH_2 + O_2 \longrightarrow 2R + 2H_2O.$$

Примером может служить работа широко распространенного в природе фермента – дифенолоксидазы.

дифенол (бесцветный) хинон (коричневый)

При работе оксидаз вместо свободного кислорода может образовываться перекись водорода:

$$RH_2 + O_2 \longrightarrow R + H_2O_2.$$

Образовавшаяся перекись водорода может служить донором кислорода при работе пероксидаз.

Избыток перекиси водорода разлагается вспомогательным ферментом – каталазой.

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2.$$

Терминальные оксидазы являются металлопротеидами. Пероксидазы и каталазы содержат геминовое железо. Они участвуют в образовании промежуточных перекисных соединений, не изменяя при этом своей валентности. Фенолоксидаза – медьпротеид.

Терминальные оксидазы являются металлопротеидами. Пероксидазы и каталазы содержат геминовое железо. Они участвуют в образовании промежуточных перекисных соединений, не изменяя при этом своей валентности. Фенолоксидаза медьпротеид.

Работа 3.1. ОБНАРУЖЕНИЕ ДЕГИДРОГЕНАЗ В СЕМЕНАХ ГОРОХА

Опыт основан на изменении окраски метиленовой синьки при ее восстановлении путем присоединения водорода. Восстановленный препарат – лейкосинька – бесцветна. Донорами водорода могут быть дегидрогеназы, находящиеся в семенах гороха.

Методика выполнения. Набухшие семена гороха очистить от оболочки и поместить по 3 шт. в две пробирки. В одну из пробирок налить воду и кипятить 5-10 мин. Воду слить и дать остыть.

Семена в обеих пробирках залить раствором метиленовой синьки на 5-10 мин. Окрашенные семена тщательно промыть водой. Для создания анаэробных условий налить в пробирки воду и закрыть пробками. Пробирки поставить в термостат при температуре 26-30°С. Через 40-60 мин пробирки вынуть и отметить окраску семян в каждой пробирке. Затем воду вылить, семена вытряхнуть на отдельные листочки бумаги. Следить за изменением окраски при доступе кислорода.

Оформление результатов опыта

1) Как изменилась окраска семян после нахождения их в термостате в анаэробных условиях? Объясните наблюдаемые явления.

_____

_____

2) Как изменилась окраска семян при переводе их в аэробные условия? Объясните, почему?

_____

_____

_____

_____

3) Роль дегидрогеназ в наблюдаемых явлениях.

Работа 3.2. ОБНАРУЖЕНИЕ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ КАРТОФЕЛЯ ДЕЙСТВИЕМ НА ГВАЯКОВУЮ СМОЛУ

Опыт основан на способности гваяковой смолы (НО—ГС—ОН) окислять дегидрированием по типу полифенолов под действием органических окислителей, с образованием окрашенных соединений (О=ГС=О).

Методика выполнения. Неочищенный картофель натереть на терке. Мезгу через марлю отжать в колбу. Сок отстоять для осаждения крахмала 5-10 мин. (Обратите внимание на постепенное побурение сока). В три пробирки налить примерно по 5 мл сока. В одной из пробирок сок прокипятить. Заложить опыт согласно схеме (табл. 6). Отметить окраску смеси в пробирках через одну и пять минут. Через 5 мин пробирки встряхнуть. Наблюдать за изменением окраски.

Для наблюдения распределения ферментов в тканях разрезать клубень. Нанести на срез несколько капель гваяковой смолы. Обратить внимание на неодинаковое посинение отдельных участков клубня.

Оформление результатов опыта

1) Заполнить таблицу 6.

Таблица 6

Окраска смеси сока картофеля и гваяковой смолы

№ пробирки	Состав смеси, в мл				Окраска смеси через	
	гваяковая смола	вода	сок картофеля		1 мин	5 мин
			сырой	кипяченый		
1	1,5	—	5	—		
2	1,5	—	—	5		
3	—	1,5	5	—		

2) Почему побурел сок или срез картофеля на воздухе? Свяжите этот процесс с окислением полифенолов в хиноны. Напишите схематическую реакцию.

2) Зарисуйте срез клубня картофеля после нанесения гваяковой смолы.

Рис. 10. Клубень картофеля после нанесения гваяковой смолы

4) На каких участках среза клубня картофеля наблюдается более интенсивная окраска, почему?

5) Объясните изменение окраски сырого сока картофеля и гваяковой смолы. Напишите схематическую реакцию. Почему не изменилась окраска смеси в других пробирках?

6) Зарисуйте пробирки после проведения реакции.

Рис. 11. Окраска смеси в пробирках через 1 минуту

Рис. 12. Окраска смеси в пробирке №1 через 5 минут

7) Как объяснить осветление сока в пробирке №1? Почему остается окрашенным только верхний слой? В чем причина посинения смеси после взбалтывания?

Работа 3.3. ОБНАРУЖЕНИЕ ПЕРОКСИДАЗЫ

Метод основан на изменении окраски гваяковой смолы при окислении ее пероксидазой. Однако, пероксидаза может использовать только кислород перекисей. Для прохождения реакции следует добавить перекись водорода. В клетке пероксидаза использует также органические перекиси.

Методика выполнения. Луковицу репчатого лука разрезать через верхушку и донце пополам. Нанести и равномерно распределить по срезу сначала несколько капель раствора гваяковой смолы. Отметить, изменилась ли окраска среза. Затем смочить срез перекисью водорода и следить за изменением окраски тканей. На предметном стекле смешайте несколько капель гваяковой смолы и перекиси водорода. Проследите, будет ли изменяться окраска?

Оформление результатов опыта

1) Зарисуйте срез луковицы после нанесения гваяковой смолы и перекиси водорода.

Рис. 13. Срез луковицы после нанесения смолы и перекиси водорода

2) Напишите схематическую реакцию процесса.

3) Объясните неодинаковую окраску отдельных участков среза.

_____
_____
_____
_____
_____

4) Почему не окрасилась ткань лука только при нанесении гваяковой смолы?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

5) Почему не появилась окраска при смешении гваяковой смолы и перекиси водорода на предметном стекле? Какой компонент реакции отсутствует?_____

Работа 3.4. ГИСТОХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ НА ЦИТОХРОМОКСИДАЗУ

Реакция основана на том, что в присутствии цитохрома «с» цитохромоксидаза может окислять смесь диметилпарафенилендиамина и нафтола (реактив «нади») с образованием окрашенного соединения – индофенолового синего.

Методика выполнения. Набухшую зерновку кукурузы разрезать вдоль через зародыш. Поместить срез на предметное стекло в каплю реактива «нади». Проследить за изменением окраски тканей.

Оформление результатов опыта

1) Зарисуйте срез зерновки кукурузы после нанесения реактива «нади».

Рис. 14. Зерновка кукурузы после обработки реактивом «Нади»

2) На каких участках зерновки наблюдается более интенсивная окраска? Как это объяснить?

Работа 3.5. ОТКРЫТИЕ ФЕРМЕНТА КАТАЛАЗЫ В СЕМЕНАХ ГОРОХА

Опыт основан на наблюдении за выделением пузырьков кислорода при разложении перекиси водорода ферментом каталазой.

Методика выполнения. В три пробирки налейте по 5 мл 3% перекиси водорода. В одну из пробирок поместить набухшие семена гороха. Во вторую такое же семя, но предварительно прокипяченное в отдельной пробирке с небольшим количеством воды. В третью пробирку бросить сухое семя гороха. Наблюдать и послушать, что происходит в каждой из пробирок.

Оформление результатов опыта

1) Напишите реакцию разложения перекиси водорода каталазой.

2) Почему отсутствует реакция в пробирке с прокипяченным семенем гороха?

3) Чем объяснить первоначальное отсутствие реакции и ее усиление со временем в пробирке с сухим семенем гороха?

4) Какую роль играет каталаза в жизни клетки?

Задание для самостоятельной работы

Работа 3.6. ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ

Используя методические указания и результаты проведенных опытов, заполните таблицу 7.

Таблица 7

Характеристика работы окислительно-восстановительных ферментов

Название ферментов	Химическая природа протетической группы	Биологический материал, содержащий фермент	Доноры водорода (окисляющиеся вещества)	Акцептор водорода (восстанавливающиеся вещества)	Продукты реакции и их окраска
Анаэробная дегидрогеназа					
Аэробная дегидрогеназа					
Полифенол-оксидаза					
Пероксидаза					
Цитохром-оксидаза					
Каталаза					

Лабораторная работа 4
ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ КРАХМАЛА

Цель занятия. Изучить на примере гидролиза крахмала превращение веществ в растении, особенности ферментативного катализа.

Все углеводы делятся на моносахариды, олигосахариды, полисахариды. Моносахариды в зависимости от числа атомов углерода, входящих в состав молекулы, разделяются на триозы (3), тетрозы (4), пентозы (5), гексозы (6) и гептозы (7). В молекуле сахара, кроме спиртовых групп -ОН, обязательно имеется альдегидная или кетонная группа. Сахара, имеющие альдегидную группу, называются альдозами, имеющими кетонную группу – кетозами и являются восстанавливающими сахарами.

Альдозы и кетозы с жидкостью Фелинга, при нагревании образуют кирпично-красный осадок закиси меди.

Углеводы, состоящие из 2-10 молекул моносахаридов, называются олигосахаридами. Например, сахароза – это дисахарид, состоящий из остатка глюкозы и остатка фруктозы. Причем альдегидная группа глюкозы использована на связь с фруктозой и поэтому сахароза реакции с фидкостью Фелинга не дает. Мальтоза – это дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы, причем альдегидная группа одной из молекул глюкозы остается свободной и обусловливает реакцию с жидкостью Фелинга.

Полимеры, состоящие из более 10 моносахаридов, называются полисахаридами. К числу широко распространенных полисахаридов относится крахмал. Он на 96,1-67,6% состоит из полисахаридов, образующих при полном гидролизе глюкозу. Углеводная часть крахмала представлена двумя полисахаридами – амилозой и амилопектином.

В молекуле амилозы остатки глюкозы связаны глюкозидными связями между первым и четвертым углеродными атомами и образуют длинную неразветвленную цепочку. В молекуле амилопектина глюкозные остатки соединены глюкозидными связями не только через первый и четвертый атомы углерода, но также и между первым и шестым. В результате амилопектин имеет разветвленную структуру.

В растениях имеется два фермента, расщепляющих крахмал. β-амилаза расщепляет крахмал только в неразветвленной части молекулы, и действие ее прекращается, когда расщепление доходит до разветвлений в молекуле амилопектина. β-амилаза расщепляет амилопектин до мальтозы всего на 54%. Декстрины, образующиеся под действием β-амилазы, гидролизуются α-амилазой.

Для обнаружения крахмала и промежуточных продуктов гидролиза используют слабый раствор йода в йодистом калии. На наличие крахмала указывает темно-синяя окраска. Промежуточные продукты гидролиза дают окраску от сине-фиолетового до желтого. Чем короче цепочка образовавшегося декстрина, тем слабее его окраска.

Работа 4.1. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ НА ГИДРОЛИЗ КРАХМАЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ АМИЛАЗ

Цель работы. На основе проведения опытов установить влияние внешних условий на работу ферментов, изучить специфичность ферментов, различия в действии ферментов по сравнению с неорганическими катализаторами.

Фермент амилаза относится к классу 3. Гидролазы, в большом количестве содержится в прорастающем зерне, слюне и соке поджелудочной железы, катализирует гидролиз крахмала с образованием конечного продукта – дисахарида мальтозы.

Методика выполнения. Отвесить 2 г солода (пророщенные, высушенные и размолотые зерна ячменя). Отмерить цилиндром 10 мл дистиллированной воды. Перенести навеску солода в фарфоровую ступку, добавить 2-3 мл воды, растереть пестиком до однородной массы. Перенести растертую массу в пробирку, остатками воды (7-8 мл) смыть остатки в ту же пробирку, пробирку взболтать и поставить в водяную баню при температуре 40-50°С для активации фермента. После этого отфильтровать, осадок из пробирки на фильтр переносить не следует, это задержит фильтрование.

Заложить опыт согласно схеме (табл. 8).

Таблица 8

Схема опыта

Вариант	Температура, °С	Субстрат	Катализатор
1	50	крахмал	вытяжка из солода
2	комнатная	—	вытяжка из солода
3	50	—	вытяжка из солода, 2 дозы
4	0	—	вытяжка из солода
5	100	—	вытяжка из солода
6	50	—	серная кислота
7	100	—	серная кислота
8	50	сахароза	вытяжка из солода
9	50	—	серная кислота
10	100	—	серная кислота

Примечание. Количество капель вытяжки фермента или кислоты указывается преподавателем.

На каждый предложенный вариант необходимо отмерить в пробирку по 10 мл субстрата и поместить ее в заданные условия для того, чтобы он приобрел необходимую температуру. За этот период, для каждого варианта опыта, нужно приготовить по 10 пробирок с 5 мл 1% раствора йода, расположив их в штативе в один ряд. Эти пробирки будут служить индикатором на содержание крахмала в гидролизате (крахмал + катализатор).

После того как клейстер приобрел необходимую температуру, возьмите пробу на крахмал. Для этого 3 капли крахмального клейстера по каждому варианту перенести в первую пробирку с раствором йода, соответствующего ряда. Темно-синяя окраска свидетельствует о наличии крахмала.

Добавьте в пробирки с крахмальным клейстером указанное количество катализатора и вновь поставьте их в обусловленную опытом температуру. Далее через каждые 5 мин берите пробу из гидролизата на крахмал. Для этого 3 капли гидролизата капайте в следующую пробирку с раствором йода. Йод будет окрашивать крахмал и продукты его гидролиза в разные цвета. После окончания гидролиза проведите реакцию с жидкостью Фелинга. Для этого к 1 мл гидролизата добавьте 1 мл сегнетовой соли и 1 мл медного купороса и смесь нагрейте.

На основе результатов опыта сделайте выводы.

Оформление результатов опыта

1) Заполните таблицу 9.

Таблица 9

Влияние условий на работу амилаз

Варианты опыта	Температура, °С	Субстрат	Катализатор	Окраска пробы на йод										Время гидролиза (мин)	Реакция Фелинга
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		есть/нет
1	50	крахмал	амилаза												
2	комн.	—	амилаза												
3	50	—	2 дозы												
4	0	—	амилаза												
5	100	—	амилаза												
6	50	—	H_2SO_4												
7	100	—	H_2SO_4												
8	50	сахароза	амилаза												
9	50	—	H_2SO_4												
10	100	—	H_2SO_4												

2) Ответить на вопросы.

а) Как влияет температура на гидролиз крахмала под действием амилаз?

б) Какие результаты опытов свидетельствуют о специфичности действия ферментов?

в) Чем отличается действие кислоты от действия ферментов (температура, специфичность)?

3) Зарисуйте схематическое строение молекулы крахмала. Укажите место действия альфа и бета-амилаз.

Рис. 15. Схема строения молекулы крахмала

Рис. 16. Схема действия альфа- и бета-амилаз

Задание для самостоятельной работы

1) Ответьте на вопросы.

а) Почему при высокой температуре фермент не работает?

б) Что такое специфичность действия фермента? Чем она объясняется?

в) К какому классу ферментов относятся амилазы?

г) Чем отличается действие α-амилазы от β-амилазы?

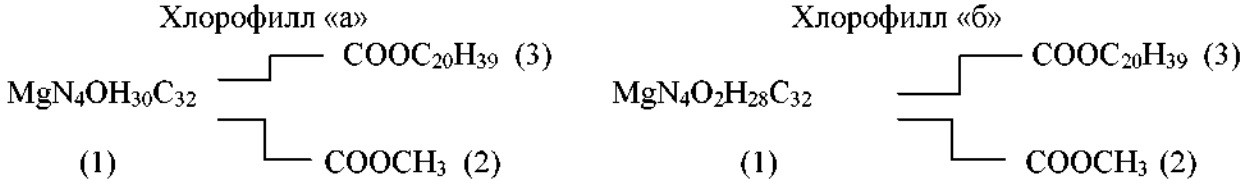
Лабораторная работа 5.
ПИГМЕНТЫ ХЛОРОПЛАСТОВ И ИХ СВОЙСТВА

Цель занятия. Научиться извлекать и разделять пигменты хлоропластов. Ознакомиться с их физическими, химическими и оптическими свойствами.

Фотосинтез является самым характерным процессом жизнедеятельности растений, основным источником накопления органического вещества и энергии на Земле. В этом процессе из углекислого газа и воды за счет энергии света происходит образование органического вещества.

Главная роль в процессе фотосинтеза принадлежит пигментам листа: зеленым – хлорофиллам «а» и «б», желтым – каротинам и ксантофиллам (каротиноидам). Установлено, что донором энергии для фотосинтетических реакций служит хлорофилл «а». Остальные пигменты передают ему поглощенную энергию.

По химической природе хлорофиллы «а» и «б» – сложные эфиры дикарбоновой кислоты – хлорофиллина (1) и двух спиртов: метила (2) и, встречающегося только в растениях, спирта фитола (3):



Каротиноиды – это непредельные углеводороды с эмпирической формулой C_{40} H_{56}. Они обладают ярко выраженными гидрофобными свойствами, сродством к липофильным растворителям.

Ксантофиллы – кислородсодержащие производные каротина. Они имеют от одной до шести гидроксильных групп (–ОН). Основной представитель – лютеин имеет формулу $C_{40}H_{56}O_2$. Имея гидроксильные группы, ксантофиллы обладают гидрофильными свойствами, легко растворяются в спирте и хуже, чем каротиноиды, в липофильных растворителях.

Работа 5.1. ПОЛУЧЕНИЕ СПИРТОВОЙ ВЫТЯЖКИ СМЕСИ ПИГМЕНТОВ ЛИСТА

Методика выполнения. Живой или высушенный лист растения мелко нарезать в ступку, прибавить немного кварцевого песка и растереть с 3 мл этилового спирта. Продолжая растирать, постепенно добавить еще 5-7 мл спирта. Сильно разбавлять вытяжку не следует, необходимо получить раствор темно-зеленого цвета. Через фильтр, предварительно смоченный этиловым спиртом, отфильтровать полученную вытяжку в пробирку. Полученный фильтрат использовать для последующих опытов.

Оформление результатов опыта

1) Перечислите, какие пигменты листа перешли в спиртовую вытяжку.

Работа 5.2. РАЗДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ МЕТОДОМ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ (МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА М. С. ЦВЕТА)

Принципы хроматографии впервые были разработаны русским физиологом М. С. Цветом в начале XX века. Метод основан на различной адсорбции пигментов на бумаге и разной растворимости в подвижном растворителе, в данном случае бензине. Бензин, поднимаясь по бумаге, увлекает за собой нанесенные пигменты. Скорость перемещения, а значит, и высота подъема каждого пигмента зависит от сродства его к целлюлозе и растворимости в бензине (липофильный растворитель). Чем лучше растворяется пигмент в растворителе и меньше его адсорбционное сродство к целлюлозе, тем быстрее он передвигается и выше располагается от места нанесения вытяжки.

Методика выполнения. Взять полоску хроматографической бумаги (не руками, за петельку) и нанести на нее вдоль стартовой линии, в виде полосы, спиртовую вытяжку пигментов. После высыхания вытяжку наносят еще 3-5 раз, пока не образуется ярко-зеленое пятно. Держа бумажную полоску за петельку, опустить ее строго вертикально в цилиндр, чтобы кончик (3-4 мл) касался бензина. Цилиндр закрыть пробкой и поставить для разгонки пигментов в темное место (на свету пигменты разрушаются).

Оформление результатов опыта

1) Зарисовать установку для разделения пигментов. Объяснить, какой из пигментов и почему расположен на хроматограмме выше.

Рис. 17. Установка для разделения пигментов

2) Зарисовать хроматограмму, обозначить места расположения отдельных пигментов.

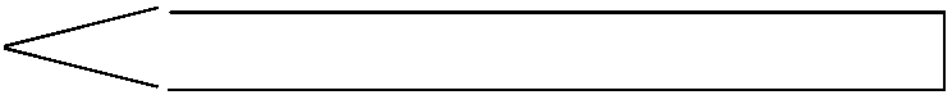


Рис. 18. Хроматограмма вытяжки пигментов листа

Работа 5.3. РАЗДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ПО КРАУСУ

Метод основан на разной растворимости отдельных пигментов в двух несмешивающихся жидкостях – бензине и спирте.

Методика выполнения. В большую пробирку налить 1 мл спиртовой вытяжки, 1,5 мл бензина и 2-4 капли воды. Закрыть пробирку пальцем и энергично встряхнуть. После отстаивания жидкость в пробирке разделится на два слоя. Бензин, как более легкий, расположится сверху, а спирт – внизу. Бензиновый слой будет окрашен в зеленый цвет, сюда

переходит хлорофилл и каротин, спиртовой слой будет окрашен в золотисто-желтый, в нем останется наиболее гидрофильный пигмент – ксантофилл.

Оформление результатов опыта

1) Зарисуйте пробирку с разделившимися пигментами. Укажите, в каком слое, какие пигменты располагаются. Основываясь на строении молекулы, объяснить различную растворимость пигментов в спирте и бензине.

Рис. 19. Разделение пигментов по Краусу

Работа 5.4. ОМЫЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА ЩЕЛОЧЬЮ И ОТДЕЛЕНИЕ КАРОТИНА

Из пробирки с пигментом, разделенным по Краусу, пипеткой отсосать нижний желтый раствор, перенести его в тонкую пробирку и сохранить для дальнейшей работы. Если в пробирке осталось немного желтого раствора, то отсосать его с частью зеленого и обезличить.

В оставшуюся зеленую вытяжку добавить равный объем этилового спирта, две капли воды и кристаллик щелочи. Пробирку энергично встряхнуть. Под действием щелочи происходит омыление хлорофилла. Метиловый спирт и спирт фитол отщепляются, образуя калиевую соль хлорофиллиновой кислоты – хлорофиллид калия. Это соединение сохраняет зеленый цвет и основные оптические свойства хлорофилла, но в результате отщепления гидрофобного «хвоста» хлорофиллид обладает более выраженными гидрофильными свойствами, поэтому из бензина переходит в спирт. После отстоя жидкость в пробирке вновь разделится на два слоя: верхний бензиновый – желтый, нижний спиртовой – зеленый.

Оформление результатов опыта

1) Напишите реакцию омыления хлорофилла.

2) Зарисуйте пробирку с разделившимися слоями жидкости. Укажите, в каком слое растворены отдельные пигменты. Объясните, почему хлорофилл после омыления перешел из бензина в спирт?

Рис. 20. Разделение пигментов после омыления хлорофилла

Работа 5.5. ПОЛУЧЕНИЕ ФЕОФИТИНА И ОБРАТНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ ВОДОРОДА АТОМАМИ МЕТАЛЛА

Предлагаемый опыт позволяет убедиться, что зеленая окраска хлорофилла зависит от металлоорганической связи атомов азота в порфириновом ядре. Атом магния в порфириновом ядре удерживается сравнительно слабо и при осторожном действии сильных кислот его можно заменить двумя протонами. Это приводит к образованию вещества бурого цвета – феофитина.

Если на феофитин подействовать солями меди, цинка или ртути, то два протона в ядре замещаются соответствующими металлами. Зеленая окраска несколько отличная от хлорофилла, вновь восстанавливается.

Методика выполнения. В две пробирки взять по 2-3 мл спиртовой вытяжки пигментов и в одну из них прибавить по каплям 10% соляной кислоты. Убедиться, что зеленая окраска перешла в бурую (феофитин). В пробирку с феофитином внести несколько кристалликов уксуснокислой меди и осторожно нагреть на спиртовке. Убедиться, что бурый цвет вновь перешел в зеленый.

Оформление результатов опыта

1) Написать реакцию образования феофитина под действием соляной кислоты.

2) Написать реакцию замещения протонов в ядре порфирина на атомы меди под действием уксуснокислой меди при нагревании.

3) Зарисовать пробирки с исходными и производными веществами.

Рис. 21. Пробирка с хлорофиллом

Рис. 22. Пробирка с феофитином

Рис. 23. Пробирка с хлорофиллидом меди

Работа 5.6. ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИГМЕНТОВ ЛИСТА

Световая энергия в процессе фотосинтеза должна быть поглощена пигментом листа. Однако поглощение видимого света осуществляется не во всех диапазонах спектра. Каждый пигмент имеет свой характерный спектр поглощения. Те лучи, которые поглощаются пигментами и используются при фотосинтезе, получили название фотосинтетически активной радиации (ФАР).

Методика выполнения. Установить спектроскоп по отношению к свету так, чтобы все области спектра имели одинаковую яркость. Поочередно помещая перед щелью спектроскопа пробирки, с вытяжками разных пигментов, определить положение темных полос, которые соответствуют лучам, поглощаемых данным пигментом.

Оформление результатов опыта

1) Зарисуйте спектрограммы для разных пигментов.

хлорофилл «а» и «б»

каротин

ксантофилл

2) Ответьте на вопросы.

а) В каких лучах спектра наблюдается максимум поглощения хлорофиллов?

б) В каких лучах спектра наблюдается максимум поглощения каротина и ксантофилла? _____

в) Какие лучи спектра видимого света не поглощают пигменты листа?

Задание для самостоятельной работы

1) Ответьте на вопросы и сделайте рисунки.

а) Зарисуйте структурную формулу хлорофилла.

Структурной основой молекулы хлорофилла является порфириновое ядро, состоящее из пиррольных колец. В центре находится атом магния, связанный с четырьмя атомами азота, которые придают ядру гидрофильный характер. Фитол, занимающий большую часть молекулы хлорофилла, состоит из углеводородных группировок и придает молекуле гидрофобные свойства. Таким образом, молекуле хлорофилла свойственны гидрофильные свойства, что имеет важное значение для пространственного фиксирования молекулы хлорофилла в ламеллах – гран хлоропластов.

Рис. 24. Структурная формула хлорофилла «а»

Лабораторная работа 6
СМЕЩЕНИЕ pH ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ УСВОЕНИИ АММИАЧНОЙ И НИТРАТНОЙ ФОРМ АЗОТА

Цель занятия. Изучить способность корневой системы изменять кислотность окружающего раствора.

Корни растений способны активно изменять реакцию среды в связи с постоянным обменом ионами, свойствами протоплазмы, выделением органических кислот из клеток. Особенно быстро происходит изменение pH в небуферных растворах.

Потребность растений в различных ионах неодинакова. Это приводит к преимущественному поглощению из соли либо аниона, либо катиона, что также в сильной степени изменяет реакцию среды. Соли, из которых преимущественно поглощается катион (в обмен на H+) называются физиологически кислыми, если поглощается анион – физиологически щелочными. Это необходимо учитывать при составлении питательных растворов и применении удобрений. Иначе возможно сильное изменение pH в нежелательную сторону.

Работа 6.1. СМЕЩЕНИЕ pH КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ В РАСТВОРАХ С РАЗНОЙ КИСЛОТНОСТЬЮ

Цель работы. Убедиться в быстром смещении pH среды под действием корневой системы.

Материалы и оборудование. Широкие стаканчики, pH-метр; штатив с пробирками; пипетки на 1 и 5 мл; раствор Кнопа; 0,01Н растворы NaOH и HCl; проростки растений ячменя.

Методика выполнения. В четыре стаканчика налить по 5 мл раствора Кнопа. Определить исходный pH раствора. Добавляя по каплям NaOH или HCl, установить в разных пробирках pH: 5,0; 6,0; 7,0; 7,8. В каждый из стаканчиков поместить в раствор 5 ростков ячменя. Через час определение pH повторить.

Оформление результатов опыта

1) Заполнить таблицу 10.

Таблица 10

Смещение pH раствора Кнопа корнями растений

Варианты	pH питательной смеси	
	в начале опыта	в конце опыта
1	5,0	
2	6,0	
3	7,0	
4	7,8	

2) Сделайте вывод о характере смещения кислотности раствора.

Работа 6.2. ИЗМЕНЕНИЕ pH ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА КОРНЯМИ РАСТЕНИЙ ПРИ РАЗНЫХ ИСТОЧНИКАХ АЗОТА

Цель работы. Определить смещение pH питательного раствора, содержащего различные источники азота (нитратные, аммиачные формы или нитратные и аммиачные вместе).

Материалы и оборудование. Стеклянные банки 0,25 л; марля, пропитанная парафином; pH-метр; резиновые кольца; питательные смеси Кнопа, Прянишникова Пфеффера-Кнопа (видоизмененная) (табл. 11); проростки растений пшеницы с развитыми корнями.

Методика выполнения. Определить исходную pH раствора. Налить раствор на 5-8 мм ниже края 0,25 л банки. Банки с раствором завязать пропарафиненной марлей. В марле сделать отверстия и пропустить через них в раствор корни растений. Через 6-8 дней повторно определить pH раствора.

Таблица 11

Состав питательных смесей (г/л)

Соли	Кнопа	Измененная Пфеффера-Кнопа	Прянишникова
$Ca(NO_3)_2$	1,0	—	—
$(NH_4)_2SO_4$	—	0,78	—
NH_4NO_3	—	—	0,24
KH_2PO_4	0,25	0,33	—
$CaHPO_4$	—	—	0,17
$MgSO_4$	0,25	0,33	0,06
$CaSO_4$	—	0,34	0,34
KCl	0,13	0,16	0,16
$FeCl_3$	0,01	0,01	0,03

Оформление результатов опыта

1) Заполнить таблицу 12.

Таблица 12

Изменение pH раствора при использовании растениями разных источников азота

Название смеси	Источник азота	pH раствора	
		в начале опыта	в конце опыта
Кнопа			
Пфеффера-Кнопа			
Прянишникова			

2) Описать и объяснить характер изменения pH раствора в различных смесях.

Лабораторная работа 7
РАЗДЕЛЕНИЕ ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ ЗЛАКОВЫХ И БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Цель занятия. Выделить из муки различных культур разные фракции запасных белков и сделать сравнительные выводы об их относительном содержании.

Все белки, встречающиеся в растении, разделяются на две большие группы: протеины и протеиды. Протеины – простые белки, состоят только из аминокислот. Чаще всего – это запасные белки, но многие из них выполняют и конституционные функции, т.е. используются на построение структур клетки.

Протеиды – это сложные белки. Они являются соединением простого белка с каким-либо веществом небелковой природы. Сложные белки, как правило, выполняют конституционные функции. Белки играют важную роль в питании человека и животных. Пищевая ценность того или иного продукта сельского хозяйства порой целиком определяется как общим количеством в них белков, так и их качеством. Качественный состав белков у разных растений неодинаков. Среди протеинов часто встречаются:

1) альбумины – белки растворимые в воде. Легко свертываются при кипячении. В растениях встречаются в небольшом количестве;

2) глобулины – нерастворимые в воде, но растворимые в водных растворах солей. Распространены в растительном мире;

3) проламины – растворимы в 70% спирте;

4) глютелины – растворимы только в слабых растворах щелочей.

Работа 7.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ ИЗ СЕМЯН ЗЛАКОВЫХ И БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Приготовление теста из пшеничной муки. Навеску муки 25 г поместить в фарфоровую чашку и прилить к ней 14 мл водопроводной воды. Пестиком замесить тесто в один комок до тех пор, пока оно не будет однородным. Полученное тесто тщательно размять руками, скатать в виде шара, положить в чашку. От шара взять небольшой кусочек теста и поместить его в пробирку. Остаток теста закрыть бумагой и оставить на 20 мин для того, чтобы все частички муки равномерно пропитались водой. В дальнейшем он будет использован для отмывания клейковины.

Получение клейковины (специфического комплекса белков пшеницы). Через 20 мин после замешивания тесто из фарфоровой чашки поместить в кристаллизатор с водопроводной водой и отмыть клейковину от крахмала, отрубей и других веществ, опуская тесто в воду и разминая его пальцами. Отмывать нужно осторожно, чтобы вместе с крахмалом не удалились частицы клейковины (промывочную воду сменять 3-4 раза). Когда клейковина станет упругой, промывание ее продолжать под слабой струей водопроводной воды.

Выделение альбуминов. Для выделения альбуминов из пшеничной муки используется отделенный в пробирку кусочек теста. Для этого в пробирку прилить воду на 3-4 см выше теста. Периодически встряхивать пробирку и настаивать 20 мин.

Для извлечения этой группы белков из зерна гороха и кукурузы 10 г муки поместить в стакан и залить 50 мл воды. Содержимое перемешать стеклянной палочкой и настаивать 20 мин. По прошествии этого времени жидкость из пробирки или стакана отфильтровать сначала через марлю, затем – через бумажный фильтр. В фильтрат переходят водорастворимые белки – альбумины.

Выделение глобулинов, проламинов и глютелинов. Для выделения остальных трех групп белков использовать отмытую клейковину (пшеница) или рассыпчатый остаток на марле (горох и кукуруза). Для этого разделить их примерно на три равные части.

Отделенную часть поместить в фарфоровую ступку и тщательно растереть с 5 мл соответствующего растворителя:

для выделения глобулинов – 10% хлористый натрий;

проламинов – 70% этиловый спирт;

глютелинов – 0,5% едкий калий (не растирать, а размешать!).

Растертую массу отфильтровать через бумажный фильтр, предварительно смочив его соответствующим растворителем. С вытяжками всех групп белков провести биуретовую реакцию.

Методика проведения биуретовой реакции. К 1 мл вытяжки белка прибавить 0,5 мл 10% раствора едкого калия и по каплям 1% раствора медного купороса до интенсивной окраски (10-12 капель). После этого жидкость встряхнуть и, после отстаивания избытка реактива, над осадком будет характерное окрашивание. Если окраска фиолетовая или синяя, то белок есть, а если окраска зеленоватая, как 1% раствор медного купороса – белка нет. Фиолетовая окраска появляется за счет образования биурета.

В другой пробирке прокипятить 2 мл вытяжки. Белок коагулирует и переходит в осадок. По интенсивности окраски, степени помутнения раствора или появлению осадка можно судить об относительном содержании белка.

Все пробирки с результатами биуретовой реакции и после кипячения заэтикировать, для чего в ее горлышко поместить кусочек бумаги с соответствующей надписью.

Оформление результатов опыта

1) Заполните таблицу 13, где содержание отдельных фракций белков в муке выразить в градации: много, мало, нет.

Таблица 13

Содержание отдельных фракций белка в различных видах муки

Мука	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины
Пшеничная				
Гороховая				
Кукурузная				

2) Сделайте вывод о различном фракционном составе и общем количестве белков в семенах злаковых и бобовых культур.

3) Объясняются ли технологические качества муки фракционным составом ее белка? Приведите примеры.

4) Какие группы белков образуют клейковину? Объясните значение количества и качества клейковины в дрожжевом хлебопечении.

Задание для самостоятельной работы

1) Заполните таблицу 14.

Таблица 14

Содержание белка и отдельных его фракций в семенах злаковых культур (в %)

Культура	Общий белок	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины
Пшеница					
Рожь					
Кукуруза					
Ячмень					

Лабораторная работа 8
ВЫДЕЛЕНИЕ КЛЕЙКОВИНЫ И ОЦЕНКА ЕЁ КАЧЕСТВА

Под клейковиной понимают белковый комплекс, образующийся при отмывании теста от крахмала и обладающий упругими и эластичными свойствами. Содержание клейковины находится в прямой зависимости от общего количества белка и изменяется, как и ее свойства, в зависимости от условий выращивания растений, видовых и сортовых особенностей.

Клейковина, отмытая из пшеничного теста, представляет собой сильно гидратированный гель, состоящий в основном из белков, но содержащий кроме него углеводы, липиды и минеральные вещества.

Содержание компонентов клейковины зависит от сорта муки, ее подготовки к замесу, продолжительности отмывания и различных других факторов. Сумма белков в клейковине составляет 75-99 %, представленных главным образом, глиадином (до 45 %) и глютенином (до 42 %).

Значение клейковины заключается в том, что она формирует тесто. При замешивании муки с водой в процессе приготовления теста отдельные частицы клейковины, набухая, слипаются друг с другом и образуют непрерывную фазу гидратированного белка, в результате чего и образуется компактная, упругая масса теста. Углекислый газ, выделяемый дрожжами при брожении теста, растягивает клейковину, т.е. разрыхляет эту массу, увеличивая ее объем, придает ей мелкопористую структуру, которая закрепляется при выпечке, образуя характерную пористую структуру хлебного мякиша.

Качество выпекаемого хлеба во многом зависит от свойств клейковины. Клейковина является весьма лабильным продуктом и довольно легко изменяет свои вязко-упруго-эластичные свойства под влиянием различных факторов. На свойства клейковины могут оказывать действие, например, активное вентилирование, тепловая сушка, низкие температуры, газация; операции, связанные с подготовкой зерна к помолу (гидротермическая обработка); размол в муку; процессы, происходящие при хранении зерна и муки и, наконец, целый цикл процессов, связанных с приготовлением теста и выпечкой хлеба. Под влиянием высокой температуры клейковина денатурируется, теряет связность, становится жесткой, неэластичной, малорастяжимой. Причем, чем выше влажность зерна, тем чувствительнее оно к тепловой денатурации. Однако, если зерно имеет слабую клейковину, то кратковременное тепловое воздействие можно использовать как один из способов ее укрепления.

Укрепляющим действием обладают также различные окислители – непредельные жирные кислоты и некоторые другие вещества. При этом происходит окисление сульфгидрильных (-SH-) или пептидных (-CO-NH-) группировок в соседних макромолеку-

лах клейковинного белка, в результате чего возможна их спайка через дисульфидные (-S–S-) или азотные –CO–N–

|

-CO–N-

мостики, что усиливает жесткость всего клейковинного комплекса. К веществам, понижающим упругие свойства клейковины, относятся такие как бисульфиты, цистеин, мочевина, глютатион, неионогенные эмульгаторы, протеолитические ферменты. Итак, различают клейковину "нормального качества", "слабую", "крепкую", "крошащуюся" и др. Качество клейковины определяют различными методами, например, по скорости растягивания клейковины под тяжестью пятиграммовой гирьки. Определение качества клейковины производят также с помощью вискозиметра Ауэрмана-Воскресенского. В этом случае о механических свойствах клейковины судят по продолжительности истечения навески 2 г клейковины через отверстие сечением в 4,9 мм под давлением груза в 3 кг. В настоящее время для определения вязко-эластичных свойств клейковины применяют пенетрометры различных марок, а также отечественные приборы ПЭК-3, ПЭК-3А, ИДК-I. С помощью пенетрометров измеряют глубину проникновения в клейковину специального тела с погружением, а с помощью ПЭК-3А и ИДК-I – сжимаемость шарика клейковины под влиянием известного груза за определенное время.

Для суждения о качестве клейковины определяют также её расплываемость. Из клейковины делают шарик, который кладут под стеклянный колпак, и оставляют при определенной температуре на некоторое время. Если была взята мука из зерна, поврежденного клопом-черепашкой, т.е мука, содержащая активные ферменты, расщепляющие белки, шарик расплывается. Если мука была нормальная, хорошая, то после отлежки форма шарика практически не изменится. Если мука была получена из морозобойного зерна, то в этом случае, наоборот, шарик клейковины станет даже более компактным.

Работа 8.1. Определение физических показателей качества клейковины

За одним столом готовят тесто из 2-х навесок муки по 25 г одного сорта. Один кусочек теста используют для определения фракционного состава муки и получения клейковины для изучения физических свойств: цвета, растяжимости и эластичности. Второй для определения сырой и сухой клейковины, степени гидратации и примерного содержания белка в образце.

Приготовление теста из пшеничной муки и получение клейковины

Навеску муки 25 г поместить в чашку, добавить 14 мл водопроводной воды с температурой 18-20^{0}С. Шпателем замесить тесто в один комок до тех пор, пока оно не станет однородным. Полученное тесто тщательно размять руками и оставить на 20 мин. Для того, чтобы все частицы муки равномерно пропитались водой. Затем от одного кусочка теста отделяется 4 кусочка (около 1 г) для определения фракционного состава белка, а из остатка отмывается клейковина для определения физических свойств теста. Из второго целиком отмывается клейковина, отжимается, взвешивается до 0,01 г и высушивается в сушильном шкафу при температуре103-108^{0}С. По результатам содержания сырой и сухой клейковины определяют степень гидратации клейковины – способность клейковины набухать и удерживать воду.

Например: определено 41% сырой и 15% сухой клейковины. Степень гидратации составит ((41-15) · 100) : 15 = 173%. Приблизительное содержание белка равно (% сухой клейковины + 3%) 15+3=18%.

Приготовление теста из муки ржи и ячменя и получение клейковины

Навеску 25 г тонко измельченной муки поместить в чашку, добавить 14 мл водопроводной воды нагретой до 50^0С, замесить тесто и сформировать комочек. После отлежки теста в течение 2-х часов при температуре 45-50^0С отмыть клейковину. В остальном поступают так же, как с клейковиной пшеницы.

Получение клейковины

После отлежки, через 20 мин, комочек теста поместить в кристаллизатор с водопроводной водой и отмыть клейковину от крахмала и других веществ, опуская тесто в воду и разминая его пальцами. Отмывать нужно осторожно, чтобы с промывными водами не растерять мелкие кусочки клейковины, промывочную воду сменить 3-4 раза. Отмытую клейковину с силой отжать руками от избытка воды, которая должна быть без мути. Полноту отмывки контролируют реакцией на крахмал раствором йода.

Последовательное выделение фракционных белков

Каждый из 4-х кусочков теста используется для выделения одной фракции белка, используя разные растворители. Кусочек теста поместить в ступку, залить 5 мл соответствующего растворителя, растереть, полученный раствор профильтровать через бумажный фильтр.

Для выделения различных фракций используют:

альбумины – вода дистиллированная;

глобулины – 10% раствор NaCl;

проламины – 70% этиловый спирт;

глютелины – 0,5 % раствор КОН.

Для обнаружения белка используется биуретовая реакция. Для ее выполнения поместить в 4 пробирки по 1 мл вытяжки каждой фракции белка, прибавить по 0,5 мл 10% раствора щелочи и по каплям, потряхивая, раствор медного купороса до изменения окраски. После этого жидкость встряхнуть и, после отстаивания, над осадком будет характерное окрашивание. Если окраска фиолетовая или синяя – белок есть, если окраска зеленоватая, как 1% раствор медного купороса – белка нет.

Качество сырой клейковины характеризуют цветом, эластичностью и растяжимостью.

Цвет определяют органолептически и выражают терминами “светлая” и “темная”.

Растяжимостью клейковины называется ее свойство растягиваться в длину.

Кусочек клейковины 3-4 раза обминают пальцами, делают из нее шарик, который помещают в чашку с водой (t^0 около 18 ^{0}С) на 15 мин и затем определяют ее растяжимость.

Клейковину захватывают тремя пальцами правой и левой руки и над линейкой равномерно растягивают ее около 10 с до разрыва. Перед определением растяжимости, а также эластичности, перебивка клейковины не допускается, а при растягивании не допускается подкручивание клейковины. В момент разрыва клейковины отмечают ее длину, на которую она растянулась.

Короткая клейковина растягивается до 10 см.

Средняя.....свыше 10 до 20 см включительно.

Длинная.....свыше 20 см.

Эластичность клейковины устанавливают на отдельных кусочках, оставшихся после определения растяжимости. Для этого кусочек клейковины растягивают над линейкой приблизительно на 2 см и отпускают. По тому, как скоро восстанавливается первоначальная длина определяют ее эластичность.

Клейковина по эластичности:

хорошая – достаточно хорошо растягивается, а ее длина почти полностью постепенно восстанавливается до первоначальной после снятия растягивающего усилия;

неудовлетворительная – а) совсем не восстанавливает свою первоначальную форму после снятия растягивающего усилия; б) такая клейковина растягивается мало, с частичными разрывами и после снятия растягивающего усилия быстро сжимается, что характеризует ее как упругую, неэластичную, крошащуюся;

удовлетворительная – занимает промежуточное положение между клейковиной хорошей и неудовлетворительной по эластичности.

В зависимости от эластичности и растяжимости клейковина разделяется на 3 группы:

I группа – клейковина с хорошей растяжимостью и длинная или средняя по растяжимости;

II группа – а) клейковина с хорошей эластичностью, короткая по растяжимости;

б) с удовлетворительной эластичностью, короткая, средняя или длинная по растяжимости;

III группа – клейковина малоэластичная, сильно тянущаяся, провисающая при растягивании, разрывающаяся на весу под собственной тяжестью, плывущая, неэластичная, крошащаяся.

Оформление результатов

1) Заполните таблицы 15,16.

Таблица 15

Физические показатели качества клейковины

Мука	Цвет	Растяжимость	Эластичность	Группа

Таблица 16

Показатели качества белка и клейковины муки

Название муки	Фракции				Клейковина, %		Степень гидрот.%	Белок, %
	альбум.	глобул.	пролам.	глютел.	сырая	сухая		

2) Сделайте вывод о фракционном составе белка, содержании клейковины и белка, степени гидратации клейковины, физических показателях качества и связать выявленные показатели изученных образцов с хлебопекарными качествами муки

Лабораторная работа 9
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕВОДОВ В ПРОДУКЦИИ ПОЛЕВОДСТВА

Цель занятия. Изучить методы определения содержания углеводов в продукции растениеводства.

Качество клубней картофеля, корнеплодов сахарной свеклы, овощей, фруктов и ягод во многом определяется содержанием углеводов. Их количество важно у ярового ячменя для пивоварения. От содержания крахмала в зерне пивоваренного ячменя зависит экстрактивность.

Большая часть сахаров, содержащихся в нормальном непроросшем зерне, состоит из сахарозы. Сахароза в зерне пшеницы составляет 2-4%, в горохе и фасоли – 4-7%, в сое – 4-15%. В сахарной свекле и корнеплодах ее количество максимальное – 12-20%. Мальтоза в свободном виде в здоровом зерне отсутствует, а появляется лишь в процессе прорастания зерна.

Доля крахмала в зерне и семенах очень высокая. Среднее содержание крахмала в зерне кукурузы, ржи, риса и пшеницы 60-75%, ячменя – 50-60%. Накапливается в клетках эндосперма.

Крахмал определяет консистенцию и структуру хлеба. Целлюлоза вместе с гемицеллюлозой также оказывают большое влияние на качество хлеба.

Определение содержания углеводов проводят химическими или поляриметрическими методами. Химические методы основаны на восстанавливающих свойствах углеводов.

Все углеводы в зависимости от восстанавливающих свойств делятся на две группы: редуцирующие и нередуцирующие. Первые восстанавливают жидкость Фелинга до кирпично-красной закиси меди. К ним относятся все моносахариды и некоторые олигосахариды, например мальтоза. Нередуцирующие углеводы реакцию с жидкостью Фелинга не дают. Из запасных углеводов к ним относятся сахароза и крахмал.

При определении содержания углеводов химическими методами полисахариды сначала подвергают гидролизу под действием соляной кислоты до моносахаридов и далее определяют их количество методом Бертрана. Сущность метода заключается в способности моносахаридов восстанавливать жидкость Фелинга. После проведения реакции с жидкостью Фелинга образуется закись меди, которая обрабатывается сернокислым окисным железом в присутствии серной кислоты. Образующееся закисное железо оттитровывается перманганатом калия. По количеству затраченного на титрование перманганата калия рассчитывают содержание моносахаридов. Для расчета полисахаридов используют поправочные коэффициенты.

При определении сахаров в овощах, фруктах, ягодах получают их водную вытяжку. В одной части вытяжки определяют моносахариды без предварительного гидролиза, а в другой после гидролиза соляной кислотой. Содержание сахарозы рассчитывают как разницу между вторым и первым определением.

При определении содержания углеводов поляриметрическими методами полисахариды также предварительно подвергают гидролизу раствором соляной кислоты, а затем в полученном гидролизате измеряют угол вращения поляризованного луча света. Величина угла вращения плоскости поляризации пропорциональна концентрации моносахаридов в растворе.

Используя поправочные коэффициенты, рассчитывают содержание полисахаридов.

Содержание сахарозы можно определить на сахариметре, который показывает непосредственное содержание сахара в процентном отношении. Однако и здесь в сахариметр помещают поляриметрическую трубку с раствором сахарозы. Сахариметр широко используют для определения содержания сахарозы в сахарной свекле. Для разделения и идентификации более сложных смесей сахаров или веществ, в составе которых кроме сахаров имеются

соединения неуглеводной природы, широко применяют методы хроматографии, которые позволяют не только разделить смесь на отдельные компоненты, но и количественно определить каждую из них.

Современная ЯМР-спектроскопия является мощным инструментом анализа структуры полисахаридов и используется в подавляющем исследовании. Этот метод позволяет определить состав, последовательность моносахаридных остатков биополимера, их конформацию.

Работа 1. Обнаружение запасных углеводов

Все моносахара, а также дисахара типа мальтозы, благодаря присутствию в них альдегидной или кетонной группы, являются редуцирующими, т. е. обладают восстанавливающими свойствами. Распространенная в растениях сахароза – не редуцирующее вещество, так как ее молекула состоит из остатков глюкозы и фруктозы, соединенных за счет альдегидной группы глюкозы и кетонной группы фруктозы.

Характерная реакция на редуцирующие сахара – реакция восстановления фелинговой жидкости.

Для обнаружения сахарозы необходимо сначала подвергнуть ее гидролизу на глюкозу и фруктозу и лишь затем провести реакцию с жидкостью Фелинга. По количеству закиси меди можно судить о количестве редуцирующих сахаров, как содержащихся в исходном материале, так и образовавшихся в результате гидролиза сахарозы.

Ход работы: поместить материал в отдельные пробирки (примерно 1/4 пробирки), залить теплой (50-60^{o}C) на 1/2 и встряхивать 2-3 мин. Затем содержимое пробирки профильтровать через бумажный фильтр в другую пробирку. Полученную вытяжку разделить на две равные порции. С одной порцией проделать реакцию с жидкостью Фелинга на редуцирующие сахара, во второй провести гидролиз сахарозы с соляной кислотой.

Для обнаружения редуцирующих сахаров, то есть сахаров, имеющих альдегидную или кетонную группу, приливают к исследуемому раствору равный объем фелинговой жидкости (она будет состоять из 0,5 объема 4% раствора медного купороса и 0,5 объема раствор сегнетовой соли) и доводят до кипения. При этом окись меди восстанавливается в закись, выпадающую в виде кирпично-красного осадка.

Гидролиз сахарозы. В пробирку с фильтратом добавить 2-3 капли соляной кислоты и поместить в водяную баню на 2 мин, затем нейтрализовать кислоту содой (сыпать до прекращения выделения CO_2 в виде пузырьков), прилить равный объем фелинговой жидкости и вновь довести до кипения.

Оформление результатов опыта

1) Полученные результаты запишите в таблицу 17, оценив количество закиси меди в баллах (по пятибальной шкале).

Таблица 17

Содержание углеводов в исследуемом материале

Объект	Количество закиси меди	
	без гидролиза	после гидролиза

2) Сделать вывод о присутствии в исследуемом материале редуцирующих сахаров и сахарозы.

Лабораторная работа 10
СОДЕРЖАНИЕ И КАЧЕСТВО ЖИРОВ В ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Цели занятия. Ознакомиться с методами определения содержания жира в продукции растениеводства. Изучить показатели качества продукции масличных культур. Освоить методику определения йодного числа рефрактометрическим методом.

Ценность масличных культур определяется количеством отложенного в запас жира – масла и его качеством. Липиды используются для производства пищевых и технических масел, а также в медицине и парфюмерии.

Содержание жира в пределах сорта варьирует в зависимости от условий выращивания, степени зрелости семян во время уборки урожая (табл. 18).

Таблица 18

Содержание жира в семенах и плодах культурных растений

Культура	Содержание жира,%	Культура	Содержание жира,%
1	2	1	2
Соя	15-23	Мак	40-52
Подсолнечник	24-48	Кунжут	52-65
Лен масличный	33-51	Конопля	31-37
Рапс озимый, яровой	40-52	Рыжик	34-42
Арахис (зародыш)	44-60	Хлопчатник	36-43
Горчица	35-48	Зерно злаковых	1-8

В растительном жире в небольших количествах содержатся фосфатиды (до 3000 мг% в нерафинированном соевом и до 1400 мг% в нерафинированном подсолнечном), стероидные липиды (до 1000 мг% в кукурузном и до 3000 мг% в подсолнечном), токоферолы (до 100 мг% и более в соевом и кукурузном, до 60 мг% в подсолнечном), хлорофилл, каратиноиды. Жиры некоторых растений могут содержать дубильные вещества, алкалоиды, гликозиды, слизи, эфирные масла, и т. д.

Свойства жира характеризуются – константами – «числами» – кислотным, йодным, омыления, перекисным, эфирным. Значения этих показателей не стабильны и они изменяются при длительном хранении семян масличных культур или жира, а также при переработке жира. Некоторые из них являются показателем свежести произведенной продукции.

1) кислотное число – показывает количество свободных жирных кислот в 1 г жира;

2) эфирное число – количество связанных жирных кислот в 1 г жира;

3) число омыления – общее количество жирных кислот в 1 г жира;

4) йодное число – количество ненасыщенных связей в 100 г жира.

Наиболее распространенная масличная культура в нашей стране – подсолнечник. Семя его заключено в прочную плодовую оболочку. Оболочка (лузга) состоит преимущественно из клетчатки, не имеющей товарной ценности. Масса лузги в % к массе навески называется лузжистостью. Чем выше лузжистость, тем меньше масса семян и ниже масличность, т.е выход масла.

Для определения содержания жира используют методы:

1) экстракционный;

2) рефрактометрический.

1. Экстракционный метод основан на способности жира растворяться в различных органических растворителях. При обработке растительного материала растворителем обычно извлекаются не только жиры, но и свободные жирные кислоты, пигменты, эфирные масла и другие жироподобные вещества. Полученный препарат (в котором преобладают собственно жиры) часто называется «сырым» жиром.

В качестве растворителя обычно используется этиловый эфир (кроме него: петролейный эфир, бензин, бензол, хлороформ и др.). Растворитель из вытяжки отгоняют, оставшийся сырой жир сушат, взвешивают и пересчитывают в % к исходной массе навески растительного материала. Чтобы в экстракт не попали водорастворимые вещества, исследуемый материал перед анализом подсушивают и в растворителе вода отсутствует.

2. Рефрактометрический метод разработан для ускоренного определения масличности семян при помощи двухкамерного рефрактометра. Метод основан на извлечении жира из семян нелетучим растворителем, показатель преломления которого отличается от показателя преломления жира. По показателю преломления рассчитывают концентрацию жира в растворе.

Работа 10.1. Определение лузжистости семян подсолнечника

Различают три типа семян подсолнечника:

А) грызовой с крупными (13-25 мм) семянками, лузжистость более 50%;

Б) масличный с более мелкими (7-13 мм), короткими, вздутыми, плотно выполненными семенами, лузжистость – 35-40%;

В) межеумок – промежуточный между грызовым и масличным типами подсолнечника.

Для определения лузжистости берут 2 навески семян подсолнечника по 10 г каждая. Навески лущат вручную с помощью пинцета. Лузгу взвешивают с точностью до 0,01%.

Лузжистость определяют по формуле (1):

$$X = \frac{m \times 100\%}{10} = m \times 10, \qquad (1)$$

где X – лузжистость, %

m – масса лузги.

Лузжистость образца рассчитывают как среднее арифметическое из двух определений (табл. 19).

Оформление результатов

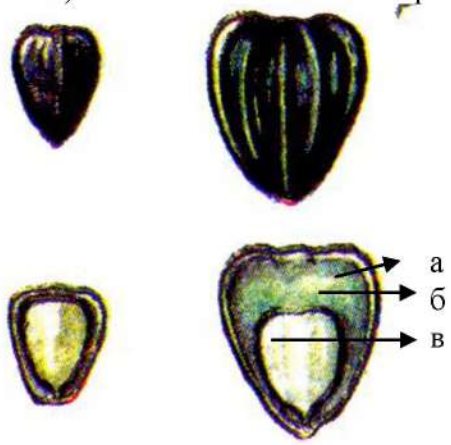
Таблица 19

Лузжистость исследуемых образцов

Образец	Лузжистость,%

1) Сделайте вывод к какой группе подсолнечника относятся предложенные для анализа образцы

2) Каковы особенности строения семени подсолнечника?



Строение семянки подсолнечника:
а – плодовая оболочка – лузга;
б – семенная оболочка;
в – семя

Рис. 25. Семя подсолнечника

Работа 10.2. Рефрактометрический метод определения йодного числа (по А. И. Ермакову)

Насыщенность жира зависит от присутствия в его составе непредельных жирных кислот. Ненасыщенные соединения легко присоединяют по два атома галогена по месту каждой двойной связи. Обычно степень ненасыщенности масла (жира) определяют йодным числом. Йодное число измеряется количеством граммов йода, которое присоединяется к 100 г жира.

Йодное число является одним из наиболее важных химических показателей для масел. Оно позволяет судить о степени ненасыщенности масла, о склонности его к "высыханию", прогорканию и другим изменениям, происходящим при хранении и переработке пищевых и технических масел.

Механизм реакции взаимодействия ненасыщенных жирных кислот с йодом

$$CH_3\text{-}(CH_2)_7\text{-}CH{=}CH\text{-}(CH_2)_7\text{-}CH_3 + I_2 \rightarrow CH_3\text{-}(CH_2)_7\text{-}CHI\text{-}CHI\text{-}(CH_2)_7\text{-}CH_3$$

Рефрактометрический метод позволяет быстро определить йодное число по показателям преломления. Необходимым условием для получения хорошего совпадения результатов этого метода с данными, полученными химическими методами, является определение показателей преломления при 20^0С в маслах.

Ход работы. С помощью рефрактометра определить показатель преломления при температуре 20-25^0С. Для каждого образца берут две пробы масла, в которых определяют показатели преломления, делая несколько отсчетов.

Величину йодных чисел вычисляют по формуле, в которую подставляют среднюю величину преломления, полученную для двух параллельных проб масла, взятых из одного образца. Точность определения йодных чисел этим методом зависит от качества масла: наличие примесей в масле влияет на результаты.

Величину йодного числа рассчитывают по формуле (2):

$$X = \frac{(n-1{,}4595)\times 100}{0{,}0118}, \qquad (2)$$

где X – йодное число,

n – коэффициент преломления.

Технические масла имеют йодное число 140-180, а пищевые – 90-140.

Оформление результатов

1) Определите йодное число (табл. 20) у предложенных образцов масла и сделайте выводы о их качестве.

Таблица 20

Йодное число исследуемых масел

Масло	Коэффициент преломления	Йодное число
Подсолнечное (образец №1)		
Льняное		
Соевое		
Горчичное		
Оливковое		
Подсолнечное (образец №2)		

2) Пользуясь раздаточным материалом дайте характеристику анализируемого растительного масла, отразив к какой группе по высыханию оно относится, его химический состав, свойства, область применения.

Задания для самостоятельной работы

Тема ФЕРМЕНТЫ

Ферменты – это специфические биологические катализаторы. Они контролируют скорость различных реакций и, таким путем, регулируют обмен веществ организма в целом. В настоящее время известно свыше 1000 ферментов. На основе характера их действия все они, по рекомендации комиссии по ферментам Международного биохимического союза, разделены на 6 классов.

1. Оксидоредуктазы (окислительно-восстановительные ферменты). Катализируют окислительно-восстаносительные реакции.

2. Трансферазы (ферменты переноса). Катализируют перенос атомных группировок (остатки фосфорной кислоты, аминокислот, аминных и метильных групп) от одного соединения к другому.

3. Гидролазы. Группа ферментов, катализирующих расщепление (гидролиз) различных сложных соединений при участии воды на более простые.

4. Лиазы. Катализируют негидролитическое отщепление каких-либо групп от субстрата с образованием двойных связей (или наоборот, присоединение групп к двойной связи).

5. Изомеразы. Катализируют превращение органических соединений в их изомеры.

6. Лигазы (синтетазы). Катализируют соединение двух молекул, связанных с ращеплением пирофосфатной связи в АТФ или других нуклеозидфосфатах.

Эти шесть классов делятся на подклассы и группы подклассов. Каждый фермент, кроме рабочего названия, имеет рациональное название и шифр из четырех цифр. Первая цифра шифра обозначает класс, вторая – подкласс, третья – группа подкласса, четвертая – конкретный фермент.

Установлено, что каждый фермент в качестве обязательного компонента содержит белок. Ферменты, состоящие только из белка, называются однокомпонентными. Многие ферменты состоят из двух компонентов: белковой части – ферона, и небелковой простетической группы – агона.

Специфичность действия фермента определяется его белковой частью – фероном. Группы в молекуле фермента, расположенные в различных участках, но взаимодействующие между собой и ответственные за каталитическую активность, получили название функциональных групп.

Комбинация различных химических группировок в молекуле фермента, благодаря которому осуществляется его каталитическое действие, называют активным центром. Активный центр может включать несколько функциональных групп. Ферменты, у которых каталитическая активность одного из центров зависит от степени связывания субстрата и эффектора на других центрах, получили название аллостерических ферментов.

1) Зарисуйте схему взаимодействия фермента и субстрата.

Рис. 26. Схема взаимодействия фермента с субстратом

2) Зарисуйте схему работы аллостерического фермента.

Рис. 27. Схема работы аллостерического фермента

Ответьте на вопросы.

1) Каковы особенности работы ферментов?

2) Каково строение ферментов?

3) Какие ферменты называют аллостерическими? Каков механизм их работы?

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ

1. Химический состав клеточной стенки.
2. Химический состав цитоплазмы. Роль и состояние воды в клетке.
3. Аминокислоты. Строение, физические и химические свойства, классификация.
4. Аминокислоты как мономеры белков. Незаменимые аминокислоты.
5. Моносахариды, их строение и функции в растении
6. Запасные формы углеводов. Строение, характеристика.
7. Углеводы, классификация, функции.
8. Жиры (масла). Строение, физические и химические свойства.
9. Липоиды: фосфатиды, липопротеиды, воска. Строение, свойства и функции.
10. Нуклеиновые кислоты, их основные типы. Особенности строения, функции, локализация в клетке.
11. Виды РНК. Место их синтеза. Особенности строения и функции.
12. Белки. Особенности их строения, физико-химические свойства, функции.
13. Витамины, их классификация. Роль витаминов в обмене веществ растений.
14. Химическая природа, строение и функции ферментов.
15. Ферменты. Активный центр. Активаторы и ингибиторы ферментов.
16. Особенности действия ферментов в зависимости от внутренних и внешних условий (температуры, реакции среды, концентрации фермента и субстрата).
17. Ферменты класса 1. Оксидоредуктазы. Их роль в дыхании.
18. Гликолиз, его химизм, промежуточные и конечные продукты. Энергетическое и метаболическое значение.
19. Аэробная фаза дыхания (цикл Кребса). Энергетическое и метаболическое значение.
20. Окислительное фосфорилирование: субстратное и в цепи цитохромов. Понятие о физиологической эффективности дыхания. Разобщающие факторы.
21. Субстраты дыхания. Понятие о дыхательном коэффициенте.
22. Фотосинтез. Биохимическая характеристика процесса.
23. Пигментная система хлоропластов.
24. Пигменты листа. Химическая природа, оптические свойства и роль в процессе фотосинтеза.
25. Циклическое и нециклическое фотофосфорилирование. Их значение в фотосинтезе.
26. Сущность темновых реакций фотосинтеза. Источники энергии для них, исходные и конечные продукты темновых реакций.
27. Понятие о макроэлементах и микроэлементах питания. Значение необходимых растению макроэлементов.
28. Микроэлементы и их значение.
29. Источники азота и его значение в жизни растений. Эффективность разных форм азота в зависимости от состояния растений и внешних факторов.
30. Усвоение растениями нитратной формы азота.
31. Усвоение растениями аммонийной формы азота.
32. Аспарагин и глютамин. Синтез, значение в азотном обмене.
33. Первичные аминокислоты и их амиды. Синтез, значение в азотном обмене.
34. Связь углеводного и белкового обменов веществ. Первичные аминокислоты. Реакции переаминирования и их роль в биосинтезе аминокислот.
35. Фитогормоны. Их химическая природа, особенности действия в растении.
36. Физиологические процессы формирования плода и семени.
37. Конституционные и запасные вещества. Характеристика запасных веществ.
38. Роль фитогормонов при формировании, наливе и созревании сочных плодов.
39. Превращение запасных веществ в прорастающих семенах. Условия необходимые для прорастания.

40. Биохимия созревания масличных семян и плодов.
41. Послеуборочное дозревание продукции полеводства.
42. Биохимические основы хранения продукции полеводства.
43. Биохимия налива зерна злаковых культур.
44. Влияние внешних условий на биохимический состав продукции полеводства.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Рогожин, В. В. Биохимия растений [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Рогожин. – СПб. : ГИОРД, 2012. – 432 с. – URL : http://rucont.ru/efd/294647. – Загл. с экрана.

2. Шамраев, А. В. Биохимия : учеб. пособие [Электронный ресурс] /А.В. Шамраев. – Оренбург : ОГУ, 2014.–186с. – URL : http://rucont.ru/efd/245293. – Загл. с экрана.

3. Физиология и биохимия растений (словарь терминов и понятий) [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. В. Б. Щукин, Н. Д. Кононова, Н. В. Ильясова, С. В. Харитонова. – Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2013. – 144 с. – URL : http://rucont.ru/efd/215001. – Загл. с экрана.

4. Петрова, Р. Р. Физиология и биохимия растений [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р. Р. Петрова ; Якутская государственная сельскохозяйственная академия. – 2012. – 23 с. – URL : http://rucont.ru/efd/303966. – Загл. с экрана.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ... 3
Лабораторная работа 1. Химический состав клетки ... 4
Лабораторная работа 2. Получение раствора растительного белка и изучение его свойств. Определение изоэлектрической точки белков (ИЭТ) ... 7
Лабораторная работа 3. Ферменты класса 1. Оксидоредуктазы ... 13
Лабораторная работа 4. Ферментативный гидролиз крахмала ... 19
Лабораторная работа 5. Пигменты хлоропластов и их свойства ... 23
Лабораторная работа 6. Смещение pH питательного раствора корневой системой при усвоении аммиачной и нитратной форм азота ... 28
Лабораторная работа 7. Разделение запасных белков злаковых и бобовых культур ... 30
Лабораторная работа 8. Выделение клейковины и оценка ее качества ... 32
Лабораторная работа 9. Определение содержания углеводов в продукции полеводства ... 36
Лабораторная работа 10. Содержание и качество жиров в продукции растениеводства ... 38
Задания для самостоятельной работы. Тема Ферменты ... 42
Вопросы для подготовки к зачету ... 44
Рекомендуемая литература ... 46

Учебное издание

БИОХИМИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

Рабочая тетрадь
для выполнения лабораторных работ

Составители: Царевская В. М., Нечаева Е. Х., Салтыкова О.Л.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 16.04.2018. Формат 60×84 1/8.
Усл. печ. л. 5,6, печ. л. 6.
Тираж 20. Заказ №103.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА
446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47
Факс 46-6-70.
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Н. А. Мельникова, Ю. В. Степанова

БОТАНИКА

(летняя учебная практика)

Учебно-методическое пособие

Самара 2014

УДК 580(075)
ББК 28.5я7
М-48

Рецензенты:
д-р биол. наук, проф. кафедры ботаники, физиологии и защиты растений
ФГБОУ ВПО «Нижегородская государственная
сельскохозяйственная академия»
Г. А. Бережная;
д-р биол. наук, проф. кафедры химии и защиты растений
ФГБОУ ВПО «Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»
В. Г. Каплин

Мельникова, Н. А.
М-48 Ботаника (летняя учебная практика) : учебно-методическое пособие / Н. А. Мельникова, Ю. В. Степанова. – Самара : РИЦ СГСХА, 2014. – 159 с.
ISBN 978-5-88575-338-8

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с программой учебной практики, содержит описание района прохождения учебной практики и типов произрастающей здесь растительности, маршрутов экскурсий, а так же методику геоботанических исследований территории. Для облегчения работы студентов с определителем растений в пособие включены разделы с расшифровкой основных морфологических терминов и отличительных особенностей важнейших ботанических семейств.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 110400.62 «Агрономия», 110500.62 «Садоводство», 250100.62 «Лесное дело».

© Мельникова Н. А., Степанова Ю. В., 2014
© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие составлено в соответствии с рабочей программой учебной практики для студентов Самарской Государственной Сельскохозяйственной Академии, изучающих дисциплину «Ботаника». Летняя учебная практика является неотъемлемой частью дисциплины «Ботаника» и помогает студентам ознакомиться с растениями в естественной среде их обитания. Кроме того учебная практика приучает студентов научно мыслить, расширяет кругозор по общим вопросам биологии и ботаники, и помогает закрепить знания полученные по систематике растений.

В данном пособии дается подробное описание района проведения практики, географических и экологических и климатических особенностей окрестностей, характеристика растительного покрова. Подробно описаны маршруты экскурсий и методики геоботанических исследований, даны морфологические особенности основных ботанических семейств. Раздел с основными морфологическими терминами поможет студентам существенно облегчить работу с ботаническим определителем. В пособие также включена методика составления гербария и заполнения дневника практики.

Цель издания – помочь студентам в приобретении практических навыков по систематике растений и геоботанике.

В процессе изучения данного учебно-методического пособия у учащихся должны формироваться следующие профессиональные компетенции:

- способность распознавать по морфологическим признакам овощные, плодовые, лекарственные, эфиромасличные и декоративные культуры;
- умение распознавать культурные и дикорастущие растения, различать между собой разные типы вегетативных и генеративных органов растений, а также их видоизменений;
- умение проводить геоботанические исследования методом пробных площадок.

Данное издание поможет закрепить знания по морфологии, систематике и закономерностям распределения растительных сообществ, растительным ассоциациям, классификации фитоценозов.

1. Краткая характеристика района учебной практики

1.1. Географическое положение и физико-географические условия района проведения практики

Территория п. Усть-Кинельский расположена в зоне лесостепи. За рекой Большой Кинель располагается открытая сухая степь. Данный район характеризуется своеобразным рельефом, почвами и климатическими условиями.

Рельеф – овраги с крутыми склонами, балка со склонами различной экспозиции, водораздельное плато, образованное междуречьями, водосборы, речная долина (пойма), расчлененная гривами, западинами, водоемами, надпойменные террасы с повышениями и понижениями и другие образования. Рельеф сформировался в результате длительного исторического развития территории, изменение которых происходит в настоящее время. Основная роль в изменении рельефа принадлежит эрозионным процессам.

Почвенный покров всех элементов рельефа пестрый. На водораздельных плато почвенный покров характеризуется черноземами тучными выщелоченными. По слабо покатым склонам представлены черноземы типичные среднегумусные глинистые (они являются преобладающими для окрестностей этого района). По южным и западным склонам залегают черноземы карбонатные среднегумусные и малогумусные, часто маломощные глинистого механического состава с включениями щебня. На террасах реки Большой Кинель преобладающими почвами являются черноземы террасовые суглинистые. Отдельными небольшими пятнами с контурами расположены черноземы солонцеватые и солончаковые, солонцы и солоди. Пойма реки Большой Кинель характеризуется аллювиально-луговыми темноцветными слоистыми и зернистыми почвами, преимущественно глинистого механического состава.

Климат резко-континентальный с выраженной быстрой сменой зимних температур летними, резкими колебаниями дневных и ночных температур, недостатком атмосферных осадков (количество осадков за год составляет около 400 мм с колебаниями от 270 до 470 мм), интенсивностью испарения, сильными ветрами. Следует отметить непостоянство и изменчивость погодных элементов по

годам с большим отклонением от нормальных многолетних средних норм. Климат территории слагается главным образом под воздействием азиатского континента, перегретого в летний сезон и резко охлажденного зимой, и Атлантического океана, который дает начало течениям влажного теплого воздуха. Весна продолжается менее одного месяца, осень длится примерно полтора месяца. Зимний период занимает около 5 месяцев. Период оттаивания почвы наступает примерно в середине апреля, а заморозки начинаются в конце ноября.

Особенности климата, рельеф, разнообразие почв отразились на формировании растительного покрова. Растительные сообщества отличаются разнообразием своего флористического состава на небольших площадках различных местообитаний.

1.2. Растительный покров

Растения, составляющие растительный покров, развиваются и распространяются соответственно климату, рельефу, почвам. На территории окрестностей, где проходит учебная практика, студенты знакомятся с различными растительными группировками, сформированными в данной местности. Наиболее распространенными растительными группировками в районе окрестностей являются: степь, пойменный луг, частично материковый луг, пойменный лес, лес – дубрава, озерная растительность. Каждое сообщество приурочено к определенному местообитанию.

Степь развивается на склонах балки «Каменный овраг», залежах плато, водораздела и речных террас. Она представлена различными типами в зависимости от характера растений и расположения ее на тех или иных участках, перечисленных элементов и форм рельефа. Преобладающими видами, образующими степь, являются из злаков: ковыль-волосатик, овсяница желобчатая (типчак) с примесью богатого разнотравья. Характерна для степи встречаемость эфемеров и эфемероидов не только из злаков, но и других флористических групп, в частности из разнотравья. Отдельные участки степи засолены и на них распространены солевыносливые виды растений.

Пойменный луг приурочен к речной долине (пойме) реки Большой Кинель и представлен различными экологическими группами в зависимости от микроусловий поймы (рельеф, почва, увлажненность и др. факторов).

Для развития ***леса*** наиболее благоприятные условия имеются в речной долине, на склонах оврагов, частично на гребнях водораздела. В речной долине (пойме) – пойменный лес распространен сплошной – полосой вдоль коренного берега реки в прирусловой части поймы и отдельными участками в центральной части ее. На склонах «Каменный овраг» в верховье и средней его части условия благоприятны для развития леса – дубравы. В мелких элементах рельефа и по опушкам, выходящим из оврагов лесов, встречаются кустарниковые группировки (слива колючая или терн, спирея, караганник кустарниковый) с примесью грубостебельных злаков и разнотравья. На безлесных открытых пространствах – лесных полянах представлено разнообразие флористического состава растительности.

На повышенных или пониженных участках водораздельного плато и водораздела, на гумусных почвенных разностях, при достаточном увлажнении встречаются материковые луга как суходольные, так и низинные.

В условиях сильного увлажнения (водоемы, протоки в пойме реки Большой Кинель) развивается озерная растительность со свойственными для нее экологическими особенностями.

2. Описание маршрутов экскурсии и изучаемых объектов

Для того чтобы получить четкое представление о растительности в природе, о группировках, составленных растениями, о флоре каждой группировки (сообщества), студентов знакомят с различными местами обитания растений.

Интересными объектами изучения растительности и флоры являются: пойма реки Большой Кинель, надпойменные террасы, балка «Каменный овраг», водосборы, граничащие с балкой. Каждый из указанных объектов характеризуется комплексом условий и соответственно распределением растительных сообществ: луг, степь, лес.

2.1. Пойма реки Большой Кинель

Строение поймы. На поперечном профиле поймы (рис. 1) всегда различают три её топографических части: прирусловая, центральная, притеррасная. Каждая часть характеризуется положением по отношению к руслу, характером поверхности, рельефом, увлажнением почвы, распространением и развитием растений.

В зависимости от экологических условий продолжительности разлива реки, скорости течения воды, размеров отложенных почвенных частиц в пойме реки Большой Кинель различают 3 экологические зоны: приречную, среднюю, приматериковую. Они не всегда могут быть выражены в поймах. В частности, в Кинельской пойме почти нет приматериковой зоны. Наиболее развита в ней средняя зона и хорошо выражена приречная.

Для каждой зоны и части поймы характерны определенные растительные группировки, их видовой состав и строение.

Надпойменные террасы. Формируются, когда пойма достигает кульминационного развития, т. е. пойма переходит в речную террасу, а на базе старого русла формируется новая пойма. Терраса – горизонтальная или слегка наклонная площадь, образующая уступ на склоне местности естественного происхождения. Долина реки Большой Кинель характеризуется наличием трех террас.

Первая надпойменная терраса в нижнем течении реки Большой Кинель, смыкаясь с первой надпойменной террасой реки Самары, образует большую равнину, на которой расположен город

Кинель и другие селения. Поверхность надпойменной террасы выровненная и лишь местами встречаются старицы, блюдца и мелкие западины.

Вторая надпойменная терраса возвышается над первой и занимает полосу вдоль коренного берега. Она распространяется на много километров, образуя также равнину, где расположена Самарская государственная сельскохозяйственная академия и другие селения.

Третья терраса – пойма реки Большой Кинель (остатки прежнего дна) является наиболее молодой (современной), для которой характерна расчлененность гривами, западинами, ложбинами, проточными и замкнутыми водоемами.

Каждая из перечисленных террас отличается комплексом условий и соответственно характером развития растительных группировок.

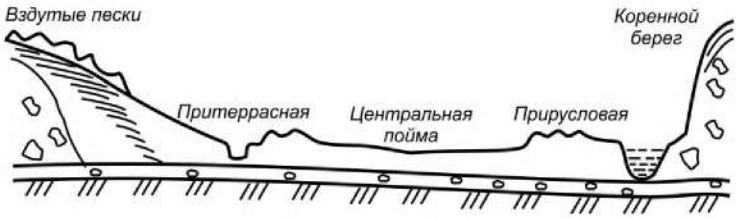


Рис. 1. Поперечный профиль поймы реки Большой Кинель

Пойма реки Большой Кинель (речная долина) является наиболее выраженной формой рельефа, которая сформировалась в результате длительного процесса развития. Она ежегодно затопляется водой реки на тот или иной период времени и имеет специфические элементы рельефа, гидрологические условия, почвенный покров и строение.

Рельеф Кинельской поймы гривистый; выражены гривы и межгривья. Распространены озера-старицы, которые образуются или в результате действия потоков в русле и их отмирания, или в результате эрозионного действия сезонных течений в пойме, или в результате отшнуровывания рукавов реки. Озера-старицы часто образуются вследствие затопления полой водой разнородных понижений на ее поверхности, также имеются протоки и западины. Пойма, сложена аллювием (наносом) разной мощности, что произошло благодаря деятельности водного потока.

Гидрологические условия – условия увлажнения. К ним относятся: грунтовые воды, атмосферные осадки, поверхностные воды, река с весенними разливами. Для поймы реки Большой Кинель характерными гидрологическими условиями являются весенние паводки и грунтовые воды.

Весенние паводки отличаются неодинаковой продолжительностью и соответственно различными воздействиями на почвенно-грунтовые воды и растительность. Разлив реки Большой Кинель начинается обычно в конце апреля, заканчивается в середине июня и проходит две фазы. Первая фаза продолжается 10-25 дней, подъем воды происходит благодаря Кинельским водам. Уровень воды поднимается до 3,78 м. Вторая фаза продолжается 20-45 дней и вызывается подъемом волжских вод. Уровень воды поднимается до 5,24 м. В перерыве между разливами уровень воды снижается до 1,78 м. Иногда воды длительное время застаиваются в бессточных котловинах и старицах. Пойма имеет неодинаковые элементы рельефа и поэтому орошение происходит по-разному. Гривы и возвышения поймы освобождаются от полых вод сразу, что создает благоприятные условия для аэробных процессов в почве, где и развивается затем мезофитная и частично ксетрофитная растительность. Почвы же побережий водоемов переувлажненные, что создает условия для развития гидрофитной растительности.

Грунтовые воды для Кинельской проймы, в зависимости от различия элементов рельефа, располагаются на различной глубине. Так, в притеррасной части глубина их около 3 м, а ближе к реке они выходят на поверхность в виде мелких ключей. Наименее увлажнены вершины высоких приречных (прирусловая зона) грив, так как они поднимаются над грунтовыми водами от 5 до 8 м. Наиболее увлажнены плоские гривы, удаленные от реки, здесь грунтовые воды ближе, а суглинистый грунт обеспечивает постоянный капиллярный подток из водоносного песка.

Поверхностные воды для Кинельской поймы нехарактерны. Летние осадки в жаркое сухое время не пополняют запаса воды в почве, хотя и имеют большое значение для развития пойменной растительности.

Зимние осадки также не имеют существенного значения для пополнения запаса воды в почве, так как быстро начинается половодье. Поверхностные воды, стекающие с террас, оврагов коренных берегов, весной идут на пополнение вод разлива.

Почвы поймы особенные. Для поймы характерны аллювиально-луговые темноцветные слоистые и зернистые почвы, преимущественно глинистого механического состава. Все многообразие пойменных почв можно свести к следующему:

1) пойменные дерновые неразвитые почвы, развивающиеся на слоистом аллювии – это слабо задерненные, формирующиеся в условиях отложения мощных песчаных наносов. Они характеризуются выраженной слоистостью, легким механическим составом и отсутствием почвенной структуры. Такие почвы свойственны прирусловой части (приречной зоне), на них развиваются костровораннеосоковые ассоциации;

2) пойменные дерновые развитые почвы центральной части поймы. Они характеризуются сформировавшейся дерниной, развитым перегнойным горизонтом, более тяжелым механическим составом (супесчаные, суглинистые). Более молодые разности аллювиальных дерновых почв гумифицированы, с хорошо развитой структурой (зернистой или комковатой). Они связаны с развитием лисохвостнораннеосоковой ассоциацией. Более старые разности, ежегодно заливаемые часто бесструктурные, с признаками оподзоливания, на которых развиваются осоковоразнотравные ассоциации;

3) пойменные дерново-болотные почвы развиты на пониженной притеррасной и центральной части поймы. Их развитие связано с плотнокустовыми злаками, осоками, влаголюбивым разнотравьем.

Почвогрунт поймы находится в условиях резкого переменного увлажнения как во времени, так и в пространстве. Это обеспечивает различные условия местообитания для растительности.

Учебная практика проходит на участках второй надпойменной террасы. Участки граничат с коренным берегом долины, имеют свою специфику в строении, использовании, распространении растительности. Большая территория надпойменной террасы занята постройками, насаждениями, посевами и имеет выровненный рельеф. На террасе располагается участок леса «Кругленькое», разрастающийся по мелким западинам или котловинам – это заповедное место. Здесь представлена мезофитная группа травянистых растений. Пересекают террасу овраг «Невежий», который впадает в систему р. Большой Кинель. Многие участки представляют залежь.

Экологические, биологические и антропогенные факторы отразились на развитии и распространении растений надпойменной

террасы. На залежных участках представлена степь, настоящая по характеру растений, с обилием овсяницы желобчатой (типчака) и ксерофитного разнотравья. Распространены эфемеры и эфемероиды: мортук восточный, гусиный лук маленький и другие. На участках, вспаханных, используемых под культурные посевы, встречаются типичные серно-полевые виды растений (ярутка полевая, сумочник пастуший, живокость полевая, осот полевой и др.). По обочинам прокатанных дорог обитают сорные придорожные растения: горец птичий, марь белая. Отдельные участки сбиты и уплотнены, почвы их карбонатные засоленные. Такие условия благоприятны для развития солевыносливых растительных видов и обитателей уплотненных сбитых мест: рогач песчаный, кохия или прутняк простертый, мятлик луковичный, полынь австрийская.

2.2. Балка «Каменный овраг»

Территории окрестностей п. Усть-Кинельский изрезана оврагами и балками, впадающими в систему реки Большой Кинель. Одной из больших и древних по происхождению является балка «Каменный овраг». Знакомство с объектом балка «Каменный овраг» (рис. 2) во время учебной практики представляет большой интерес. Здесь отражено все разнообразие растительности и ее флористического состава, как результат приспособления к различным условиям среды. Понятие балка и овраг не тождественны.

Балка – сухая или с временным водостоком долина, с пологовогнутым дном и выпуклыми склонами. Длина ее может быть от сотен метров до десятков метров. Это затухающая часть долины и зарастает растительностью.

Овраг – глубокие крутосклонные рытвины, созданные деятельностью временных потоков, на возвышенно-равнинных пространствах. Достигает нескольких километров в длину и десятков метров в глубину и ширину. Овраг продолжает свое развитие – это деятельная часть поверхности, которая постоянно нарастает.

Овраги принадлежат к «бросовым пространствам». Они могут возникать в природе естественно, без воздействия человека, но, с другой стороны, хищническое использование человеком зеленых пространств с уничтожением растительного покрова нередко ведет к росту существующих оврагов и возникновению новых.

Балка «Каменный овраг» естественна по происхождению; на своем протяжении к северу от реки Большой Кинель она разделяет

все землепользование и окрестности поселка на две части: 1) более высокая северно-восточная и составляющая водораздел; 2) несколько пониженная – западная, которая переходит в платообразную равнину рисской террасы. Рисская терраса осложнена древними протоками и лощинами.

Экологические условия балки «Каменный овраг», в зависимости от ее строения, разнообразные и представлены следующими факторами: расчлененностью рельефа, крутизной и отлогостью склонов с различными экспозициями, различием типов почв, неодинаковым увлажнением, неодинаковыми силами и направлением ветра. В этой связи наблюдаются разнообразные сообщества растений и их флористический состав. На строение и флористический состав растительных сообществ немаловажную роль оказывают использование балки под прогон и выпас скота, и вырубка древесных растений. В «Каменном овраге» древесная и травянистая растительность четыре-пять десятилетий тому назад была более развита и покрывала густыми зарослями дно, склоны, устье и низовье оврага. В настоящее время древесная растительность сосредотачивается преимущественно в верховье оврага или средней его части. Травянистая растительность представлена большим разнообразием видов, но произрастает в меньшем обилии. Дно балки (формирующаяся терраса) характеризуется намывными плодородными почвами, достаточной увлажненностью, но отрицательным фактором является прогон и выпас скота, что отразилось на формировании растительных группировок (сообществ). Кроме древесных и кустарниковых форм, причем степных кустарников, распространены травянистые растения, составляющие группу сорных растений.

Характерной чертой растительности дна балки является наличие сорных растений, как результат постоянного и непрерывного подноса ручьями новых семян сорных растений. Это обстоятельство отражается на формировании определенных растительных группировок. На дне балки распространяется больше мезофитов по сравнению со склонами балки и водосборными участками, так как условия обитания дна отличаются влажностью, благодаря низинному положению, затенению склонами и наличию ручьев. При таких условиях обычно на дне развиваются более или менее засоренные луговые ассоциации. Дно балки подвергается ежегодному, временному размыву, в результате образуется овраг, который все время нарастает. В данном размыве балки, особенно

в верховье распространены мезофитные, гигрофитные и гидрофитные виды растений. Встречаются: осока черная, ожика волосистая, тростник обыкновенный, частуха подорожниковая и др.

Склоны балки характеризуются смывом плодородных почв, ярким освещением солнца, недостатком влаги. На склонах в зависимости от экспозиции и расчлененности рельефа развиваются древесные и кустарниковые формы, а также травянистые растения ксерофитной и мезофитной экологической группы. Склоны южной экспозиции бывают заняты степной растительностью (настоящая степь), образуя ковыльно-разнотравные, копеечниково-разнотравные, шалфейно-разнотравные ассоциации. В балке «Каменный овраг» выражены разнообразные условия, в связи с чем, в балке развиваются растительные группировки различных экологических групп. Но в основном в «Каменном овраге» представлены сообщества степь и лес.

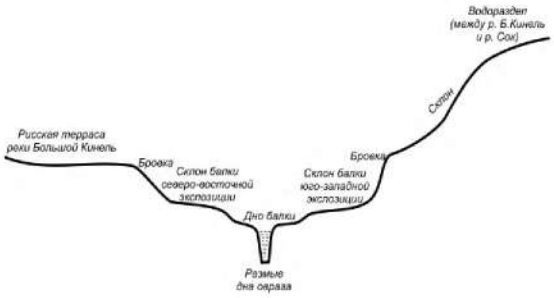


Рис. 2. Поперечный профиль балки «Каменный овраг»

Водораздел – участок земной поверхности, разделяющий водосборные площади (бассейны) водоемов или водотоков. Водораздельная площадь района п.г.т. Усть-Кинельский граничит с балкой «Каменный овраг» и отделяется бровкой. Она занята в основном посевами севооборотов полей учебного хозяйства, лесопосадками, залежами. Некоторые участки подвержены прогону и выпасу скота. Рельеф выровненный, почвы карбонатные черноземы; в некоторых местах выходят на поверхность материнские породы. Соответственно условиям и использованию на участках водосбора группируются растения. На залежах распространяется типичная степь с преобладанием шалфея поникающего, полыни австрийской, ковыля волосатика и других видов. В посевах и лесопосадках произрастают сорно-полевые растения, которые также составляют разнотравные ассоциации.

3. Основные понятия экологии и геоботаники. Экологические факторы

Экология – это раздел ботаники, изучающий строение и жизнь растений в связи с конкретными внешними условиями, средой их обитания.

От условий существования и от природы самих растений зависит форма и строение растений, а также распространение их по поверхности планеты, все проявления их жизни, видовое их разнообразие и эволюция.

С другой стороны выяснение взаимодействия между культурными растениями и внешними условиями – одна из основных задач в борьбе за урожай. Только знания того, как воздействуют те или иные условия на растения, умелый подбор их, дают возможность управлять ростом и развитием растений, получать нужный урожай. Каждый агроном по существу является экологом-практиком.

Среда обитания состоит из многих элементов, воздействующих на растения. Их называют *экологические факторы.* Их обычно объединяют в следующие основные группы:

- климатические (воздух, свет, тепло, вода);
- эдафические (почвенно-грунтовые);
- биотические (растения, животные).

При изучении влияния экологических факторов на растения нужно всегда помнить, что они действуют не изолированно, а совместно, в комплексе. И только для удобства изучения рассматривается влияние на растения каждого в отдельности. Кроме того совершенно очевидно, что эти факторы в природе не остаются постоянными. Они изменяются в различные времена года и в отдельные годы. Действие экологических факторов на растения зависит от географических условий, т.е. района произрастания растений.

В районе прохождения учебной практики из климатических факторов особенно большое значение имеет вода.

Не рассматривая подробно все экологические факторы и влияние их на растения, рассмотрим кратко влияние воды.

3.1. Группы растений по отношению к обеспеченности водой

По отношению к обеспеченности водой растения делятся на четыре основные группы: гидрофиты, гигрофиты, мезофиты и ксерофиты.

Гидрофиты – водные растения; органы их находятся полностью или частично в воде. В связи с такими условиями у них выработались особенности морфологического и анатомического строения. Так, например, стрелолист обыкновенный имеет разные формы листьев: подводные – длинные лентовидные без черешков, а надводные – со стреловидным основанием, черешковые. К этой группе растений, кроме стрелолиста, относятся два растения из семейства нимфейные: кувшинка белая (часто называемая белая или водяная лилия) и кубышка желтая. У этих растений крупные, плавающие на воде листья, и довольно крупные цветки. Касатик водный, сусак зонтичный, частуха подорожниковая. Реже встречаются: телорез обыкновенный, элодея канадская, пузырчатка малая, рдест плавающий и другие.

Гигрофиты – растения избыточно увлажненных мест, которые представляют собой заливные луга, берега озер, болот, рек. Корневая система и нижняя часть надземной массы их периодически, особенно в весенний период при разливе рек, заливаются водой. К этой группе в нашей флоре относятся многие виды осок: осока ранняя, осока черноколосая, осока лисья и другие; рогоз широколистный, камыш озерный, тростник, калужница болотная и другие. Иногда калужница болотная является и гидрофитом.

Некоторые растения имеют как водные формы, так и наземные, относящиеся к гигрофитам. К ним относятся стрелолист обыкновенный, калужница болотная, горец земноводный и другие.

Мезофиты – растения достаточно, но не избыточно увлажнённых мест. К ним относится большинство луговых травянистых растений из семейства злаковые: пырей ползучий, лисохвост луговой, двукисточник тростниковидный, ежа сборная, тимофеевка луговая, овсяница луговая и другие.

Из семейства бобовых: клевер луговой, клевер ползучий, клевер средний, люцерна посевная, чина луговая, лядвенец рогатый, горошек мышиный и другие. Из других семейств наиболее часто встречаются: подмаренник северный, подмаренник настоящий,

подмаренник цепкий, крестовник Якова, крестовник обыкновенный, пижма обыкновенная или дикая рябина и другие.

Ксерофиты – растения сухих степей и пустынь, произрастающие в условиях постоянного, или сезонного недостатка влаги. Они имеют различные приспособления для выживания в засушливых условиях. К ним относятся: узкие листья, свертывающиеся в засуху, как например, у таких злаков, как ковыли, овсяница желобчатая (типчак); сильное опушение листьев, мощная глубокопроникающая корневая система или образование большого количества мочковатых корней, восковой налет на листьях, жесткие узкие листья, редукция листьев и другие особенности. Кроме того, есть целый ряд анатомических и физиологических приспособлений. К ксерофитам относятся: ковыль Лессингов, ковыль перистый, ковыль узколистный, овсяница желобчатая или типчак, калерия тонкая, житняк гребневидный, полынь австрийская и другие виды полыни; астрагал камнеломковый, астрагал волжский и другие виды астрагала; эспарцет песчаный, вероника седая, люцерна серповидная, василек сумский, жабник полевой, рогач песчаный, эхинопсилон очитковидный, прутняк простерный и некоторые другие виды.

К особой группе ксерофитов относят *суккулентные растения*. Они имеют сочные мясистые стебли – стеблевые суккуленты, как например, кактусы или листовые суккуленты: агава, алоэ, очиток.

В районах прохождения учебной практики таких растений мало. К ним относятся: очиток едкий, очиток пурпуровый или заячья капуста.

В районах с засушливым климатом особую группу растений, не являющихся ксерофитами, составляют ***эфемеры.*** Это однолетние мелкие растения с очень коротким вегетационным периодом. Они успевают пройти весь свой цикл развития ранней весной, когда в почве много влаги. После образования семян эфемеры погибают и сохраняются в почве в виде семян. К ним относятся в нашей флоре: рогоглавник серповидный, бурачок пустынный, плоскоплодник льнолистый, веснянка весенняя, крупка дубравная, проломник Турчанинова, яснотка стеблеобъемлющая, мортук восточный, мортук пшеничный и другие.

Встречаются также скороспелые растения многолетние. Их называют *эфемероиды* (подобные эфемерам). Это обычно луковичные растения (виды лука, тюльпана, гусиного лука) или корневищные. Они цветут весной и после отцветания сохраняются

в почве в виде луковиц, корневищ или клубней. Самый неблагоприятный по влаге летний период они проводят в стадии покоящейся луковицы (или корневища, клубня). К ним относятся: гусиный лук маленький тюльпан Биберштейна, мятлик луковичный, хохлатка Галлера и другие.

Действие света как экологического фактора проявляется на такой форме растений, как *компасное растение* – латук дикий или компасный из семейства сложноцветных. Это растение произрастает обычно на открытых местах и имеет защитное приспособление от действия прямых солнечных лучей; листья расположены в одной плоскости, ориентированной с севера на юг.

Движущийся воздух – ветер оказывает большое влияние на растения, усиливая транспирацию. Особенно резко это проявляется на открытых равнинах. В степной полосе, в том числе и в районе прохождения учебной практики, выработалась форма растения - *«перекати поле»*. Эти травянистые растения имеют форму шара вследствие сильно ветвистых стеблей; к осени стебли отламываются от корней и ветер перекатывает их по полям, производя обсеменение. К растениям «перекати поле» относятся: рогач песчаный и солянка холмовая (из семейства маревые); зопник колючий (из семейства губоцветные), качим метельчатый (из семейства гвоздичные) и некоторые другие.

3.2. Жизненные формы

В результате совокупного влияния экологических факторов в течение длительного времени в природе создались жизненные формы растений.

Жизненная форма – это внешний облик растительного организма, возникающий исторически в связи с постоянно окружающими его условиями.

Единой классификации жизненных форм еще нет. В настоящее время чаще всего применяется классификация датского ботаника Раункиера. В основе ее – приспособленность растений к перенесению неблагоприятных условий, степень защищенности наиболее нежных тканей в точках роста т. е расположение почек возобновления.

По этой классификации выделяется пять основных типов жизненных форм у растений.

1) Фанерофиты (фанерос – открытый, с греческого) – деревья и

кустарники; почки возобновления защищены чешуйками (или незащищены – у тропических деревьев); побеги на зиму не отмирают, находятся высоко над землей.

2) Хамефиты (хамай – над землей, греч.) – мелкие кустарники (брусника, вереск) и полукустарники; почки возобновления расположены у них невысоко над поверхностью земли и защищены чешуйками, а на зиму – снегом. Побеги на зиму не отмирают.

3) Гемикриптофиты (наполовину скрываю; греч.) – многолетние травянистые растения (клевера, многолетние луговые злаки). Почки возобновления находятся в приземных частях побегов, на уровне поверхности почвы и защищены остатками отмерших частей растения, а зимой – снегом. Надземные части растения на зиму все отмирают.

4) Криптофиты (геофиты) – многолетние травянистые растения. Надземные побеги на зиму полностью отмирают, а почки возобновления находятся в подземных органах: клубнях, луковицах, корневищах (пырей ползучий, лук круглый).

5) Терофиты (терос – лето; греч.). Однолетние травянистые растения с отмирающими на зиму всеми надземными и подземными органами. Зимующие почки не закладываются, перезимовывают только семена. К ним относится много дикорастущих, сорных и культурных растений.

Есть и другие классификации жизненных форм. Наиболее широко используется классификация, основанная на внешней форме растений, и называется она физиономической классификацией, по данной классификации выделяют следующие формы:

1) Деревья. Многолетние растения имеют многолетние деревенеющие стебли (главный ствол и боковые побеги) обычно большие по высоте от пяти до ста и более метров и имеющие вторичный прирост стеблей в толщину (дуб, береза, липа, сосна и другие).

2) Кустарники, отличающиеся от деревьев отсутствием главного ствола, или он слабо выражен; ветвление начинается почти у поверхности почвы. Высота их не превышает 3-5 м (роза, сирень, крыжовник, жимолость и другие).

3) Кустарнички. Сходны с кустарниками, но обычно небольшой высоты – не более 50 см (брусника, вереск).

4) Полукустарники. Сходны с кустарниками. Отличаются тем, что побеги их только в нижней части деревенеют, покрываются пробкой и на зиму отмирают. Средние и верхние части побегов на

зиму отмерзают или отсыхают. К ним относится: полынь высокая, некоторые виды зверобоя и другие.

5) Растения – «подушки». В результате своеобразного ветвления побегов растения приобретают форму плотного шара (подушки), внутри которого сохраняется равномерная температура, предохраняющая побеги от вымерзания. Такая жизненная форма встречается в нагорных полупустынях (некоторые виды камнеломок, звездчаток, живучек, астрагалов).

6) Суккуленты (стеблевые и листовые); о них говорилось выше;

7) Лианы (деревянистые и кустарниковые). Стебель у них длинный, тонкий, не способный удерживаться в вертикальном положении самостоятельно. В качестве опоры лианы используют другие растения, обвиваясь или цепляясь за них (плющ, хмель, виноград, лимонник). Лианами богаты тропические леса и леса влажных субтропиков.

8) Многолетние травы. Они ряд лет сохраняют подземные части (корневища, клубни, корни), а надземные побеги ежегодно сбрасывают и возобновляются. К ним относится много известных растений.

9) Двулетники. Проходят полный жизненный цикл в течение двух лет, после чего погибают (свекла, морковь, редька и другие корнеплоды; белена черная, мелколепестник острый, сурепица обыкновенная, донник желтый, чертополох курчавый и другие).

10) Однолетники. Жизненный цикл их длится один вегетационный период. К ним относятся многие культивируемые растения и ряд сорных и дикорастущих (овес пустой или овсюг, ежовник обыкновенный или куриное просо, горчица полевая, марь белая, щирица запрокинутая, горец вьюнковый и другие).

3.3. Понятие о растительности, флоре и растительных сообществах

Растительность – совокупность растительных сообществ (фитоценозов) на данной территории. Можно говорить о растительности в целом земного шара или какой-либо страны, а также области, района и т.д. Объектами науки о растительности являются такие естественные группировки растений, как лес, степь, луг, болото и другие.

Флора – совокупность систематических единиц (видов, родов, семейств и пр.) на определенной территории.

Подобно растительности можно говорить о флоре в целом земного шара или какой-либо части земной поверхности (флора России, флора Самарской области). Каждому периоду в истории Земли соответствует своя флора; современная флора сложилась на протяжении всей истории Земли.

Учение о растительных сообществах – один из отделов ботанической географии. В нем изучается совокупность растений на данном участке, их взаимное влияние, видовой состав, отношение к окружающей среде, генезис данного состава. Учение о растительных сообществах имеет дело с растительным покровом (растительностью), который взаимодействует со средой.

Элементарными конкретными единицами растительного покрова являются *растительные сообщества или фитоценозы* (от греческих слов: fiton – растение, koinos – общий).

Естественные растительные сообщества не случайные объединения растений, они сложились исторически, в процессе длительной эволюции.

Фитоценозом называется всякая конкретная группировка растений, на всем протяжении занимаемого ею пространства относительно однородная по внешности, флористическому составу, строению, по условиям существования и характеризующаяся относительно одинаковой системой взаимоотношений между растениями и средой обитания.

Совокупности, комплексы растений в фитоценозе подбираются в процессе длительного исторического развития, они отличаются не только видовым составом, но и внешним видом. В силу чего давно уже установлены следующие понятия: лес, степь, луг, болото и так далее.

Лес – это крупное растительное сообщество, он может быть хвойным и лиственным. Хвойные леса подразделяются на сосновые, еловые и т.д. Все они хорошо различимы и являются растительными сообществами различных рангов.

Растительным сообществом можно считать всякий лес, всякий луг и т.д., а также растительным сообществом называется и конкретный участок леса или луга, который исследуется. Термин растительное сообщество не имеет таксономического значения и употребляется для обозначения растительных группировок различного объема. Каждое сообщество связано с определенным местообитанием. В сходных экологических условиях фитоценозы

повторяются. Так, например, луга встречаются обычно в поймах многих рек. Сложившиеся фитоценозы с одной стороны устойчивы, с другой стороны находятся в постоянном движении и развитии. Можно говорить только об относительном постоянстве их.

Устойчивость фитоценозов подтверждает тот факт, что они повторяются в различных пунктах почти в том же составе и восстанавливаются после нарушения или уничтожения. Например, после распашки степи образовавшаяся залежь постепенно возвращается к исходному типу степи. В то же время фитоценозы медленно изменяются, проходят одну стадию за другой и, в конце концов, переходят в другие фитоценозы.

Экономическое значение фитоценозов велико. На основании детального изучения их устанавливается промышленная и сельскохозяйственная ценность лесных площадей, кормовых угодий (луговых, сенокосных, пастбищных), водных планктонов и др. Можно устанавливать по фитоценозам перспективы мелиорации, перспективы освоения земель для заселения, для звероводства, для охоты и т.п.

Каждый фитоценоз в процессе формирования приобретет определенное строение, которое характеризуется рядом характерных отличительных признаков. Основные признаки фитоценозов следующие: флористический (видовой) состав, ярусность надземных частей (ярусное строение), численное обилие видов, проективное покрытие, жизненность, фенологическое состояние. Краткое понятие этих признаков фитоценозов и методы учета их рассматриваются в следующей главе. При геоботанических исследованиях учитывается также физиономия фитоценоза или аспект. Так называется внешний вид (внешность, облик) фитоценоза.

Сущность всех признаков фитоценоза и значение их тщательного изучения разбирается в теоретических курсах ботаники и геоботаники.

3.4. Понятие о растительных ассоциациях

Растительные сообщества нередко бывают сходны между собой, и тогда они объединяются в более крупные единицы – ассоциации. Практикой работы вызвана необходимость классифицировать все разнообразие встречающихся сообществ.

Такой основной систематической (таксономической) единицей в геоботанике и является ассоциация (от латинского socio –

объединяю).

Основная классификационная единица в фитоценологии – растительная ассоциация. Это наиболее мелкая, хорошо улавливаемая физиономическая единица растительного покрова.

Ассоциацией называют совокупность участков растительности, имеющих одинаковую физиономичность, структуру, видовой состав и расположенных в сходных условиях местообитания. Ассоциации дается русское название по доминирующим (господствующим) видам растений. Под доминирующими видами растений обычно понимают те, которые представлены большим количеством экземпляров и дают большое проективное покрытие. Могут быть и содоминирующие виды. В русском названии ассоциации, при наличии господствующего и согосподствующего видов, на последнее место ставится господствующее растение. Кроме того, в скобках обязательно выписываются в порядке господства доминирующее растение со знаком плюс (+) между ними, но уже латинскими названиями. Если хорошо выражена ярусность ассоциаций, выписываются доминирующие растения по каждому ярусу в отдельности и ярусы отделяются друг от друга знаком тире (–).

Примеры записи: ковыльно-типчаковая (Festuca sulkata + Stipa Lissingiana); кустарниково-разнотравно-злаковая (Zerna inermis + + Agropyron repens + Festuca sulkata + Artemisia austriaca – Spirea hyperecifalia).

На лугу в зависимости от рельефа может быть несколько ассоциаций. В повышенных частях может быть выражена костровая ассоциация (доминирующий вид Костер безостый или Зерна безостая). Следующая, в которой преобладает овсяница красная и бобовые растения, может быть названа бобово-овсяницевая ассоциация. Далее, в пониженных местах, – полевичная ассоциация, а также лисохвостная и самая влаголюбивая – мятликовая ассоциация.

Совершенно ясно, что названия ассоциаций не должны быть слишком громоздкими, и наоборот, доходчивыми для производственников: агрономов, лесоводов, зоотехников и т.д. Поэтому и используются русские названия. Ботаники часто отражают в них преобладание тех или иных хозяйственных и биологических групп растений, а в скобках дают перечисление латинских названий основных видов.

Параллельно русским названиям ассоциаций пользуются латинскими названиями. Принцип их составления не отличается от

того, что сказано выше; способы составления различны. Подробно разбирать их в данном пособии не будем, только приведем примеры. Сосновый лес при наличии в нем большого количества брусники можно назвать сосново-брусничной ассоциацией – Pinetim vacciniosum (сосна – Pinus, брусника – Vaccinium). Дубовый лес с хорошо выраженным подлеском из липы называют дубоволиповой ассоциацией – Quercetum tiliosum (дуб – Quercus, липа – Filia).

Сходные ассоциации объединяются в более крупные группы ассоциаций, далее следует формации, группы формаций классы формаций и, наконец, типы растительности.

Различают четыре типа растительности: древесная, травянистая, пустынная и блуждающая.

4. Методика геоботанических исследований. Типы геоботанических исследований

Типы исследований и их содержание бывают различны, в зависимости от задач, от времени, от имеющихся средств, от площади и т.д. Все они могут быть подразделены на четыре категории: рекогносцировочные, маршрутные, детально-маршрутные и стационарные. Этот ряд соответствует все большей и большей углубленности исследований и соответственно уменьшению территории. Краткая характеристика всех этих типов такова.

Рекогносцировочные исследования. При этих исследованиях дается общее геоботаническое освещение территории, устанавливаются ландшафты и закономерности в их распределении и в сложении растительного покрова, улавливается связь между растительным покровом, элементами рельефа, почвами и пр., определяются основные ассоциации и формации, дается их общая характеристика.

Маршрутные исследования представляют более высокую ступень сравнительно с предыдущим. Здесь, при сравнительно больших пространствах, кроме указанных выше задач, проводится углубленное изучение растительности и соответствующих условий существования. Это делается путем изучения отдельных точек или выборочных участков. Проделывая определенный маршрут, останавливаются на некоторое время в том или ином пункте и посвящают ему известное количество времени (несколько часов, день) для более детального изучения с закладыванием пробных площадок (см. ниже). Этот тип исследования используют на учебной практике.

В результате маршрутных исследований дается характеристика основных типов растительности и их производственное значение. Кроме того, может быть составлена карта растительности.

Детально-маршрутные исследования. Здесь территория, подлежащая исследованию, еще более сокращается. По всему маршруту ведутся детальные описания с закладыванием пробных площадок. Ассоциации отмечаются и наносятся на имеющиеся планы крупных масштабов. Материал описывается достаточно детально и характеризуется местообитание и видовой состав растительности всех отмеченных ассоциаций.

Стационарные исследования. Это наиболее глубокий тип исследований, ограниченный площадью (определенный луг, участок степи и т. д.) Маршруты здесь не прокладываются, так как весь участок находится в пределах небольших переходных экскурсий, иногда ограничиваются двумя-тремя пунктами и здесь сосредотачивают работу, многократно и постоянно посещая выбранные пункты. Стационарные исследования могут ограничиваться одним вегетационным периодом или работы ставятся на целый ряд лет. Если изучается весь участок, то в результате может быть дана детальная геоботаническая карта. Совершенно ясно, что при стационарных исследованиях применяются особые методы как для изучения растительного покрова, так и экологических условий, более детальные и более глубокие, чем при исследованиях маршрутных.

Три последних типа геоботанических исследований в своей основе обычно имеют метод пробных, искусственных площадок.

4.1. Метод участков

При геоботанических исследованиях двумя основными методами являются: метод участков и метод экологических рядов. Познакомимся с первым из них, которым будем пользоваться. Метод участков достаточно разнообразный и может применяться главным образом в двух вариантах: в основу положены или естественные участки ассоциаций или пробные (искусственные) участки. Пробные участки ограничиваются искусственно выделенными размерами и всегда бывают меньше естественных. При исследованиях рекогносцировочного типа описание больших участков имеет особенное значение тогда, когда в ущерб детализации необходимо дать списки растений основных ассоциаций и угодий. Все исследования других типов в основе своей имеют метод пробных искусственно выделенных площадок. Метод пробных площадок является точным, так как при ограниченных размерах участков внимание сосредоточено на небольшой площади и здесь недопустимо пропускать растения, как на больших участках.

При исследовании методом пробных площадок студенты учатся распознавать виды растений по вегетативным органам, в период цветения, плодоношения и проч.

Размер пробной площадки при геоботанических исследованиях травянистых покровов обычно рекомендуется 100 м^2. Как правило, площадки закладываются в форме квадрата 10×10 см.

На степных склонах, закладывая площадки в 100 м^2 размером 20×5 м, 40×2,5 м, или 50×2 м, располагают их так, чтобы длинная сторона тянулась вдоль склона. При использовании площадок размером 100 м^2 получают неплохие характеристики растительных ассоциаций, но все же такой размер слишком велик для того, чтобы учесть все признаки. Поэтому необходимо внутри площадок размером 100 м^2 дополнительно закладывать площадки меньших размеров (1 м^2).

Количество площадок определяется в зависимости от целей исследования: одна площадка в 100 м^2 и ряд дополнительных по 1 м^2 могут дать удовлетворительные результаты, характеризующие травянистый покров исследуемой территории. Площадки закладываются или во всех ассоциациях или же в наиболее важных и распространенных.

4.2. Методы описания пробных площадок (признаки фитоценоза и методы их изучения)

Описание пробных площадок – одна из главных задач геоботанических исследований. При описании пробных площадок принимается такой порядок: сначала устанавливается ассоциация, затем выделяется пробная площадка, наконец эта площадка описывается. Одним из основных моментов является установление ассоциации, так как только в этом случае списки растений будут иметь большое значение.

Для успешной работы нужно путем ряда маршрутов научиться выделять ассоциации, тогда будет ясно, что луг, например, состоит не из одной ассоциации, а из большого их числа, что болото – не ассоциация, а целая их совокупность. Все ассоциации обычно довольно ясно выделяются физиономически: одна, например, в виде пестрого участка, другая – в виде зеленого, третья – темно-красного и т.д. Эти участки и служат основными объектами исследования и здесь закладываются пробные площадки. Естественно, что участки с определенной физиономией растительности имеют однородный флористический состав и однородные условия существования на протяжении всего участка.

Выбрав участок, удовлетворяющий указанным условиям, при помощи рулетки отмеряют площадку 10×10 м и по углам устанавливают приметные знаки – палочки, палочки с белыми флажками и др. Записав дату и другие данные (см. п. 4.3), приступают

к описанию пробной площадки в следующем порядке:

1) Физиономия (внешний вид участка) или аспект. Здесь дается общая картина участка, указывающая, какие растения играют главную роль, какие являются второстепенными, какова красочная картина. Приведем пример описания, сделанного в Курской области на Стрелецкой степи Центрально-Черноземного государственного заповедника. «Вдали степь желтовато-белая от массы таволги шестилепестной и свербиги восточной. Вблизи картина очень пестрая, но преобладает два цвета, на первом месте стоит белый – от тавологи шестилепестной и краевых цветков нивяника обыкновенного, а на втором – синий от шалфея лугового. На третьем – желтый цвет от лютика многоцветкового, ястребинок и кульбабы шершавой, но в настоящий момент соцветия двух последних растений закрыты, и поэтому желтый цвет стушевывается. Довольно много румянки, кровяно-красные соцветия которой пронизывают травостой». Все остальные данные записываются по форме (см. п. 4.3). Эту форму нужно приготовить заранее, перед выходом в поле, тогда удобно будет проводить все записи.

2) Флористический (видовой) состав. Этим термином обозначают все виды растений, входящие в состав растительного сообщества. Флористический состав может быть очень разнообразным. Учет этого признака довольно прост – нужно записать название всех видов растений. В тех случаях, когда название растения неизвестно, необходимо взять данный вид в гербарий и определить его в лаборатории.

При составлении списка первое время рекомендуется описывать растения с четырех сторон площадки, а также по диагонали, крест-накрест и начинать переписывать растения тех видов, которые заметны в первую очередь. После того, как выявлены все растения с высоты человеческого роста, необходимо пригнувшись и раздвигая травостой, выявить низкорослые растения (5-10 см высоты) или проростки и всходы. Составление списка растений занимает большую часть времени. Неполнота списков свидетельствует о поверхностном характере проделанной работы.

При обработке материала расположение видов в списке будет не в порядке их записи в поле, а по хозяйственно-экологическим группам. При учете травяного покрова основными группами являются следующие: злаки, осоки, бобовые, разнотравье, мхи. Если встречаются в большем количестве растения из других групп, то

записывают и их: лишайники, грибы и водоросли. К группе «осоки» относят не только растения из семейства осоковых (Cyperacae), но и растения из семейства ситниковых (Juncaceae).

К разнотравью относятся все виды цветковых растений различных семейств, не относящиеся к вышеперечисленным группам. Можно и даже лучше такое разделение по группам предусмотреть заранее и записывать в поле виды растений согласно вышеуказанным группам.

При закладывании дополнительных площадок в 1 $м^2$ необходимо составлять флористические списки на каждую из них.

По правильно составленным спискам флористического состава с учетом групп можно сделать заключение о кормовой ценности травостоя.

3) Ярусность. Виды растений, входящие в состав растительного сообщества, располагают свои надземные части на разных уровнях. Это зависит от наследственных свойств каждого вида и от условий окружающей среды. Подземные части также располагаются на различной глубине. Таким образом, ярусностью называют расположение отдельных частей растений в зависимости от их размеров. Различается надземная и подземная ярусность, т.е. ярусность корневых систем. Надземная ярусность выражается в баллах, и часто определяют ее у травянистых растений по трехбалльной и четырехбалльной шкале:

1) высокие растения (стебли злаков и высокого разнотравья);

2) растения второй по высоте величины (стебли более низких злаков, разнотравья и других растений);

3) низкорослые растения;

4) мхи, лишайники и очень низкорослые травянистые растения 1-5 см высоты.

4) Обилие – количество особей того или другого вида растения в пределах данного растительного сообщества. Учет этого признака может быть проведен точно – т.е. подсчетом всех особей каждого из видов растений. Такой подсчет требует много времени. При необходимости его применяют по отношению к важным в том или другом отношении растениям или по отношению к аспектирующим растениям. В остальных случаях обилие определяется глазомерно, пользуются субъективным методом оценки обилия. Рекомендуется при этом такая шкала обилия:

- обильно – очень большое количество экземпляров;

- много – много экземпляров;
- порядочно – порядочно экземпляров;
- изредка – небольшое количество экземпляров;
- редко – несколько экземпляров;
- один – один экземпляр.

Часто применяют метод немецкого ученого Друде, где различные степени обилия даются таким образом:

- Soc (sociales) – данное растение образует фон; надземные части смыкаются;
- Cop (copiosae) – растения встречается в больших количествах, но фона не дает, иногда степень обилия расчленяется на три ступени: cop^3, cop^2, cop^1, по степени убывания обилия: очень обильно, обильно, довольно обильно;
- Sp (sparsae) – растение встречается в небольших количествах. Вкраплено в основной фон других растений предыдущих категорий;

Sol (solitarie) – встречается в очень малых количествах, единичными экземплярами.

Иногда еще пользуются значком "un" (unicum) – для растений, которые на площадке встречаются единичными экземплярами. Степень обилия может варьировать в пределах пробной площадки и, таким образом, общее представление об обилии каждого вида создается только после ознакомления со всей площадкой, т. е когда список уже составлен. Тогда ставится та или иная оценка.

5) Проективное покрытие. Проективное покрытие – это проекция надземных частей отдельных видов растений на поверхности земли. Учитывается оно путем определения той площади, которая покрывается (если, смотреть сверху-вниз) надземными органами или иного вида растения и выражается в процентах или баллах.

Для точного проективного покрытия предложены некоторые приспособления, но при известном навыке можно обойтись и без них. В последнем случае исследователь, мысленно сдвигая все растения данного вида в одну сторону, пытается представить себе, какую площадь они занимают.

Для определения покрытия отдельного вида растений пользуются следующей пятибалльной шкалой:

- балл 5 – растения покрывают от 1 до 1/2 всей площади описания, т. е. покрывают всю пробную площадку или только половину ее (100-50%);

- балл 4 – растения покрывают от 1/2 до 1/4 всей площади описания (50-25%);
- балл 3 – растения покрывают от 1/4 до 1/8 всей площади описания (25-12,5%);
- балл 2 – растения покрывают от 1/8 до 1/16 всей площади описания (12,5-6,25%);
- балл 1 – растения покрывают меньше 1/16 всей площади описания (меньше 6,25%).

Учет покрытия целесообразно делать и на площадках размером в 1 $м^2$, взяв несколько таких площадок.

б) Фенологическое состояние. Фенология – учение о периодических явлениях в жизни растений. Сезонное развитие растений в основном подразделяется на три периода: вегетативное состояние, цветение, плодоношение и обсеменение. В пределах каждого из этих периодов подразделяют фазы, начиная с момента прорастания и заканчивая обсеменением.

Периоды и фазы следующие:

- период вегетативного состояния:
  - вегетативный период 1 – растение находится в состоянии ростков, проростков или всходов;
  - вегетативный период 2 – образование листьев – состояние «розетки» (или кущение узлов).
  - вегетативный период 3 – рост стеблей и облиственность;
- период цветения:
  - период цветения 1 – появление бутонов;
  - период цветения 2 – зацветание (бутоны преобладают над цветками);
  - период цветения 3 – полное цветение, во время которого могут быть плоды, но цветки преобладают;
  - период цветения 4 – отцветание (незрелые плоды преобладают над цветками и плодами);
- период плодоношения и обсеменения:
  - период плодоношения 1 – начальная фаза образования плодов, но все они незрелые;
  - период плодоношения 2 – созревание плодов или наличие незрелых плодов одновременно со зрелыми;
  - период плодоношения 3 – зрелые плоды;
  - период плодоношения 4 – обсеменение.

Фенологическое состояние злаков учитывают иногда несколько иначе по сравнению с другими растениями и отмечают: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, молочную и восковую спелость, записывая кратко («всходы», «кущ», «колош», и т. д.).

7) Жизненность – степень роста и развития растения в данном фитоценозе в зависимости от условий окружающей среды.

Различают следующие степени жизненности:

- плохое – растения находятся в плохом состоянии, угнетенные (маленькие, слабые), не цветут или имеют мелкие (меньше обычного размера) цветки и плоды;
- посредственное – растения испытывают некоторое угнетение, которое выражается в недостаточном росте или отставании в развитии;
- хорошее – растения имеют нормальный для данного вида рост и размеры;
- отличное – растения отличаются чрезмерной высотой и большими размерами всех своих частей (стеблей, листьев, соцветий и т.д.), так как находятся в благоприятных условиях развития.

Если все виды находятся в каком-либо одном состоянии, то нужно обращать внимание на то состояние, в котором находится большинство экземпляров. Учет жизненности более удобно проводить на площадках в 1 м^2.

Итак, в результате проведенной работы получают описание площадки в 100 м^2, на которой учитывают такие признаки: физиономичность, флористический (видовой) состав, ярусность, обилие, проективное покрытие, фенологическое состояние, жизненность. На добавочных площадках в 1 м^2 обычно изучаются: *флористический состав, проективное покрытие и жизненность.*

4.3. Оформление результатов геоботанических исследований

Описание растительного сообщества производится в известной последовательности. Каждое описание начинают с даты (число, месяц, год), затем переходят к указанию на местонахождение пробной площадки (область, район, поселок), указывая примерное расстояние и направление от ближайшего населенного пункта.

Далее следует описание условий местообитания: особенностей почвы, рельефа, увлажнения и т. д. Затем описывается

физиономия, аспект (внешний вид в момент исследования), затем – название ассоциации. В конце приводят данные исследований по форме, представленной ниже (пример).

Таким образом, записи ведутся в определенном порядке.

Пример.

Результаты геоботанических исследований

1. Дата_____
2. Местонахождение пробной площадки_____
3. Условия местообитания_____
4. Физиономия (или аспект)_____
5. Название ассоциации (предварительное в поле и более точное после обработки и анализа всех полученных данных).
6. Данные геоботанических исследований. Описав участок в 100 $м^2$ по указанной форме, привести данные описаний на 1 $м^2$. Анализируя весь полученный материал, дать заключение о возможности хозяйственного использования данного участка (сенокосное, хорошее пастбищное угодье, плохое пастбищное угодье и т. д.).

5. Луговая растительность

Луг представляет собой ассоциации травянистой мезофитной растительности, развивающейся на почвах различной влажности и содержания питательных веществ, зависящих от чередования водного режима.

Мезофитность – основной фактор, от которого зависит географическое распространение лугов. Располагаются луга в поясе гор – горные луга и на равнинах – равнинные луга.

5.1. Положение лугов на местности

По положению на профиле местности луга занимают различные элементы рельефа и классифицируются на пойменные луга и луга водоразделов, называемые часто материковыми. (Водораздел – участок земной поверхности, разделяющий водосборные площади-басейны водоемов и водотоков).

Пойменные луга расположены в поймах рек и подвергаются ежегодному временному затоплению весенними полыми водами. Луговая растительность пойм выработалась под влиянием затопления ее водой.

Луга водоразделов в зависимости от рельефа и характера водоснабжения делятся на суходольные и низинные. Суходольные луга занимают наиболее возвышенные части водоразделов; низинные луга находятся в понижениях.

5.2. Растения лугов и их экологические особенности

Травянистые растения, составляющие луг, принадлежат к различным семействам отдела покрытосеменных, или цветковых растений. Экологической особенностью луговых растений является потребность их к достаточному увлажнению и плодородию почв. Это в основном мезофиты, представленные многолетними травами. Светолюбивые растения, энтомофильные по опылению (контрастная окраска цветков), образуют большое количество семян, но размножаются вегетативно, так как семенному размножению препятствует сенокос во время цветения, а молодым всходам трудно пробиться через плотную дернину. Луговые растения делят на четыре хозяйственные группы: злаки, бобовые, осоки, разнотравье, каждая их которых имеет свои экологические особенности.

Луговые злаки

Основу растительного покрова луга составляют злаки, так как корневая система всех злаков очень мощная и обычно мочковатая.

Одни злаки имеют корневища и в природе образуют разреженный травостой вследствие того, что почки возобновления удалены друг от друга на несколько сантиметров. Эти злаки называют *корневищными* (рис. 3). Они произрастают в условиях хорошей аэрации почвы, богатой минеральными веществами, которые имеются на пойменных лугах в результате образования наилка во время паводков; к корневищным злакам относятся: пырей ползучий, вейник наземный, мятлик луговой (рис.107), полевица беловатая, лисохвост луговой, мятлик сплюснутый.

Вторая группа злаков *рыхлокустовые* – побеги расположены под углом к общей оси дерновины (рис. 4). Вся совокупность побегов образует рыхлый куст и рыхлую дернину. Рыхлокустовые злаки требовательны к аэрации почвы почти так же, как корневищные, и поэтому могут обитать на пойменном лугу. Эти злаки обильны и на суходолах. К ним относятся: ежа сборная, тимофеевка луговая (рис. 108), овсяница луговая.

Третья группа злаков – *плотнокустовые* (рис. 5). Побеги выходят из узла и идут вертикально вверх, вследствие чего возникают плотные «кусты». Узел кущения этих злаков находится над поверхностью почвы, в почве развиваются только корни, поэтому эти растения обитают на уплотненных почвах. К плотнокустовым злакам относятся: овсяница желобчатая или типчак, белоус торчащий, луговик дернистый или щучка.

В связи с особенностями строения подземных органов, злаки не образуют сплошной дернины. У корневищных злаков подземные побеги далеко расставлены друг от друга, а «кустовые» имеют обычно округлое очертание «куста», так что и при плотном стоянии дерновинок остаются свободные пространства, которые заняты разнотравьем и бобовыми.

Злаки составляют наиболее ценную часть травостоя, обладая высокими питательными свойствами.

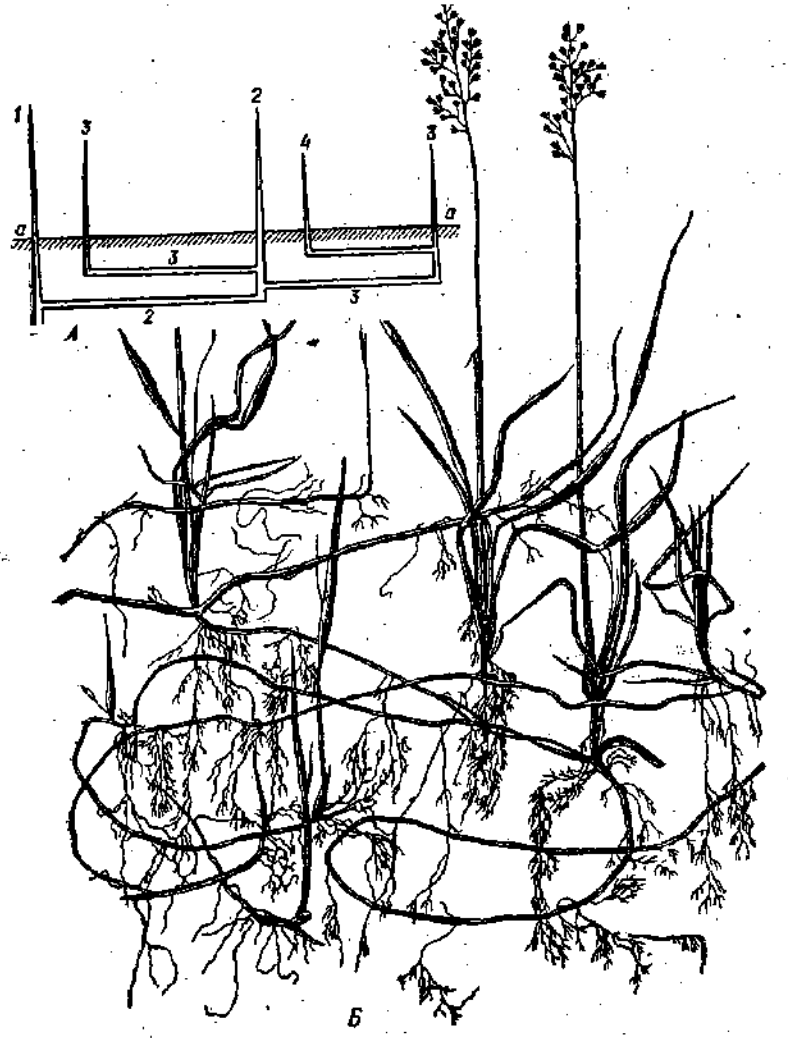


Рис. 3. Кущение длиннокорневищного злака:
А – схема: а – поверхность почвы, 1 – материнский побег и последовательно возникающие на нем побеги;
Б – зубровка душистая (Hierochloe odorata)

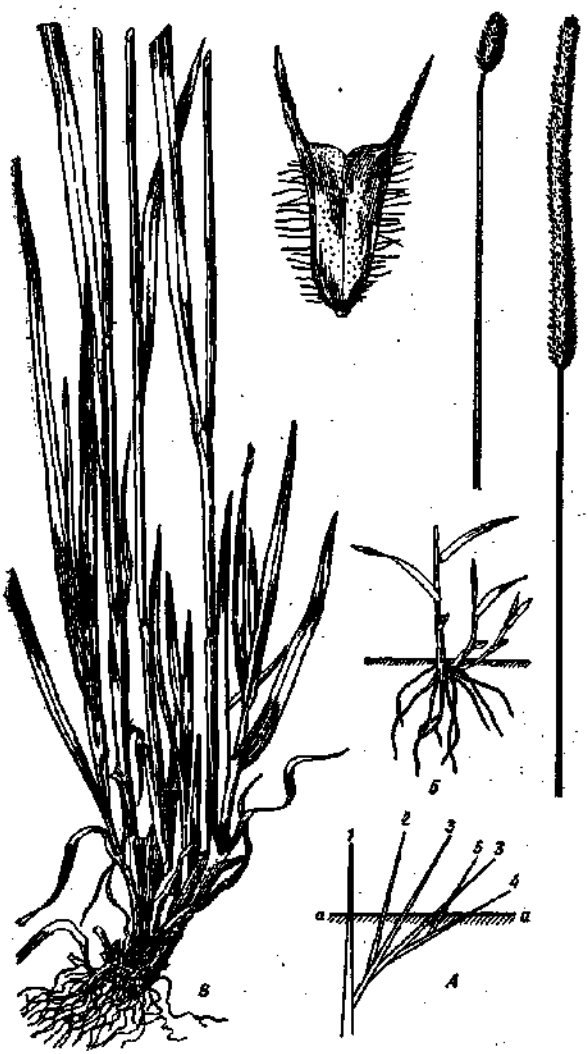


Рис. 4. Кущение рыхлокустового злака:
А, Б – схемы кущения; В – тимофеевка луговая (Phleum pratense)

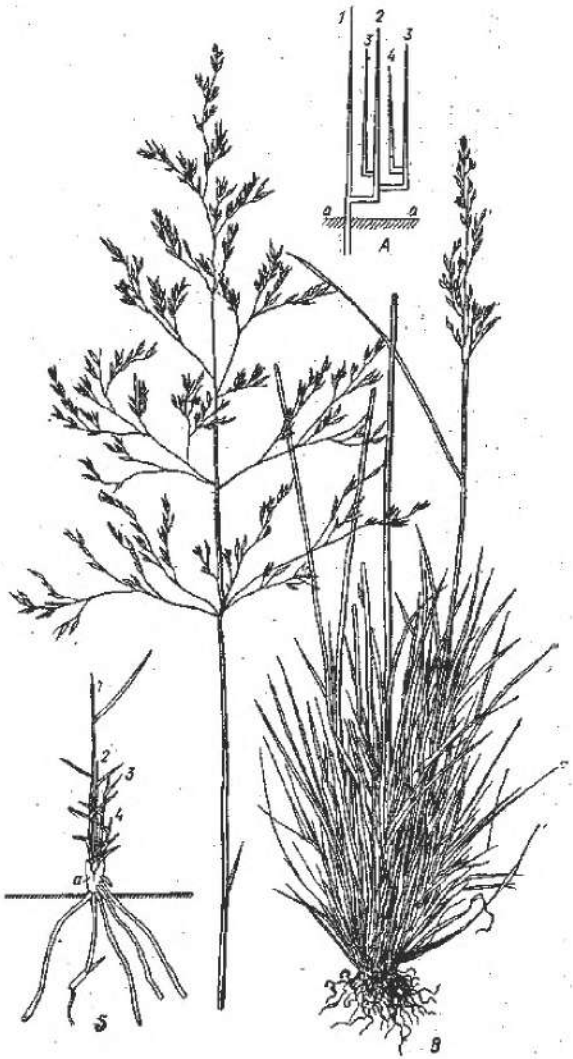


Рис. 5. Кущение плотнокустового злака:
А, Б – схемы кущения; В – луговик дернистый (Deschampsia caespitosa)

Бобовые растения лугов

Среди луговых растений существенное значение имеет группа *бобовые*. Для них характерно глубоко проникающая корневая система, что позволяет им впитывать минеральные соли и воду из глубоких слоев почвы и хорошо уживаются со злаками. Среди злаков они не испытывают азотного голодания, благодаря наличию клубеньковых бактерий на корнях бобовых, способных усваивать атмосферный азот. При отмирании бобовые обогащают верхние слои почвы азотом и минеральными солями. Совместное произрастание злаков и бобовых улучшает структуру почвы и повышает ее плодородие.

Из бобовых на лугах встречаются: клевер ползучий (рис. 86), клевер луговой (рис. 91), горошек мышиный, чина луговая, лядвенец рогатый, люцерна посевная, люцерна серповидная. Бобовые растения, богатые белками, также очень ценная часть травостоя лугов.

Луговые осоки и ситниковые

К этой группе относятся виды семейств осоковые (рис. 106) и ситниковые. Они требовательны к избыточному увлажнению, что связано с их строением. Осоки наиболее распространены на лугах низкой поймы и на низинных лугах, где образуют почти чистые группировки (сообщества). Осоки представлены на средних и высоких уровнях в пойме. Стебель у осок трехгранный, заполненный в молодых частях серцевинной паренхимой, позднее – полый; листья имеют замкнутое влагалище и линейную пластинку; нет язычка.

Соцветия осок – колоски – располагаются по нескольку в верхней части стебля. У некоторых осок все колоски одинаковы по внешнему виду, так как содержат и пестичные и тычиночные цветки: осока лисья, осока сероватая. У большинства осок колоски различаются по внешнему виду: тонкие верхние колоски содержат тычиночные цветки, а более толстые - пестичные (осока черная). Околоцветник полностью редуцирован. Андроцей из одного круга с 3 тычинками. Гинецей образован 3 или 2 плодолистиками, завязь верхняя, одногнездная, с одним семязачатком; столбик несет 3 или 2 длинных нитевидных рыльца. Плоды осок – орешки, заключенные в «мешочки».

По характеру подземных органов осоки делятся на четыре группы: *корневищные* – осока ранняя, осока прямоколосая, осока

острая – обитают на рыхлых, хорошо аэрируемых почвах; *рыхлокустовые* – осока заячья, осока колючковатая; *корневищно-рыхлокустовые* – осока черная; плотнокустовые – осока дернистая – обитают на уплотненных заболоченных почвах.

Роль осок в кормовом отношении невелика и неодинакова. Стебли и листья их становятся грубыми, режущими, поэтому животными поедаются плохо в свежем виде, также неохотно животные едят сено.

Хорошо поедаются животными следующие виды осок: осока ранняя, осока низкая. Несколько хуже поедаются животными осока водяная, осока двутычиночная, осока заячья.

Луговое разнотравье

К группе разнотравье относятся большинство двудольных растений, принадлежащих к семействам: лютиковых, розоцветных, сложноцветных, гвоздичных, крестоцветных, зонтичных, бурачниковых, губоцветных, гречишных и др. Сюда же относятся некоторые однодольные из семейств: лилейных, частуховых, сусаковых. Это большая группа растений. Общим для нее является потребность к достаточному увлажнению. Роль различных семейств и видов разнотравья в травостое лугов неодинакова.

Характерно для разнотравья – многолетники, с разнообразными подземными органами. Сюда входят растения, имеющие корневище (длинное и короткое), корневые отпрыски, кустовые многолетники с мочковатыми корнями, с клубнекорнями и луковичные растения. Такие особенности подземных органов обеспечивают их жизнедеятельность и возобновление. Небольшое количество видов является однолетниками.

Разнотравье лугов, составляющее большую часть травостоя, считают балластными или сорными растениями. Однако многие растения из разнотравья поедаются скотом и улучшают качество сена. К таким видам относятся: тысячелистник обыкновенный, козлобородник луговой, одуванчик лекарственный и другие. Среди разнотравья много колючих, ядовитых и пахучих растений, которые не поедаются скотом в свежем виде. Некоторые растения этой группы при высушивании теряют ядовитые свойства, например, ядовитость у лютиковых.

5.3. Характеристика лугов района практики

Во время учебной практики студенты знакомятся со всеми типами лугов и их флорой. Наиболее распространенными лугами окрестностей п.г.т. Усть-Кинельский являются пойменные (заливные), которые располагаются в пойме реки Большой Кинель.

Пойменные луга

Кинельская пойма четко выражена в устье реки и имеет свои особенности в строении, сложившиеся в результате хозяйственной деятельности человека. Отдельные участки центральной и прирусловой поймы распахиваются и подвергаются коренному изменению, вывозится песок, соответственно накатана дорога, проложен газопровод, местами вырублен лес и т.д. Луга используются хозяйствами под сенокос. Приматериковая зона поймы почти не выражена, она занимает малую площадь. На формирование растительности пойменных лугов оказал влияние комплекс природных условий и характер хозяйственного использования человеком.

Пойменные луга относятся к группе природных лугов и являются обычно господствующим типом растительности на поймах.

Степень развития травостоя лугов меняется в связи со степенью аллювиальности, увлажнения, характера почв, связанных с ежегодным длительным или кратковременным затоплением весной с периодическим паводком летом и более постоянным осенью. Разнообразие природных условий поймы обуславливает разнообразие травостоя лугов.

Пойменные луга классифицируются в зависимости от местообитания, ботанического состава, качества в хозяйственном отношении и т.д. Так луга Кинельской поймы классифицируются на настоящие луга, остепененные и болотистые.

Настоящие луга характеризуются нормальным увлажнением и преобладанием в покрове мезофитов. Они распространены по всем зонам поймы на пониженных участках выровненного рельефа.

Остепененные луга отличаются недостаточным увлажнением и господством растительных форм с выраженной ксерофитностью. Они распространены на гривах, редко и кратковременно затопляемых, с дерново-луговыми, плодородными почвами центральной и притеррасной поймы.

Болотистые луга имеют избыточное увлажнение и преобладание растений с признаками гидрофитности. Они распространены на более пониженных участках с длительным застаиванием вод, с иловато-болотистыми почвами центральной и притеррасной поймы.

В растительном покрове каждого луга в определенном соотношении сочетаются хозяйственные группы: злаки, осоки, бобовые разнотравье, создавая специфику структуры сообщества.

Распространение и встречаемость видов пойменных лугов рассматриваем по топологическим частям и экологическим зонам поймы.

Прирусловая часть поймы (приречная зона) по площади хорошо развита, характеризуется наличием крупных частиц песка, отложенных в результате затопляемости. Вследствие сильного и переменного течения – частые разливы. Мезорельеф хорошо развит, высокие, узкие и крутобокие гривы чередуются с глубокими понижениями. Грунтовые воды залегают на гривах глубоко, а между гривами близко к поверхности. Они близки с речными водами и не застаиваются. Почвы достаточно богаты кислородом, поэтому явления заболачивания их выражены слабо. Характерна слоистость грунтов: песчаные слои чередуются с тонкими прослойками, в которых песчаные частицы смешаны с мелкими суглинистыми частицами и отчасти заилены. Почвы песчаные аллювиально-слоистые, с тонкими гумусированными прослойками.

Условия прирусловой поймы благоприятны для развития корневищных злаков, осок и разнотравья, а также растений с мощными стержневыми корнями, на гривах развиваются ксерофиты, составляющие остепененные луга, в понижениях – мезофиты, составляющие настоящего луга.

На ***гривах прирусловой поймы*** постоянно встречаются виды: зерна безостая, вейник наземный, овсяница желобчатая или типчак, пырей ползучий, овсяница луговая, осока ранняя, клевер горный, астрагал нутовый, люцерна посевная, василисник малый, полынь горькая, полынь высокая, полынь понтийская, щавель густой, пижма обыкновенная, тысячелистник обыкновенный и другие виды.

Межгривные понижения прирусловой поймы с достаточным увлажнением, здесь распространены мезофиты: мятлик луговой, мятлик болотный, полевица побегообразующая, осока черноколо-

сая, клевер луговой, козлобородник луговой, вероника длиннолистая, молочай уральский, полынь высокая, одуванчик лекарственный, спаржа лекарственная, девясил британский, чистец болотный и многие другие.

Перечисленные виды составляют определенные ассоциации и часто со злаковой основой (костер). Травостой ассоциаций с преобладанием злаков обычно густой, высокий (от 80 до 110 см 1 ярус и ниже II и III ярус).

Центральная часть поймы – (средняя зона) расположена непосредственно за прирусловой и по площади более обширная, чем другие зоны. Поверхность гривистая с чередованием межгривий. Имеются озера-старицы. Время и разлив реки неодинаков, с чем связан уровень грунтовых вод. Он может быть на глубине 1-2 м, а местами грунтовые воды выходят на поверхность, стоят в течение лета, образуя озера-старицы и болотистые луга. Почвы богаты органическими веществами, структурные, среднепроницаемые и более разнообразны по своему составу. Некоторые из них относятся к подтипу пойменных неразвитых слоистых почв, обычно слабозадерненные, дерново-аллювиальные супесчаные, а некоторые пойменные дернолуговые. Чаще всего представлены зернистыми почвами, супесчаные в некоторой степени оглеенные.

Экологические условия центральной поймы благоприятствуют развитию рыхлокустовых злаков, осок, разнотравья. В центральной пойме формируются настоящие луга с хорошим травостоем, т. е. мезофитная группа; на элементах рельефа с недостаточной влажностью – остепененные луга – ксерофиты. По берегам озер и протокам – болотистые луга – гигрофиты и гидрофиты; преобладают настоящие луга.

В центральной пойме из злаков господствует лисохвост луговой; встречаются: ежа сборная, двукисточник тростниковидный, зерна безостая или костер безостый, мятлик болотный, мятлик луговой, полевица побегообразующая, пырей ползучий, овсяница луговая, овсяница желобчатая (типчак), келерия тонкая или тонконог.

Распространены осоки, с большим обилием и в зависимости от условий: осока ранняя, осока лисья, осока черноколосая, осока дернистая и др.; из бобовых постоянными видами являются: клевер ползучий, клевер луговой, горошек мышиный, чина луговая, встречается чина клубненосная; лядвенец рогатый, люцерна

серповидная, донник белый, донник лекарственный (рис. 90).

Большая группа, распространенная в центральной пойме, – разнотравье: будра плющевидная (рис. 96), жерушник коротконлодный, вербейник монеточный, лапчатка двувильчатая, лапчатка гусиная, лютик ползучий, купальница европейская (рис. 79) лютик золотистый, лабазник вязолистный, валерьяна волжская, алтей лекарственный, дербенник прутовидный, авран лекарственный, серпуха венценосная, подмаренник северный, подмаренник настоящий, зюзник европейский, мелколепестник канадский, щавель кислый, щавель конский (рис. 81) синеголовник плосколистный (рис. 104) и многие др.; встречаются сусак зонтичный, окопник лекарственный, касатик аировидный или водный, частуха подорожниковая и др. виды. Травостой настоящих лугов в зависимости от рельефа поймы подвержен коренному изменению, произведены распашка и посев многолетних трав (костер бездетный в смеси с люцерной посевной), что также отразилось на формировании растительных группировок.

Ассоциации центральной поймы распространены в зависимости от микроусловий зоны. К пониженным местам обитания с более постоянным увлажнением и аллювиально-слоистыми почвами приурочены ассоциации со злаковой основой (лисохвост луговой) и осок (осока лисья, осока черноколосая). На повышенных местообитаниях с недостаточным увлажнением распространены ассоциации с доминантами осоки ранней и ксерофитного разнотравья. В местах с повышенной увлажненностью – двукисточниково-осоково-разнотравные с наличием в них вредных и ядовитых растений (авран лекарственный, окопник лекарственный, калужница болотная (рис. 78), жерушник коротконлодный и др.).

Притеррасная часть поймы (приматериковая зона) – самая пониженная и отдаленная от русла часть поймы и самая меньшая по площади. Она граничит с материком, со склонами речной долины, поэтому находится в особых условиях:

1) вследствие удаленности ее от русла реки, весенние воды, покрывающие ее, почти лишены плодородного ила;

2) у подножья склонов коренного берега часто выходят ключи, избыточно увлажняющие почву, и атмосферные осадки, стекающие сюда с коренных берегов, также увеличивают влажность почвы. Образуются болотистые луга и озерки с заболоченными берегами, протоки.

Почвы плотные, иловато-перегнойные, чаще заболоченные, способствуют развитию плотнокустовых злаков и осок, а также корнеотпрысковому разнотравью, составляющему группы мезофитов и гигрофитов. Растительный покров притеррасной поймы отличается по своему составу и экологическим особенностям от растений других частей поймы.

В пониженных и сырых участках притеррасной поймы встречаются крупные, высокорослые виды осок (осока лисья, осока черная), тростник обыкновенный, окопник лекарственный, чистец болотный, омежник водный, заросли крапивы двудомной, череда трехраздельная, вербейник монеточный, дербенник прутовидный и другие, составляющие болотистые луга.

Настоящие луга представлены мезофитами: лютик ползучий (рис. 77), лапчатка двувильчатая, лапчатка гусиная, молочай уральский, щавель густой, осока вздутая, мятлик обыкновенный и многие другие виды. Из разнотравья в притеррасной зоне поймы встречаются виды, свойственные только для этой зоны: лапчатка песчаная, шалфей луговой и некоторые другие.

В притеррасной пойме устья реки встречаются участки повышенные, что связано с деятельностью человека. На них развиваются нетипичные для этой зоны поймы луга – остепненные с представителями ксерофитов: лапчатка серебристая, бодяк беловойлочный, вьюнок полевой, лабазник вязолистный и другие.

Травостой лугов притеррасной поймы колеблется в пределах 80-100 см (болотистые и настоящие луга) и 15-30 см – остепненные луга. Распространены ассоциации притеррасной поймы в зависимости от микрорельефа: мятликово-осоково-разнотравные, разнотравно-осоковоранние.

5.4. Ассоциации пойменного луга

Пойменные луга характеризуются большим разнообразием ассоциаций и частной сменой их в пределах небольших площадей. Причины этого связаны со строением поймы и экологическими условиями.

Действие реки в смысле отложения плодородного ила, а также условия увлажнения наилучшим образом сказывается на состоянии центральной поймы. Поэтому в ней выражены типичные луговые ассоциации.

Сложение ассоциаций луга, их физиономичность, видовой состав и другие черты зависят, как и у всякого растительного сообщества, от господствующего (доминирующего) вида верхнего яруса. Сообщества пойменного луга обладают ясно выраженной ярусностью и имеют несколько ярусов. Первый ярус – высокотравье – образован, прежде всего, *верховыми злаками*, которые выделяются по характеру побегов и расположению листьев. Это более светолюбивые растения: лисохвост луговой, пырей ползучий, ежа сборная, зерна безостая или костер безостый. Сюда относятся крупное разнотравье и осоки. Второй и третий ярусы – мелкотравье, составлены *низовыми злаками*, которые также получили свое название по характеру побегов и расположению листьев. Они менее светолюбивы. К ним относятся мятлики, полевицы, овсяницы. В этот ярус входят бобовые вида: чина луговая, клевер луговой, горошек мышиный, а также многочисленные растения лугового разнотравья: будра плющевидная, жерушник короткоплодный, одуванчик лекарственный, подорожники. Четвертый ярус прижат к почве и образован вербейником монеточным, луговыми мхами, всходами и молодыми растениями.

Для характеристики ассоциаций кроме ярусности большое значение имеет видовой состав, степень покрытия, оценка роли каждого вида (обилие). В центральной пойме представлено большое разнообразие злаково-осоково-разнотравных ассоциаций.

Основную роль в сложении ассоциаций луга играют злаки, которые в травостое часто имеют доминирующее (господствующее) положение. Злаки активно участвуют в смене ассоциаций. Характер роста и способность злаков к кущению определяют их важную роль в процессе задерновывания луга и вытеснения их травостоя группы разнотравья.

На участках с рыхлой, хорошо дренированной почвой встречаем ассоциации из разнотравья и корневищных злаков (зерны безостой или костра безостого, пырея ползучего, двукисточника тростникового). По мере уплотнения почвы корневищные злаки на этих участках заменяются ассоциациями рыхлокустовых: тимофеевка луговая, овсяница луговая, лисохвост луговой. Эти злаки создают более плотную дернину и постепенно вытесняют разнотравье. В дальнейшем происходит еще большее уплотнение почвы, ухудшение ее дренированности, аэрации. Процесс разложения отмерших частей растений замедляется. Почва истощается

и закисляется. На этих участках на смену рыхлокустовым злакам приходят ассоциации дернистых осок.

Смена ассоциаций обуславливает строение луга, что приводит к снижению хозяйственной ценности. Поэтому, изучая луговые ассоциации, можно не только дать хозяйственную характеристику луга, но и сделать вывод о дальнейшем использовании и улучшении его.

Луга водоразделов (материковые). Как отмечалось, материковые луга делятся на ***суходольные и низинные***. В настоящее время существует мнение о том, что материковые луга возникли в результате хозяйственной деятельности человека, т.е. антропогенно.

Суходольные луга занимают небольшие пространства территории п. Усть-Кинельский и расположены на возвышенных участках водораздела, или приурочены к овражным долам. Они образовались на месте расчисток леса, пастьбы скота и т.д. Почвы этих участков богаты питательными веществами, но здесь сильный дефицит влаги и нет естественного удобрения за счет наилка, поэтому растительность материковых лугов представлена сравнительно небольшим числом видов и эти луга по качеству сена значительно уступают лугам заливаемым.

Травостой суходольных лугов низкорослый, разреженный, что связано с азотным голоданием. Эти луга используются обычно как пастбища, иногда под сенокос.

В соответствии с экологическими условиями на суходольных лугах распространены ксерофитные виды растений (низкий рост, узкие опушенные листья, опушенные стебли). Наиболее часто встречающиеся из них: овсяница желобчатая или типчак, мятлик луковичный, тысячелистник обыкновенный, шалфей остепненный, нонея темнобурая и многие другие. На песчаных почвах встречаются суккуленты (очиток едкий).

Травянистый покров суходольных лугов бывает не сплошным, очень часто почва в этих лугах покрыта мхом, встречаются эфемеры, особенно из семейства крестоцветных – сумочник пастуший, бурачок пустынный и другие.

Низинные луга. Расположены в пониженных местах водоразделов, или на месте постоянного подтока к поверхности почвы грунтовых вод и характеризуются повышенной увлажненностью. Почвы низинных лугов богатые, темноцветные, но в связи с близким залеганием грунтовых вод, оглеенные.

Примером низинного луга является луг на пониженном участке водораздельного плато рисской террасы за усадьбой учебного хозяйства.

Растения, распространенные на низких луга, приспособились к достаточной, а весной к избыточной увлажненности. Встречаются различные виды осок, влаголюбивые злаки: мятлик болотный, полевица побегообразующая, разнотравье из группы мезофитов и гигрофитов.

Ознакомившись кратко со всеми типами лугов и наиболее распространенными из них пойменными, становится ясно, что положение лугов на рельефной местности, почвенные условия, водоснабжение, использование оказывают решающее влияние на флористический состав тех или иных лугов. Так, на рыхлых, хорошо аэрируемых почвах часто преобладают корневищные злаки, тогда как на уплотненных почвах настоящие мезофитные злаки выпадают и начинают преобладать плотнокустовые злаки и ксерофитное разнотравье.

Использование луговой растительности в хозяйстве имеет важное значение. Естественные луга являются источником получения сена, часто силоса, служат для выпаса скота, т.е. занимают видное место в кормовом балансе животноводства.

Урожайность лугов зависит от лугового состава, от биологических особенностей самих растений и от состояния (жизненности), в котором эти растения находятся, что определяется условиями местообитания (местопроизрастания). Урожайность пойменных лугов зависит еще от продолжительности паводков. На урожайность лугов сказывается режим их использования. Усиленный выпас приводит к угнетению ценных кормовых трав и резкому увеличению обилия грубого разнотравья, не поедаемого скотом (щавеля, бодяга серовойлочного, пижмы обыкновенной и других крупностебельных растений). На лугах с высоким стоянием грунтовых вод усиленный выпас приводит к заболачиванию и изменению ботанического состава в худшую сторону.

Разумное использование лугов является в то же время одним из способов их улучшения. Важное значение имеют сроки сенокошения с учетом фаз развития луговых растений.

6. Степная растительность

Степи – растительные группировки, расположенные на карбонатных черноземных почвах, сформированных в основном многолетними ксерофильными травянистыми растениями – ковылями, типчаком и другими степными злаками и степным разнотравьем.

Для степей характерна континентальность климата (холодная зима и жаркое лето). Типичными почвами степей являются различные черноземы, сменяемые каштановыми почвами, в связи с возрастающей сухостью. Рельеф степей равнинный, иногда пересечен балками и оврагами. Для степей очень характерны «поды», представляющие собой небольшие замкнутые понижения рельефа, занятые обычно более мезофитной травянистой растительностью. В этих понижениях иногда возникают небольшие лески, называемые «колками». При засолении почвы на «подах» растет галофитная растительность.

Годовое количество осадков степи различно. Оно колеблется от 600 до 150 мм. Большая часть осадков выпадает во время вегетации (в июне-июле), однако благодаря ливневому характеру дождей и значительной сухости почвы и воздуха большая часть воды стекает и испаряется. Степные растения на протяжении большей части вегетационного периода испытывают недостаток влаги.

Недостаток влаги – один из главнейших факторов, – влияющих на формообразование степных растений, следует отметить, что относительно влажные годы сменяются засушливыми, что вызывает чередование нормальных в критических условий вегетации. Вегетация в степях продолжается от 160 до 190 дней (с конца марта до конца сентября).

6.1. Растения степей и их экологические особенности

Степные растения во время вегетации испытывают влияние высоких температур, недостаточное количество осадков. Эти факторы и определяют экологические особенности степных растений. Приспособительные признаки их разнообразны.

Характерным признаком степной растительности является большое и разнообразное количество видов. На степях встречаются не менее 500 видов растений, но в образовании растительного

покрова более-менее ограниченного участка степи принимает участие значительно меньшее число видов.

Основными характерными растениями, слагающими растительный покров степей, являются *ксероморфные злаки*: ковыль-волосатик или тырса, овсяница желобчатая или типчак, житняк гребневидный. Особенностью этих растений являются плотные дернины, содержащие большое количество надземных побегов.

Основные роды степных злаков хорошо различаются по строению соцветий. Характерным соцветием для всех видов ковыля является сжатая метелка, содержащая одноцветковые колоски. Овсяница желобчатая или типчак имеет соцветие в виде рыхловатой метелки, в колосках его по 5-7 цветков. Пырей имеет двурядный колосок, колоски которого содержат много цветков.

Другой группой, слагающей степь, является *разнотравье*. Растения, относящиеся к этой группе (полынь австрийская, подмаренник настоящий, шалфей поникающий и др.), имеют различные особенности строения, обеспечивающие их активное существование почти на всем протяжении засушливого периода. Среди степного разнотравья встречается большое количество мезофитных луговых растений, таких, как лютик золотистый, черноголовка обыкновенная, короставник полевой и многие другие.

По характеру жизнедеятельности, особенностям вегетации и жизненным формам растения степного разнотравья разнообразны: многолетники, эфемеры, эфемироиды и жизненная форма «перекати-поле».

Растения группы разнотравья имеют хорошо развитую корневую систему, проникающую в глубокие горизонты почвы. Надземные органы имеют различные приспособления, препятствующие испарению: опушение, сильно развитая кутикула, толстый слой воскового налета. Среди степных растений встречаются суккуленты, содержащие достаточный запас воды в надземных частях. Кроме того, в степи есть растения, получившие название компасных, у которых листья располагаются в одной плоскости (в направлении с севера на юг), листовые пластинки в дневные часы располагаются вертикально, так что солнечные лучи скользят по их поверхности.

Кроме многолетних, преимущественно двудольных растений, долго вегетирующих, для степей характерны растения с укороченным периодом вегетации, большую часть года проводящие

в покоящемся состоянии. Среди них как однолетние, так и многолетние: *эфемеры и эфемероиды*.

В степном разнотравье есть еще одна характерная для степей группа растений, получившая название «перекати-поле». К ней принадлежат виды из различных семейств.

«Перекати-поле» распространенные в степи, бывают однолетники (рогач песчаный), двулетники (солянка холмовая), многолетние (качим метельчатый, зопник колючий, синеголовник плосколистный и другие виды).

Для однолетников характерна короткая корневая система. По окончании вегетации порывами ветра растения вырываются из почвы. Двулетние и многолетние растения «перекати-поле» имеют мощную прикорневую розетку листьев, при созревании плодов стебель над розеткой делается хрупким и отламывается.

Для степи характерны *степные кустарники*, которые обитают преимущественно по склонам балок, но иногда распространены и на плоских элементах рельефа. Среди них наиболее обычны следующие виды: миндаль низкий или бобовник, вишня степная, караганник кустарниковый, спирея городчатая и ряд других.

Степи неоднородны по растительному покрову и видовому составу, что также объясняется условиями среды.

Большинство степных растений относятся к многолетникам, постоянно (из года в год) развивающимся в степи. Однолетников, двулетников мало, они развиваются временно и не каждый год. Иногда в сухие годы между дернинами постоянно присутствующих растений встречаются участки почвы, не занятые растительностью. Во влажные годы здесь развиваются различные однолетние и двулетние растения, в сухие – растения, сохраняющиеся в виде семян и корневищ.

Степной травостой необычно пестрый, но эта пестрота подчинена определенным закономерностям. Отдельные растения степи реагируют на микрорельеф, так как едва заметные западины, или повышения, сказываются на увлажнении. Крупные западины уже выделяются присутствием луговой или болотной растительности. В смежных логах склоны различных экспозиций отличаются по характеру травостоя. Так, на склонах северной экспозиции травостой имеет в своем составе ряд луговых растений и приближается к растительности северной степи. На склонах южной экспозиции встречаются более южные, несвойственные данной полосе

растения, растительный покров по своему строению приближается к более южным степям.

Растительность степи отличается следующими морфологическими и биологическими признаками: высота растений в среднем 40-50 см; целый ряд растений располагается на высоте от 5 до 15 см; некоторые растения достигают 100-150 см.

В степи так же, как и в лесу, можно наметить несколько ярусов. Условия жизни для растений различных ярусов неодинаковы. Например, микроклимат близ поверхности почвы или на высоте 10-15 см отличается от микроклимата на высоте 1 м и более. Ярусность связана, кроме того, и с биологическими особенностями растений.

Так, ковыль в степи занимает верхний ярус, и плоды его распространяются ветром, а фиалки занимают нижний ярус, и их семена распространяются муравьями.

Кроме изменения в пространстве, ярусность изменяется также во времени, т. е. в течение вегетационного периода. Максимальное количество ярусов наблюдается в момент наиболее пышного развития растительности (выделяется 6-7 ярусов).

Густота травостоя также не постоянна и зависит от климатических условий и фаз развития растений.

Степь – красочное, разнообразное по составу сообщество в котором хорошо выражена смена аспектов, т. е. меняющийся физиономический облик сезона. В начале весны (апрель) степь буровато-серая от прошлогодних трав. Незначительная часть растений имеет побеги, появившиеся с осени и сохранившиеся зелеными под снегом.

Середина весны характеризуется появлением красочных цветов сон-травы, адониса волжского, лапчатки тусклой и других видов; появляется молодая зелень вегетативных побегов. Наиболее красочна весенняя фаза.

Конец весны (май) – степь становится зеленой. Иногда в это время цветут ветреница лесная, сочевник весенний, касатик низкий.

Первая половина июня – цветет шалфей поникающий – высокое растение (45-80 см), с кистью крупных фиолетово-синих цветков. Это одна из красочных фаз степи. В это время зацветают многие другие виды, и степь приобретает пестроту, в которой участвуют желтые, пурпуровые, белые, фиолетовые цвета. Особенно

красиво, когда среди цветущих растений выделяются шелковисто-белые «перья» ковыля.

Середина июня – степь вступает в кульминационный момент своего развития. Цветет множество растений. Степь в это время также исключительно красочна. Синий, белый, красный, желтый, фиолетовый цвета создают пестрый ковер. Зелень вегетативных частей в это время почти теряется. В этот период отмечается максимальное количество ярусов в степи, в травостое можно выделить 6 или 7 ярусов.

Вторая половина июня и июль – середина лета, степь теряет свою красочность. Стебли некоторых растений начинают буреть, злаки образуют темно-желто-бурый фон своими обсеменившимися соцветиями. Расцветают растения, которые в большом количестве встречаются в лесостепной зоне.

Предосенняя и осенняя фазы (конец августа, сентябрь, октябрь) – сухие стебли обсеменившихся растений шуршат и ломаются под ногами. Степь унылая и как бы безжизненная.

6.2. Характеристика степей района практики

В районе учебной практики мы не встретим степных просторов. Степь представлена в виде участков и приурочена к склонам и дну балки «Каменного оврага», к водоразделам, граничащим со склонами балки, к речным террасам, на которых располагается институт и учебное хозяйство. Перечисленные местообитания имеют ряд экологических факторов, способствующих развитию степной растительности. Участки подвержены сильному освещению солнцем, влиянию ветров; недостаточному увлажнению, а почвы различные по плодородию. Основной экологический фактор – недостаточное увлажнение. В связи с этим и степная растительность имеет различные экологические и биологические особенности.

Степь представлена злаками, бобовыми, разнотравьем. Встречаются узкие экологические группы: эфемеры, эфемероиды, суккуленты, «перекати-поле». Растения в основном ксерофитной группы, но распространены и мезофитные группировки. По характеру растительности степи подразделяется на ***настоящие луговые и опустыненные***. Они встречаются в районе окрестностей п.г.т. Усть-Кинельский.

Настоящие степи приурочены к южным склонам балки «Каменный овраг», выровненными водораздельным участкам и участкам надпойменной террасы. Почвы с выраженным гумусовым горизонтом, бедные или средние карбонатные черноземы. Наблюдается сильная задерненность поверхностей настоящей степи. На некоторых участках, в частности водораздельных, на дневную поверхность почвы выходят материнские породы с наличием щебня.

Для настоящей степи характерна типичная ксерофитная группа травянистых растений. Встречаются степные кустарники. Травостой настоящей степи изреженный и невысокий, так как постоянно подвергается вытаптыванию скотом. Используется степь, в основном, под пастбище.

Травянистые растения настоящей степи представлены следующими видами *злаков*: ковыль-волосатик, ковыль Лессинга, овсяница желобчатая или типчак, тонконог, житняк гребневидный. Все перечисленные виды отличаются наличием узкой листовой пластинки, часто свернутой в трубочку, мощной корневой системой, обычно образуют дерновины, что обеспечивает их произрастание в условиях недостаточного увлажнения.

Осоки – это малочисленная группа в степи. Самым распространенным видом является осока ранняя. Для нее характерны узкие листья, длиной около 10 см, стебли короче листьев и часто скрыты в них, образует дерновины.

Бобовые – встречаются часто и особенно на участках водосбора в условиях каменистой степи и на склонах балки. К ним относятся: копеечник крупноцветковый, копеечник Разумовского, астрагал яйцеплодный, астрагал волжский, люцерна серповидная, остролодочник волосистый. Для них характерно сильное опушение листьев, стебли плотные, но развиты слабо, или совсем не развиты, листья почти у всех видов прикорневые, мощные корневые системы.

Разнотравье самая распространенная группа степи, по количеству видов преобладает над злаками и бобовыми. Оно представлено видами различных семейств. К ним относятся: шалфей поникающий, козелец испанский, полынь австрийская, тимьян обыкновенный или богородская трава, чистец прямой, оносма простейшая, вероника седая. Ранней весной встречаются: фиалка сомнительная, касатик низкий, прострел раскрытый или сон-трава,

адонис волжский. Большинство видов имеют типичные признаки ксерофитов. На южных склонах балки встречается, с небольшим обилием, интересный вид из отдела голосеменные – эфедра или хвойник двуколосковый. Кустарник низкий, светло-зеленый, сильно ветвистый, ветви прутьевидные, членистые, шероховатые.

Настоящей степи свойственны степные *эфемеры и эфемероиды*: рогоглавник серповидный, мятлик луковичный, бурачок пустынный, тюльпан Биберштейна, лук круглый. В степном разнотравье встречается еще одна группа растений, характерных для степей, – «перекати-поле». К ней принадлежат виды: качим метельчатый, рогач песчаный, зопник колючий. Перечисленные виды развиваются на участках, свободных от дерновин злаков.

Из *кустарников* на участках южных склонов балки, на лесных полянах, частично на участках по дну балки встречаются следующие виды: спирея городчатая, караганник кустарниковый, миндаль низкий, ракитник русский. Все они имеют признаки, свойственные ксерофитам. Среди кустарников встречаются овсец Шелля, тимофеевка степная, которые отличаются наличием широкой листовой пластинки (5-7 мм) в сравнении с типичными степными злаками. Степь с наличием кустарников называют кустарниковой.

Все перечисленные виды с тем или иным обилием составляют ассоциации настоящей степи. Распространенными ассоциациями являются: ковыльно-разнотравные, овсяницево-разнотравные, копеечниково-разнотравные, полынные, шалфейные и другие.

Луговая степь располагается на участках северо-западного склона балки у опушки леса, в верховье балки на склонах увалов (вытянутая в длину возвышенность с пологими склонами без ясно выраженного подножья) на почвах с хорошо развитым гумусовым горизонтом. Для нее характерен густой и высокий травостой, в котором встречаются представители из группы ксерофитов и мезофитов.

Травянистые растения луговой степи представлены следующими видами: из группы *злаков* распространены наряду с типичными ксерофитами настоящей степи овсец Шелля, овсец пустынный, овсяница луговая, ковыль узколистный и др.; из *бобовых* встречается клевер горный, клевер альпийский, астрагал камнеломковый; разнотравье представлено большим и разнообразным количеством видов как ксерофитной, так и мезофитной группы: василек русский, цикорий обыкновенный (рис. 105), лабазник

шестилепестный, резак обыкновенный, зопник колючий, колокольчик волжский, колокольчик сибирский, шалфей луговой, хатьма тюрингенская (рис. 85) мордовник круглоголовый (рис. 101); из мезофитов распространены: лютик многоцветковый, подорожник ланцетолистный, короставник полевой, черноголовка обыкновенная, чертополох поникший (рис. 102).

Ассоциации луговой степи ковыльно-разнотравные с преобладанием ковыля волосатика и ковыля узколистного.

Опустыненные степи – приурочены к засоленным почвам - солонцам, солончакам. Характеризуются наличием в травостое ксерофитных полукустарников и преобладанием степных дерновидных злаков. Встречаются прутняк простертый, лебеда отклоненная, лебеда лоснящаяся, лебеда раскидистая. Из злаков распространены: ковыль волосатик, бескильница расставленная.

На учебной практике тип опустыненной степи мы не изучаем, но отдельные представители, составляющие эту степь, нам встретятся.

Все типы степи окрестностей п.г.т. Усть-Кинельский неоднородны по растительному покрову и флористическому их составу. Кроме типичных ксерофитов произрастает большое количество мезофитных луговых растений. Встречаются степные кустарники. На южных склонах балки «Каменный овраг» уменьшается количество длительно вегетирующих двудольных растений, возрастает число однолетников.

Степи в хозяйстве имеют важное значение. Они используются в качестве прекрасных кормовых угодий как для выпаса скота, так и под сенокос. Степи расположены на наиболее плодородных почвах – черноземах различных типов, поэтому их распахивают и используют под севообороты полей, занятых ценными злаковыми культурами.

7. Лесная растительность

Лес – сообщество древесных, кустарниковых и травянистых растений, взаимно влияющих друг на друга.

Леса, сложенные определенной древесной породой, могут быть различны. Это обусловлено комплексом лесорастительных условий: географическое положение, расчлененность рельефа, изменение влажности, состав почвы. Эти факторы влияют, прежде всего, на характер роста основной лесообразующей породы и в то же время служат причинами различного строения сообщества и видового состава сопутствующих растений.

Вид, играющий основную роль в сложении леса, является лесообразующим. Лесообразующие древесные породы делят на две группы: хвойные и лиственные. Хвойные породы образуют хвойные леса (сосновые, еловые), которые широко распространены на территории России. Лиственные породы образуют летнезеленые леса, которые распространены в Европейской части России, в Западной Сибири и на Дальнем Востоке.

Летнезеленые леса развиваются в условиях влажного или умеренно влажного климата, средняя температура самого теплого месяца от 13 до 23^{0}С, а самого холодного – от 6 до 12^{0}С. Осадков выпадает не менее 100-130 мм в самое теплое время года. Распространение летнезеленых лесов приурочено к районам, где слабо выраженная континентальность.

Все лиственные породы по характеру листовых пластинок подразделяются на две группы: широколиственные и мелколиственные. Широколиственные древесные породы имеют листовую пластинку большего размера по сравнению с мелколистными. К ним относятся: дуб обыкновенный, вяз гладкий, ясень, липа мелколистная. Они образуют леса в условиях более влажного климата. Мелколиственные древесные породы имеют меньшую листовую пластинку, к ним относятся: осина, береза, ива. Они образуют леса континентальных или более северных условий.

Лиственные леса в зависимости от места произрастания подразделяются на леса пойменные и леса плато (возвышенная равнина с ровной или волнистой слабо расчлененной поверхностью, ограниченная крутыми склонами или уступами). Леса плато составляют: дуб, липа, береза, клен, осина. Пойменные леса составляют: ольха, вяз, дуб, осина, ива.

Растения леса и их экологические особенности

Наиболее распространенными лесами являются широколиственные. В широколиственных лесах часто преобладает дуб, такие леса получили название дубравы. Однако в дубравах первый ярус редко образует только дуб, обычно имеется ряд сопутствующих ему растений: ясень обыкновенный, липа мелколистная, вяз гладкий, клен платановидный и другие. Эти древесные виды неодинаково относятся к климату и ареалы их в области распространения дубрав различны.

В дубраве имеется и второй ярус деревьев: клен татарский, рябина обыкновенная (рис. 89), черемуха обыкновенная и другие. При неодинаковой степени затенения эти растения вегетируют поразному. Так, рябина и черемуха цветут и плодоносят более обильно на опушках и прогалинах, а в затененных местах цветут умеренно или находятся в вегетативном состоянии.

В дубравах развивается богатый подлесок, образованный многими кустарниками: бузина красная, калина обыкновенная, крушина ломкая, жимолость татарская, ежевика (рис. 87) и многие другие. Подлесок более хорошо развит при малой сомкнутости крон растений верхних ярусов и может почти отсутствовать при большом затенении. Растения подлеска имеют мезоморфную структуру листьев.

В дубравах развит пышный травяной покров, разделенный на подъярусы. Большинство растений имеют высоту стебля до 1 м, широкие листовые пластинки, причем они тонкие, нет кутикулы на верхнем эпидермисе, полисадная ткань однослойная или вообще не развита, количество слоев губчатой ткани небольшое, сеть жилок мала и число устьиц на единицу площади невелико. К таким растениям относятся: ясменник красильный, сныть обыкновенная, овсяница гигантская.

Кроме травянистых растений, вегетирующих летом, для дубрав характерна группа *весенних эфемероидов* с укороченными периодами вегетации, заканчивающимися ко времени полного распускания листьев дуба. К этим растениям относятся: ветреница лютиковая, чистяк весенний, хохлатка Галлера.

Эфемероиды леса большую часть жизни проводят под землей, либо в форме луковиц, либо в форме корневищ, клубней. Быстрое развитие весной и кратковременное существование на поверхности земли связано у эфемероидов с подснежным ростом, большой

светолюбивостью, а также отсутствием конкуренции среди других травянистых растений в ранневесенний период.

Подснежный рост весенних эфемероидов возможен потому, что почва в лиственных лесах не промерзает, так как подстилка опавших и перегнивших листьев и снежный покров препятствуют этому. За свою кратковременную жизнь на поверхности земли, зеленые листья ранневесенних растений интенсивно используют солнечную энергию и накапливают много запасных питательных веществ в подземных органах.

Уменьшение света в лесу, в связи с развитием листьев на деревьях, ведет к интенсивному отмиранию надземных органов, и эфемероиды переключаются на жизнь под землей. Летом в зимующих почках возобновления на корневищах, клубнях и в луковицах закладываются цветочные бутоны и молодые вегетативные побеги будущего года.

Лес представлен разнообразием форм и видов, которые, в свою очередь, характеризуются различными биологическими и экологическими особенностями, что тесно связано с условиями развития сообщества.

Лес района территории п.г.т. Усть-Кинельский и его характеристика

В районе п.г.т. Усть-Кинельский лес произрастает, в основном, на склонах оврагов и в пойме реки Большой Кинель. Знакомство с лесом, во время учебной практики, проходит в верховьях балки «Каменный овраг», а также в его средней части и в пойме реки.

Лес балки «Каменный овраг» изменяется по видовому составу древесных пород. Причиной изменения растительности является, в основном, деятельность человека: вырубка леса, пастьба скота, распашка участков, граничащих со склонами оврага, изменение севооборотов и т. д. На изменение флоры и растительности влияет изменение уровня грунтовых вод и климата.

Постепенно исчезают такие устойчивые виды, как береза, клен американский. Разреживаются группировки дуба на верхних участках склонов, вследствие понижения грунтовых вод, нападения шелкопряда. Исчезают и кустарниковые формы: ракитик русский, караганник кустарниковый, спирея городчатая.

В результате, к настоящему времени лес балки «Каменный овраг» сохранился в верховье и его средней части. В устье оврага, граничащем с территорией усадьбы учебного хозяйства, древесная растительность почти исчезла. На левых склонах балки «Каменный овраг» имеются в большом количестве участки, оголенные от деревьев и кустарников. Правые, более отлогие склоны, где проводится пастьба скота, превратились в сбитые бурьянистые залежи.

Лес балки «Каменный овраг» составлен широколиственными древесными растениями с примесью мелколистных. Основной лесообразующей породой леса является дуб обыкновенный, такой лес, называют дубравой. Дубрава, расположенная на склонах балки, называется нагорной дубравой.

Нагорная дубрава балки «Каменный овраг» отличается по своему флористическому составу, структуре, ритму развития, биологическим и экологическим особенностям видов, имеет сложное строение в связи с разнообразием условий балки «Каменный овраг» (освещенность, рельеф, увлажнение почвы). Нагорная дубрава имеет специфичное для нее строение.

Строение дубравы, как и типичного леса, представлено несколькими ярусами надземным и подземным.

Надземная ярусность: первый ярус составляют высокие деревья, второй ярус – низкорослые виды деревьев и высокие кустарники, третий ярус и четвертый – низкие кустарники, кустарнички и высокие травы, пятый и шестой ярус – низкие травы мхи и лишайники.

Подземная ярусность обычно соответствует надземной, только в обратном порядке, т. е. корневая система древесных и кустарниковых форм занимает нижний ярус, а ризоиды мхов и лишайников находятся на поверхностных слоях почвы.

К *первому ярусу* из древесных форм, встречающихся в лесу нагорная дубрава, относятся: дуб обыкновенный, липа мелколистная, клен платановидный, вяз полевой, осина. Иногда эти виды образуют чистые группировки (сообщества).

Деревья первого яруса имеют следующие экологические и биологические особенности. Это требовательные растения к свету, некоторые виды ветроопыляемые, цветут до появления листьев, когда ветер легко пронизывает их кроны. Семена и плоды распространяются ветром. Они для этого имеют своеобразные приспособления.

Ко *второму ярусу* относятся такие виды, как клен татарский (черноклен), крушина ломкая, калина обыкновенная, рябина обыкновенная, черемуха обыкновенная. Кустарники и деревья второго яруса большей частью опыляются насекомыми. Зацветают они после распускания листьев, в момент, когда появляется много насекомых. У большинства видов образуются сочные и мясистые плоды. Птицы и животные поедают плоды и тем самым способствуют распространению семян, находящихся в них.

Третий ярус составляют: бересклет бородавчатый, роза коричная, слива колючая или терн, жимолость татарская, кизильник черноплодный. Все эти растения имеют распростертую форму кроны, позволяющую им полнее улавливать свет.

Спецификой строения нагорной дубравы балки «Каменный овраг» является наличие степных кустарников, которые составляют *четвёртый ярус:* караганник кустарниковый, ракитник русский, вишня степная, спирея городчатая, миндаль низкий. Все они обитают в основном на опушках леса или в соседстве со степными участками. У них выражены признаки ксерофитов. Большинство из них энтомофильные по способу опыления.

Для лиственного леса нагорной дубравы характерна особая экологическая группа травянистых растений, составляющая *четвертый, пятый и шестой ярусы.* Это теневыносливые и тенелюбивые растения, приспособились в своём развитии под покровом леса, т. е. в условиях слабой освещённости, достаточной влажности и умеренной температуры. На открытых местах они существовать не могут. Влияние экологических факторов отразилось на внешнем облике растений и их развитии.

Травянистые растения леса имеют высокие и слабые стебли (мало механических тканей), редко облиственные, широкие листовые пластинки, приспособленные для максимального улавливания солнечных лучей. Корни распространены неглубоко. Цветки обычно крупные в редком соцветии или мелкие в густом соцветии; окраска их бледная, как результат приспособления к опылению определёнными насекомыми, которые видят окраску под пологом леса, на фоне тёмной зелени. У некоторых видов происходит самоопыление в нераскрывающихся клейстогамных цветках (фиалки). Однако многие травянистые растения размножаются вегетативно, потому что перекрёстное опыление затруднено; мало насекомых опылителей.

Травянистые растения, леса образуют то густой, то изреженный покров в зависимости от затененности. К таким видам относятся: купена лекарственная, ландыш майский, медуница узколистная (рис. 94), сныть обыкновенная, фиалка удивительная, борщевик сибирский, гравилат городской (рис. 88) многие виды колокольчика. Некоторые злаки приспособились обитать под покровом леса: перловик высокий, мятлик дубравный, овсяница лесная. Многие из перечисленных видов многолетние корневищные растения. В лесу нагорная дубрава распространена группой растений эфемероидов, которые цветут рано весной до распускания листьев на деревьях, пока еще в лесу отсутствует затенение. К этим растениям относятся виды: ветреница лютиковая, хохлатка Галлера, чистяк весенний.

Опушки леса (лесные поляны)

Для строения дубравы склонов балки «Каменный овраг» характерно наличие опушек леса, лесных полян. Экологическими факторами лесных полян являются: солнечное освещение, плодородие почв, неодинаковая выровненность рельефа, неодинаковая степень увлажнения, различие почвы, защита от ветра. Такое разнообразие факторов отразилось как на внешнем облике растений, так и их развитии.

Типичной экологической группой для лесных полян являются ксерофиты; встречаются и мезофиты в зависимости от расчлененности рельефа и степени увлажненности почвы. Травянистая растительность лесных полян отличается разнообразием видов и их большим обилием, что также обусловлено комплексом различных факторов. Морфологическая характеристика их следующая: яркая, контрастная окраска цветов, листья и стебли опушенные, или с восковым налетом, корни придаточные или стержневые, обычно многолетние растения и насекомоопыляемые. На лесных полянах встречаются виды: лютик многоцветковый, лапчатка серебристая, лапчатка Гольдбаха, лабазник шестилепестный, гвоздика Андржеевского, песчатка длиннолистная, мытник Кауфмана, шпажник черепитчатый, козелец пурпуровый, девясил шершавый, герань кровяно-красная, клевер альпийский, остролодочник волосистый, тимофеевка степная, ковыль-волосатик, овсец Шелля, вероника дубравник, вероника простертая, вероника широколистная, змееголовник Рюйша и многие другие. На отдельных, небольших по величине участках с комплексом разнообразных условий

распространены разнотравно-злаковые ассоциации, с преобладанием в них нескольких видов из разнотравья. На состав сообщества леса, лесных полян влияет комплекс всех факторов, имеющихся в балке «Каменный овраг».

Пойменный лес

Поймы (речные долины) характеризуются разнообразием почвенных условий, сильным расчленением рельефа, наличием большого числа протоков, стариц, озер. Разнообразие факторов отразилось на распределении растительности поймы; небольшие участки растительности сменяют друг друга, образуя смешанные или комплексные ассоциации, как древесной и кустарниковой, так и травянистой растительности.

Пойменный лес устья реки Большой Кинель, конечно, нетипичный, он представлен отдельными группировками широколиственных и мелколиственных древесных и кустарниковых форм.

Наиболее возвышенные участки центральной поймы с хорошо дренированной почвой заняты дубом и осиной (дубовый лес), составляющими 1-й ярус. Во второй ярус входят: роза коричная, крушина ломкая, спирея зверобоелистная, ежевика и другие виды. Травянистый покров составляет третий и четвертый ярус. Это теневыносливые растения, приспособившиеся к длительному или кратковременному застою воды.

На участках центральной поймы менее возвышенных и менее дренированных растут вяз, осина – первый ярус; во второй ярус в этих группировках входят такие же виды, что и в дубовых лесах.

Непосредственно у берегов водоема в прирусловой пойме распространены ивняки, которые состоят из ряда кустарниковых и древесных форм. Среди них ива белая или ветла, распространена на пониженных местах; между гривами встречается тополь черный (осокорь), оба вида входят в первый ярус. Самые низкие места прирусловой поймы с илистыми и заболоченными почвами занимают ива остролистая или красная верба, ива ломкая или ракита, ива трехтычинковая. Травянистый покров ивняков составлен растениями сырых заболоченных мест: осоки, ситники, ситняги, частуха подорожниковая, сусак зонтичный.

В пойме выражена зональность в распределении леса. В прирусловой части – ветлово-осокоревые леса, в центральной – вязово-дубовые леса.

8. Ядовитые и вредные растения

Ядовитые и вредные растения чаще всего распространены в условиях достаточного увлажнения, т. е. на лугах как пойменных, так и низинных материковых. Встречаются на посевах в степи и в других растительных группировках.

Ядовитыми растениями называют такие, которые, попадая в организм животного или человека в незначительном количестве, вызывают нарушение физиологических процессов, иногда смерть. Различают растения собственно ядовитые, для которых ядовитость (токсичность) является постоянным качеством в любой фазе развития вида, и случайные, для которых ядовитость – приобретенное качество в зависимости от условий развития вида. Ядовитые свойства растений зависят от образования и накопления в них ядовитых химических соединений (алкалоиды, гликозиды, токсины, органические кислоты, терпены, смолы); ряды внешних условий среды: хозяйственного использования угодий.

Растительные яды способны концентрироваться в определенных органах человека или животного и поражать важнейшие жизненные центры организма. Такие яды, как конин, никотин, соланин, в незначительном количестве вызывают паралич нервных центров головного и спинного мозга.

Сапонины, которые образуются у растений семейства гвоздичных, первоцветных, являются ядами крови, так как растворяют красные тельца. Горчичные масла, свойственные многим крестоцветным, вызывают раздражения слизистых оболочек желудка и кишечника и могут быть причиной гибели животного. Органические кислоты, например, щавелевая, нарушают солевой обмен веществ в организме, вызывают свертывание крови, ухудшают работу сердца. Гликозиды, свойственные многим растениям из различных семейств, также являются опасными для животных, особенно когда они поедают свежие растения на пастбище или в виде смешанной зелёной травы.

Отравление скота ядовитыми растениями может быть ранней весной на пастбищах (лютики, чемерица чёрная), летом – на пашне, после уборки хлебов сохраняются ядовитые растения хвощи (рис. 109), звездчатка злаковая, пикульник осенью – в лесах (цикута или вех ядовитый, болиголов крапчатый), на осоковых болотах и других участках.

Вредные растения отличаются от ядовитых тем, что при поедании их животными они не вызывают расстройства организма, а портят качество продукции животного и повреждают полость рта, желудочно-кишечный тракт, наружный покров. Например, ярутка, клоповник, чесночник, горчица, из семейства крестоцветных. Пижма обыкновенная (рис. 103), ромашка лекарственная (рис. 99), тростник обыкновенный и другие растения придают молоку и молочным продуктам неприятный запах. Подмаренник северный и подмаренник настоящий окрашивают молоко в ярко-жёлтый цвет. Наличие в сене щавелей приводит к скисанию молока. Семена, плоды и соцветия многих растений, имеющие жёсткие прицепки, колючки, щетинки (корзинка лопуха большого, семянки череды поникающей, орешки липучки обыкновенной) портят наружный покров животного, особенно шерсть овец.

Ядовитые и вредные растения естественных лугов и пастбищ

На кормовых угодьях разнотравье является самой многочисленной группой. Среди разнотравья встречается немало ядовитых и вредных, которые относятся к различным семействам. Распространение вредных и ядовитых растений тесно связано с различием экологических условий. Одни чаще встречаются в условиях умеренного увлажнения, другие в избыточно или недостаточно увлажнённых условиях.

К ***ядовитым растениям,*** наиболее часто встречающимся на лугах района п.г.т. Усть-Кинельский, относятся:

– авран лекарственный, льнянка обыкновенная (рис. 95) из семейства норичниковых. Содержат вещества гликозидного характера, которые вызывают раздражение желудочно-кишечного тракта при их поедании;

– молочай уральский, молочай болотный из семейства молочайных, содержат млечный сок с ядовитым веществом евфорбином. При поедании животными вызывают воспаление слизистых оболочек пищеварительного тракта, судороги и нарушение кровообращения;

– лютик едкий, лютик ядовитый, лютик ползучий, калужница болотная (рис. 78) из семейства лютиковых, содержат гликозиды, алкалоиды, действующие на сердечно-сосудистую систему;

– щавель густой, щавель курчавый из семейства гречишных содержат большое количество щавелевокислого кальция, который

возбуждает нервную систему (судороги), нарушает работу сердца и других физиологических процессов;

– звездчатка злаковидная из семейства гвоздичных содержит неизвестные ядовитые вещества, которые вызывают серьёзное нарушение состояния организма, особенно при поедании сена лошадьми;

– крестовник якова из семейства сложноцветных содержит алкалоид яконин, который вызывает нарушения деятельности печени, желудка, кишок, общего обмена;

– пижма или дикая рябина из семейства сложноцветных отличается сильным запахом, содержит эфирное масло, которое обусловливает ядовитое начало вида. При поедании животными вызывает рвоту, поражает почки, возбуждает нервную систему;

– омежник водный из семейства зонтичных содержит эфирное масло. Ядовито всё растения. Масло поражает слизистую оболочку дыхательных путей и легочный эпителий;

– паслен сладко-горький (рис. 92), белена черная (рис. 93) из семейства пасленовых содержит сапонины и алкалоиды. Раздражающе действует на кожу, слизистую оболочку пищеварительного тракта, поражает центральную нервную систему, сердце;

– жерушник короткоплодный из семейства крестоцветных содержит гликозиды и действует раздражающе на сердечную деятельность, органы дыхания.

К вредным растениям, также наиболее часто встречающимся, относятся следующие виды:

– подмаренник северный, подмаренник настоящий из семейства мареновые содержат вещества гликозидного характера (сапонины), вызывают иногда воспаление мочевого пузыря. При поедании коровами молоко окрашивается в ярко-желтый цвет;

– лук угловатый, чеснок из семейства лилейных содержат аминовые эфирные масла, портят молоко, придают ему неприятный специфический запах;

– полынь горькая, полынь обыкновенная из семейства сложноцветных содержат эфирные масла и придают горько-полынный вкус молоку;

– шалфей луговой из семейства губоцветных содержит эфирные масла, которые также придают специфический запах и вкус молоку.

Ядовитые и вредные растения лесных сенокосов и пастбищ

Купена лекарственная, ландыш майский, вороний глаз четырехлистный из семейства лилейных содержат гликозиды во всех частях растений, вызывают расстройство желудочно-кишечного тракта и сердечной деятельности.

Ветреница лютиковая, ветреница лесная из семейства лютиковых содержат алкалоиды в стеблях и листьях. При поедании в большом количестве вызывают отравление животных, в малых дозах – портят продукцию (окрашивают молоко).

Болиголов крапчатый из семейства зонтичных содержит ряд алкалоидов, особенно богаты ими плоды. Вызывает общее отравление организма многих видов животных.

Марьянник полевой из семейства норичниковых содержит гликозиды, вызывает расстройство сердечной деятельности, иногда появление крови в моче. Молоко окрашивается в голубоватый цвет.

Хвощ лесной и полевой (рис. 109) содержит алкалоиды в стеблях. Вызывает паралич конечностей у лошадей при поедании сена с примесью большого количества хвоща.

Зверобой продырявленный из семейства зверобойных распространен на лесных полянах. Действующим началом является пигмент гиперицин. Вызывает воспаление кожи, зуд.

Ядовитые и вредные растения степных участков, посевов, пустырей

Липучка обыкновенная, чернокорень лекарственный, синяк обыкновенный из семейства бурачниковых содержат алкалоиды, действующие отравляюще на организм или плоды, пристают к покрову животных (липучки).

Тысячелистник обыкновенный (рис. 100) портит продукцию животных, молокан татарский из семейства сложноцветных, содержит в млечном соке лактукарий, отравляюще действует на организм животных.

Ковыль волосатик, ковыль Лессинга из семейства злаковых отличаются наличием зерновок с длинной винтообразно закручивающиеся остью, которая внедряется в кожный покров или ранит слизистую оболочку полости рта животных.

Пикульник ладанниковый, чистец прямой, шалфей поникающий из семейства губоцветных содержат алкалоиды и эфирные

масла. Вызывают расстройства нервной системы животных и портят их продукцию.

Конопля посевная из семейства коноплевых – ядовиты семена, вызывает воспаление кишечно-желудочного тракта, особенно у свиней.

Ярутка полевая, клоповник сорный, кардария крупковая, дескурайния София (гулявник Софьи) из семейства крестоцветных содержат гликозиды и вызывают общее отравление организма животных.

Куколь обыкновенный из семейства гвоздичных содержит сапонин (в семенах), распространяется в посевах и при попадании в корм животным действует раздражающе на желудочно-кишечный тракт.

Паслен черный из семейства пасленовых содержит соланин, действие которого близко к сапонину, т.е. раздражает кожу, слизистую оболочку пищеварительного тракта, поражает центральную нервную систему, сердце.

Адонис волжский, живокость полевая из семейства лютиковых содержат гликозиды и алкалоиды, вызывают замедление сердечной деятельности, падение кровяного давления, возбуждение чувствительных нервов.

Вьюнок полевой из семейства вьюнковых растет по пустырям и посевам. Действующим веществом, особенно корней, является смолистое нерастворимое в воде вещество гликозидного характера. При поедании животными (лошадьми) вызывает острое заболевание пищеварительного тракта.

Кроме перечисленных видов вредных и ядовитых растений различных местообитаний встречаются многие другие.

9. Сорные растения

В каждой местности можно различить: 1) дикую растительность, которая появилась без всякого воздействия со стороны человека; 2) культурную растительность, которую человек искусственно разводит для своих потребностей; 3) сорную растительность.

Дикая растительность очень разнообразна, представлена различными типами растительного покрова. Иногда можно наблюдать засорение разных типов дикого покрова. Так, например, на лугах могут появиться заросли густого щавеля, в лесах иногда появляется массами крапива, на степях часто развиваются заросли молочая. Причиной появления в степях молочая, а в лугах – густого щавеля является чрезмерный выпас скота, животные не трогают этих растений, а выедают другие травы. Вместе с тем скот заносит с собой немало посторонних растений. Есть и другие причины засорения дикого растительного покрова. Большое воздействие на дикую растительность оказывает человек.

Сорными называют такие растения, которые не возделываются человеком, но приспособились к произрастанию вместе с культурными растениями и наносят им вред. Они произрастают на обрабатываемых почвах среди культурных растений, на пустырях, на обочинах дорог, т. е. в таких местах, где они испытывают прямое или косвенное влияние человека. Сорные растения полей, садов, пастбищ наносят ущерб сельскому хозяйству. Они поглощают из почвы те же питательные вещества, которые необходимы культурным растениям: забирая воду из почвы, иссушают ее и увеличивают недостаток влаги для культурных растений. Сорняки теснят и затеняют культурные растения, отнимая место и свет, а затеняя почву, понижают ее температуру, снижая тем самым полезную деятельность микроорганизмов. Сорные растения являются очагами распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур и осложняют проведение полевых работ и уборку урожая. Велик и косвенный их вред, так как, засоряя зерно и другие продукты, ухудшают качество их как продуктов питания (например, повышенная влажность, темный цвет, горький вкус, ядовитость муки).

Изучение сорной растительности в процессе кратковременной учебной практики по ботанике очень ограниченно и сводится к

определению местной сорной флоры.

9.1. Классификация сорных растений

По условиям произрастания все сорные растения подразделяют обычно на три группы:

1) полевые сорные растения;
2) придорожные сорные растения;
3) пустырные или рудеральные сорные растения.

Представители каждой группы имеют характерные биологические особенности.

Сорнополевые растения растут среди культурных растений (или вблизи) на парах и залежах, т. е. там, где почва подвергается или подвергалась той или иной обработке.

По особенностям развития среди сорнополевых растений выделяются несколько биологических групп. Прежде всего, их подразделяют на малолетние и многолетние. Выделяют также отдельно третью группу: паразитные и полупаразитные.

Каждая из первых двух групп в зависимости от образа жизни, способов развития, размножения и других особенностей подразделяется на несколько подгрупп.

Малолетние сорные растения подразделяются на следующие основные группы: яровые, зимующие, озимые и двулетние.

Многолетние сорные растения подразделяются на такие основные подгруппы: корневищные, корнеотпрысковые, луковичные, стержнекорневые и другие.

Сорнополевые растения

Малолетние сорные растения имеют продолжительность жизненного цикла 1-2 года. Они дают семена один раз и после этого отмирают, размножаются исключительно семенами. Рассмотрим кратко их основные подгруппы.

Яровые сорные растения заканчивают свое развитие в течение одного вегетационного периода. Всходят они весной, развивают побеги, цветут, дают плоды и семена, после осеменения гибнут и размножаются только семенами. Они бывают ранние и поздние в зависимости от начала и конца развития. К ним относятся: щетинник сизый, щетинник зеленый, овес пустой, или овсюг, ежовник обыкновенный, или куриное просо (сем. злаковых); щирица запрокинутая (сем. амарантовых); марь белая, солянка холмовая (сем. маревых); горец птичий (сем. гречишных) (рис. 80);

просвирник приземистый (рис. 84), чистец забытый, пикульник ладанниковый (сем. губоцветных); песчанка тимьянолистная, звездчатка средняя или мокрица (сем. гвоздичных); редька дикая, горчица полевая (сем. крестоцветных) и др.

Зимующие сорные растения отличаются от яровых тем, что они имеют яровые и озимые формы. Всходы озимых форм могут перезимовать. После перезимовки растения образуют розетку прикорневых листьев, быстро растущий стебель и довольно рано заканчивают вегетацию.

Весенние всходы прикорневой розетки листьев не образуют, развиваются они как яровые, созревая одновременно или позднее уборки зерновых культур.

Некоторые сорные растения имеют яровые, зимующие и озимые формы – сумочник пастуший или пастушья сумка (рис. 83) и ярутка полевая (сем. крестоцветных).

К зимующим сорным растениям относятся также живокость полевая (сем. лютиковых); василек синий, трехреберник непахучий (сем. сложноцветных), дескурайния Софии (сем. крестоцветных) и другие.

Озимые сорные растения отличаются от зимующих тем, что для них перезимовка обязательна. Независимо от времени прорастания они дают стебель, цветки, плоды и семена только на следующий год. Наибольшее распространение имеют метлица полевая из семейства злаковых.

Двулетние сорняки проходят полный цикл развития за два года. При всходах весной растения в течение первого года образуют розетку листьев, стебли и накапливают питательные вещества в корнях. На следующий год стебель быстро развивается, растение зацветает и летом дает семена. К двулетним сорнякам относятся: икотник серо-зеленый, сурепица обыкновенная (рис. 82), свербига восточная (сем. крестоцветных); мелколепестник острый, чертополох курчавый (сем. сложноцветных); донник лекарственный (сем. бобовых); липучка обыкновенная (сем. бурачниковых) и другие.

Многолетние сорняки плодоносят несколько раз в течение своей жизни и размножаются не только семенами, но и вегетативно (корневищами, луковицами, корнями). Эта большая биологическая группа подразделяется на подгруппы в зависимости, от характера подземных частей.

Корневищные сорнополевые растения: пырей ползучий (сем. злаковых); тысячелистник обыкновенный (сем. сложноцветных).

Корнеотпрысковые: бодяк полевой, осот ролевой, латук татарский (сем. сложноцветных); вьюнок полевой (сем. вьюнковых); молочай прутьевидный (сем. молочайных); льнянка обыкновенная (сем. норичниковых).

Луковичные: лук круглый (сем. лилейных).

Стержнекорневые: цикорий обыкновенный, василек шероховатый или скабиозовый (сем. сложноцветных); короставник полевой (сем. ворсяниковых) и некоторые другие.

Кистекорневые: подорожник большой (рис. 110), подорожник ланцетолистный (рис. 111) (сем. подорожниковых); лютик едкий (сем. лютиковых).

Особой группой сорнополевых растений являются паразиты и полупаразиты.

Паразиты полностью живут за счет другого растения, на котором они паразитируют. Они не имеют зеленой окраски, корни их не развиты и представляют собой короткие присоски, как например, у заразих. Часто у паразитических сорных растений наблюдается специализация: отдельные виды их паразитируют только на отдельных культурах. Так, например, на подсолнечнике – заразиха подсолнечная; заразиха ветвистая – на конопле. Подобная специализация бывает и у других сорняков паразитов – повилик. У них присоски появляются на стебле и при помощи их они присасываются к другим растениям (культурным, а иногда и дикорастущим). Одни виды повилик паразитируют на клевере, другие – на льне.

Полупаразиты – присасываются к корням и стеблям других растений и получают от них воду и минеральные соли. Но листья этих растений содержат хлоропласты и способны фотосинтезировать. К ним относятся: марьянник полевой, мытник Кауфмана, очанка сжатая, зубчатка поздняя, погремок поздний. Все они относятся к семейству норичниковых. В Самарской области чаще встречаются первые два вида.

Придорожные и пустырные сорные растения

Придорожные сорные растения растут на необрабатываемых местах, тропинках, обочинах дорог, выгонах. Приспособлены к неблагоприятным условиям, а именно: вытаптыванию,

выщипыванию и др. Обычно это растения низкорослые с упругими стеблями; у некоторых развита прикорневая розетка листьев с прижатыми к земле листьями. Корневая система их углублена, так как уплотненная почва быстро высыхает. Благодаря своим небольшим размерам они угнетаются другими растениями и не могут существовать среди высоких растений луга или другого сообщества. К ним относятся: подорожник большой (сем. подорожниковых); одуванчик лекарственный, трехреберник непахучий (рис. 98) (сем. сложноцветных); горец птичий (сем. гречишных), лапчатка гусиная (сем. розанных); клевер ползучий (сем. бобовых) и др.

Пустырные (рудеральные) сорные растения встречаются на мало посещаемых территориях, вблизи человеческого жилья или на участках, оставленных человеком, – на пустырях, у заборов, на скотных дворах, по откосам железных дорог. Почва обычно богата органическими веществами. Характерная особенность пустырных растений – их мощный рост. Часто они образуют заросли, которые называют «бурьян». Многие из них имеют защитные приспособления и свойства, предохраняющие их от уничтожения. Приспособления эти различные: колючки, жгучие волоски, ядовитые, горькие и пахучие вещества и другие.

К пустырным сорным растениям относятся: чертополох курчавый, дурнишник обыкновенный, полынь обыкновенная, лопух большой, яснотка белая (рис. 97) (сем. губоцветных) бодяк обыкновенный (сем. сложноцветных), крапива двудомная (сем. крапивных); молочай прутьевидный (сем. молочайных); болиголов крапчатый, кокорыш собачья петрушка (сем. зонтичных); белена черная (рис. 93), дурман вонючий (сем. пасленовых) и ряд других.

Распространение сорных растений связано с хозяйственной деятельностью человека. Они поселяются в местах с подавленной или уничтоженной дикой флорой. Многие сорные растения являются спутниками человека еще с древних времен и могут существовать только при содействии человека.

10. Основные термины морфологии, употребляемые при описании растений

Стебель

Стебель является обычно надземным органом, находясь в воздушной среде, подвергается более разнообразным внешним воздействиям и поэтому отличается большим многообразием.

Простой стебель – стебель, не имеющий ветвей (у иван-чая, большинства злаков, осок, орхидных и многих других растений).

Главный стебель – стебель, вырастающий из почки зародыша, обычно бывает крупнее остальных стеблей.

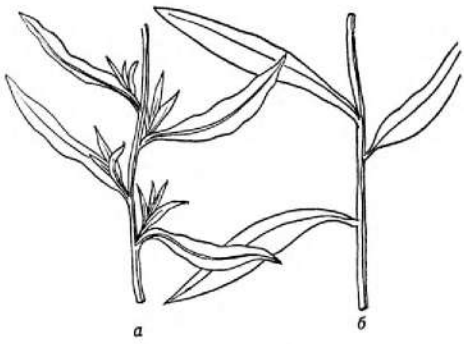


Рис. 6. Побег:
а – удлиненный с укороченными в пазухах листьев; б – удлиненный

По характеру роста различают стебель (рис. 7):

- прямостоячий (у иван-чая, синего василька);
- приподнимающийся или восходящий (у лугового клевера, обыкновенного истода);
- лежачий (у лугового чая);
- ползучий отличается от лежачего тем, что в местах соприкосновения с землей в узлах у него развиваются придаточные корни (у ползучего лютика, плющевидной будры);
- вьющийся (у полевого вьюнка, повоя, хмеля);
- цепляющийся, или лазящий (у гороха, горошка, чины).

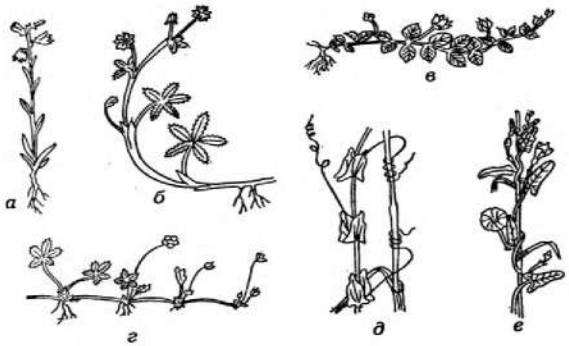


Рис. 7. Характер роста стебля

По форме поперечного сечения различают стебель (рис. 8):

- округлый (у большинства растений);
- сплюснутый (у некоторых видов рдеста и мятлика);
- трехгранный (у многих видов осоки);
- четырехгранный (почти у всех представителей семейства губоцветных, норичника, некоторых видов звездчатки);
- многогранный (у некоторых зонтичных);
- ребристый (гранистый) – с округлым сечением и невысокими продольными ребрами (у хмеля и борщевика);
- бороздчатый – с неглубокими продольными бороздками (у некоторых видов горичника);
- крылатый – по острым граням тянутся узкие зеленые пластинки (обычно это части листа) (у некоторых видов чертополоха и чины).

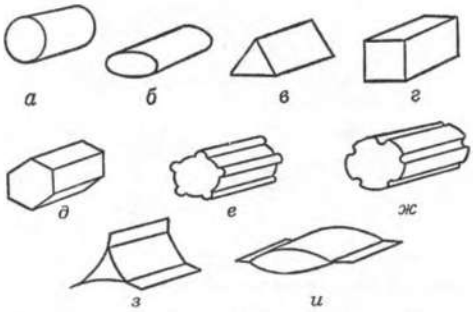


Рис. 8. Стебель в поперечном сечении:

а – округлый; б – сплюснутый; в – 3-гранный; г – 4-гранный; 3 – многогранный; е – ребристый; ж – бороздчатый; з, и – крылатый

Лист

Лист – это вегетативный орган растения, выполняющий функции фотосинтеза и транспирации. Листья весьма разнообразны по расчленённости пластинки, форме, величине, жилкованию, характеру края пластинки, опушению и продолжительности жизни. Совокупность признаков листа используется при определении систематического положения растения.

Листорасположение (рис. 9):

- очередные листья расположены по одному в узлах стебля;
- супротивные листья расположены в узлах по 2, на противоположных сторонах стебля;
- мутовчатые листья расположены в узлах по 3 или более.

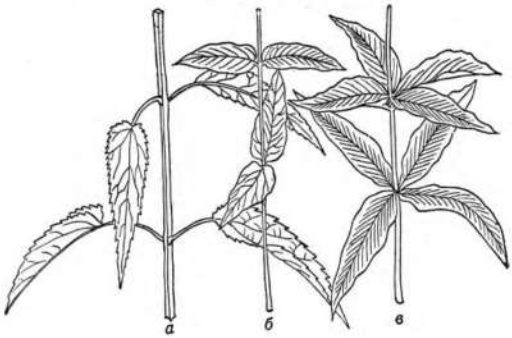


Рис. 9. Листорасположение:
а, б – супротивное; в – мутовчатое

Части листа

Листовая пластинка – основная часть листа, обычно плоская. Чаще всего именно ее имеют в виду, когда говорят о листе.

Черешок – суженная стеблевидная часть листа, соединяющая листовую пластинку со стеблем.

Прилистники – выросты у основания листа, имеющие вид мелких листочков или чешуек (рис. 10). Прилистники могут полностью или частично срастаться с черешком, а у многих растений совершенно отсутствуют.

Раструб – воронковидная трубочка, образующаяся путем срастания прилистников (у растений из семейства гречишных) (рис. 11).

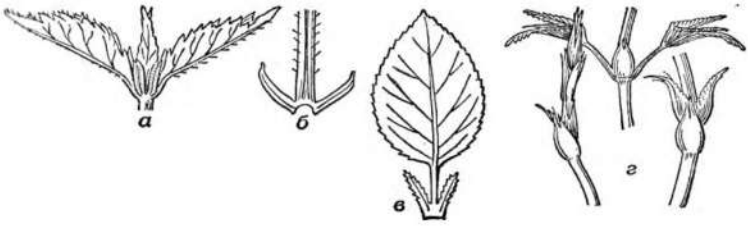


Рис. 10. Прилистники:
а, б – свободные; в – приросшие к черешку; г – сросшиеся между собой

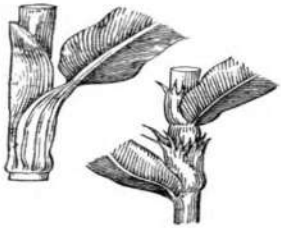


Рис. 11. Раструб

Влагалище – расширенная нижняя часть листа, охватывающая стебель своими краями (хорошо заметно у злаков, осок, зонтичных) (рис. 12).

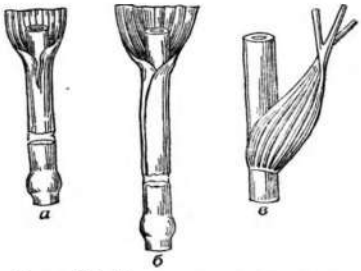


Рис. 12. Влагалище листа:
а – замкнутое (у злака); б – открытое (у злака);
в – открытое (у растения из семейства зонтичных)

Открытое влагалище – влагалище с несросшимися краями (у большинства злаков).

Замкнутое (закрытое) влагалище имеет сросшиеся края и образует трубку (листья осок, некоторых злаков, взморника).

Прикрепление листа

Сидячий лист не имеет черешка или влагалища и прикреплен к стеблю непосредственно основанием листовой пластинки (рис. 13).

Полустеблеобъемлющий лист – сидячий лист, расширенное основание которого охватывает стебель и частично срастается с ним по окружности.

Стеблеобъемлющий лист – сидячий лист с расширенным основанием, полностью охватывающим стебель в узле.

Пронзенный лист – стеблеобъемлющий лист, у которого лопасти, заходящие на противоположную сторону стебля, в процессе развития срастаются и стебель как бы пронзает лист.

Низбегающий лист – сидячий лист, основание которого на некотором протяжении прирастает к стеблю ниже узла.

Влагалищный лист – лист, имеющий влагалище.

Пленчатый лист имеет тонкую сухую пленчатую пластинку различной, но обычно не зеленой окраски (у некоторых маревых, иглиц, хвоща).

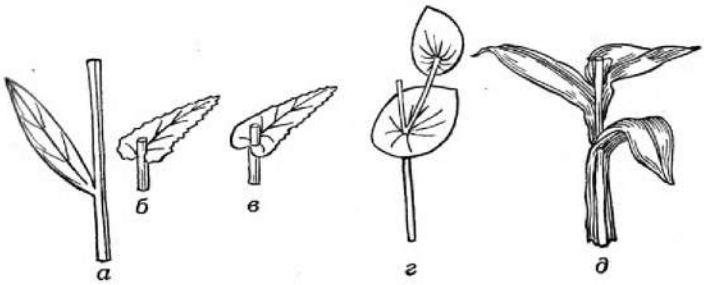


Рис. 13. Типы листьев по способу прикрепления к стеблю:
а – сидячий; б – полустеблеобъемлющий; в – стеблеобъемлющий; г – пронзенный; в – низбегающий

Форма листа

Простой лист имеет только одну листовую пластинку, цельную или расчлененную.

Цельный лист имеет цельную листовую пластинку без вырезов по краю или с вырезами, не превышающими 1/8 ширины пластинки.

Сложный лист имеет несколько листовых пластинок, называемых в таком случае листочками (у земляники, горошка).

Различают несколько типов сложных листьев (рис. 14):

- тройчатосложные (у клевера);
- пальчатосложные (у люпина);
- парноперистосложные (у сочевичника);
- непарноперистосложные (у астрагала, копеечника).

У дважды и трижды сложных листьев общий черешок разветвлен, и листочки прикрепляются к этим разветвлениям.

Листовые пластинки различаются по соотношению своей длины и ширины (рис. 15).

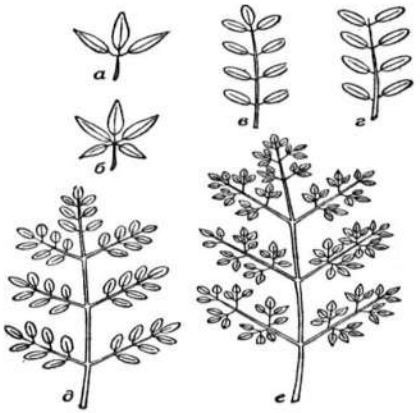


Рис. 14. Сложные листья:
а – тройчатосложный; б – пальчато-сложный; в – непарноперистосложный;
г – парноперистосложный; з – дваждыперистосложный;
е – трижды перисто-сложный

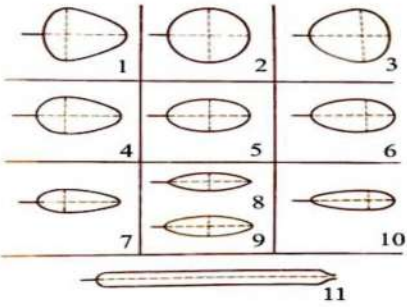


Рис. 15. Форма листовой пластинки:
1 – широкояйцевидный лист; 2 – округлый; 3 – обратноширокояйцевидный;
4 – яйцевидный; 5 – эллиптический; 6 – обратнояйцевидный; 7 – узкояйцевидный;
8 – ланцетный; 9 – продолговатый; 10 – обратноузкояйцевидный; 11 – линейный

У округлых, широкояйцевидных и обратноширокояйцевидных листьев длина пластинки примерно равна ширине, а наиболее широкая часть в первом случае находится посередине, во втором – ниже середины, в третьем – выше середины пластинки.

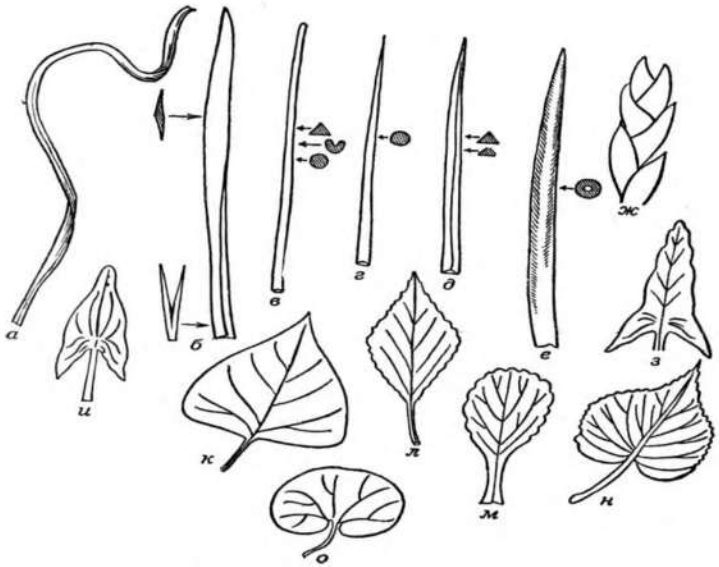


Рис. 16. Особые формы листьев:
а – тесьмовидный; б – мечевидный; в – нитевидный; г – щетиновидный; д – игольчатый; е – трубчатый; ж – чешуйчатый; з – копьевидный; и – стреловидный; к – треугольный; л – ромбический; м – лопатчатый; к – сердцевидный; о – почковидный

У овальных, яйцевидных и обратнояйцевидных листьев длина пластинки превосходит ширину в 1,5-2 раза, а наиболее широкая часть в первом случае находится посередине, во втором – ниже середины, в третьем – выше середины пластинки.

У продолговатых, ланцетных и обратноланцетных листьев длина пластинки превосходит ширину в 3-4 раза, а наиболее широкая часть в первом случае находится посередине, во втором – ниже середины, в третьем – выше середины пластинки.

У линейного листа длина пластинки превосходит ширину в 5 раз или более.

Встречаются также листья следующих форм (рис. 16):

- тесьмовидные (лентовидные) – линейные листы со слабо развитой механической системой, присущей водным растениям (подводные листья взморника, ежеголовок, стрелолиста);
- мечевидные – плотные, обычно толстые линейные листы с острой верхушкой (у касатика, аира);
- нитевидные – линейные листы, округлые, треугольные или желобчатые в поперечном сечении, торчащие, мягкие (у некоторых видов рдеста и ситника);
- щетиновидные – линейные листы, округлые в поперечном сечении, торчащие, жесткие (у многих злаков, растущих в степях и пустынях);
- игольчатые – жесткие, колючие листы линейной формы (например, хвоя сосны или ели);
- чешуйчатые – мелкие полустеблеобъемлющие листья, прижатые верхней стороной к стеблю (у четырехгранной Кассиопеи или петрова креста);
- стреловидные – треугольные листы, у которых в нижней части имеются прямые острые лопасти (надводные листья стрелолиста);
- копьевидные листы сходны со стреловидными, но их нижние лопасти отогнуты в стороны (у щавелька);
- треугольные, ромбические, лопатчатые, сердцевидные и почковидные листья названы так по сходству их с соответствующими фигурами.

Часто у растений бывают листья переходных, или промежуточных, форм, например, округло-яйцевидные, треугольно-сердцевидные, линейно-ланцетные и т. д.

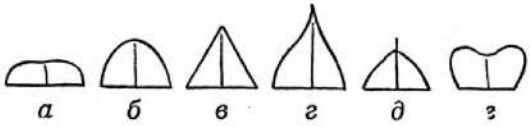


Рис. 17. Верхушка листа:
а – усеченная; б – тупая; в – острая; г – заостренная; д – остроконечная; е – выемчатая

По форме верхушки пластинки различают листья (рис. 17): тупые, острые, заостренные, остроконечные, с усеченной или выемчатой верхушкой.

Основание листовой пластинки может быть (рис. 18): округлое, клиновидное, суженное, срезанное, неравнобокое, сердцевидное, стреловидное (нижние лопасти острые, прямые), копьевидное (нижние лопасти острые или тупые, отогнутые).

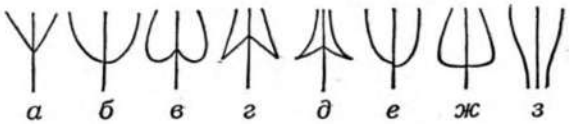


Рис. 18. Основание листа:
а – клиновидное; б – округлое; в – сердцевидное; г – стреловидное; д – копьевидное; е – неравнобокое; ж – срезанное; з – суженное

По форме края листовой пластинки различают листья (рис. 19):

- цельнокрайние – край листа не надрезан;
- зубчатые – выступы на краю листа острые, а выемки (вырезки) между ними закругленные;
- пильчатые – вырезки на краю листа и выступы острые, стороны (края) их неравнобокие;
- городчатые – вырезки на краю пластинки острые, а выступающие части (городки) тупые;
- выемчатые – вырезки на краю пластинки широкие, закругленные, а выступающие части острые;
- с волнистыми краями – вырезки и выступающие части на краю листа закругленные;
- двоякозубчатые – по крупным зубцам располагаются более мелкие;

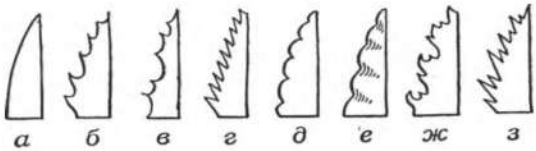


Рис. 19. Край листа:
а – цельный; б – зубчатый; в – выемчатый; г – пильчатый; д – городчатый; е – волнистый; ж – двоякозубчатый; з – двоякопильчатый

- двоякопильчатые – по выступающим зубцам пильчатого листа располагаются более мелкие зубчики такой же формы;
- неравнозубчатые и неравнопильчатые – по краю листа чередуются крупные и мелкие зубцы;

- зубчато-городчатые – городчатый лист, у которого по городкам располагаются зубчики.

Расчлененный лист имеет пластинку, надрезанную более чем на 1/8 ширины (т. е. полупластинку, надрезанную более чем на 1/4 ширины). В зависимости от глубины расчленения различают листья (рис. 20):

- лопастные – вырезки не глубже 1/4 ширины пластинки, выступающие части листа тогда называют лопастями;
- раздельные – вырезки глубже 1/4 ширины пластинки, но не достигают середины; выступающие части называют долями;
- рассеченные – вырезки доходят почти до жилки или основания пластинки; выступающие части листа называют сегментами.

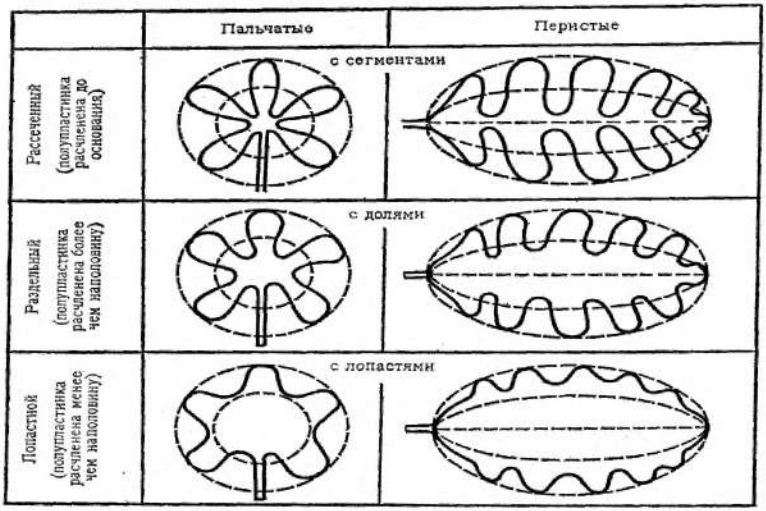


Рис. 20. Типы расчленения листа

В зависимости от формы и глубины расчленения различают листья: тройчато-, пальчато- и перистолопастные; тройчато-, пальчато- и перистораздельные; тройчато-, пальчато- и перисторассеченные.

Кроме того, различают листья (рис. 21):

- гребневидные – перистораздельные или перисторассеченные листья с линейными параллельными долями или сегментами;
- струговидные – перистораздельные или перисто-рассеченные листья с треугольными долями (сегментами);

- лировидные – перисто-расчлененные листья с крупной верхней долей или сегментом и более мелкими долями (сегментами), расположенными ниже;

- прерывчатоперистые (прерывисто-перистые) – листья, у которых чередуются крупные и более мелкие доли (сегменты).

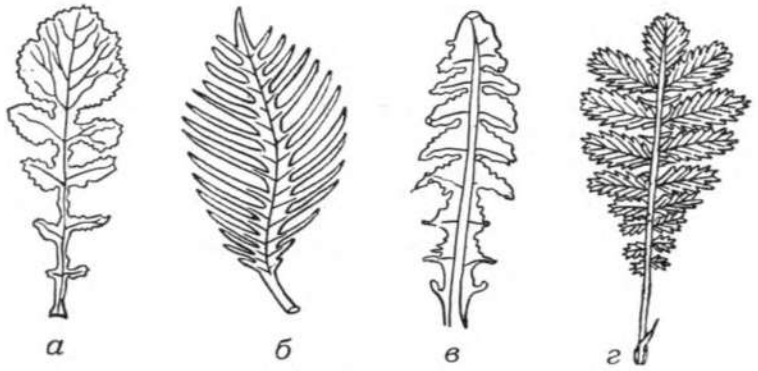


Рис. 21. Расчлененные листья:
а – лировидный; б – гребневидный; в – струговидный; г – прерывчатоперистый

Для частей сложных листьев папоротников приняты следующие названия (рис. 22):

- *перо* – ответвление первого порядка у дважды сложных листьев и от первого до предпоследнего порядка – у многосложных листьев;

- *перышко* – ответвление последнего порядка сложных листьев.

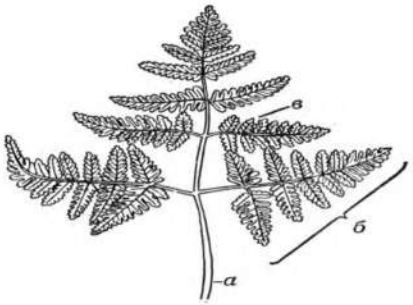


Рис. 22. Лист (вайя) папоротника (щитовника Линнея):
а – черешок; б – перо; в – перышко

Жилкование

Жилки – это сосудистоволокнистые пучки, по которым осуществляется движение токов жидкостей в листе. Различное расположение жилок обуславливает различное жилкование. Встречаются следующие типы жилкования (рис. 23):

- *перистое* – посередине листовой пластинки проходит одна (главная) жилка, а от нее в стороны идут боковые жилки;
- *пальчатое* – от основания листовой пластинки в разные стороны расходится несколько основных жилок;
- *параллельное и дуговидное* – несколько жилок протягиваются от основания до вершины листа параллельно друг другу или краю листа.

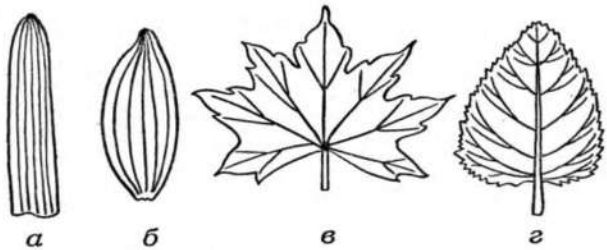


Рис. 23. Жилкование листа:
а – параллельное; б – дуговидное; в – пальчатое; г – перистое

Опушение, выросты, восковой и мучнистый налет

Восковой налет тонким слоем покрывает растение, придавая ему сизоватый оттенок (на листьях очитка, дымянки, хохлатки, ржи).

Мучнистый налет – тонкий белый или рыжеватый порошковидный налет (у белой мари или мучнистого первоцвета).

Волоски – различной формы выросты кожицы растения, образующие опушение. Различают волоски (рис. 24):

- простые (у волосистой осоки, волосистой ястребинки);
- 2-раздельные (у свербиги, многих астрагалов);
- ветвистые (у коровяка медвежье ухо);
- звездчатые (у икотника, видов бурачка);
- чешуйчатые (у лоха и облепихи);
- курчавые (у тысячелистника);
- железистые – живые волоски, обычно снабженные головчатой железкой (у бородавника);

- жгучие – железистые волоски, заполненные жгучей жидкостью и имеющие хрупкий твердый кончик, легко вонзающийся в кожу и обламывающийся; содержимое, попавшее в ранку, вызывает жжение (у крапивы).

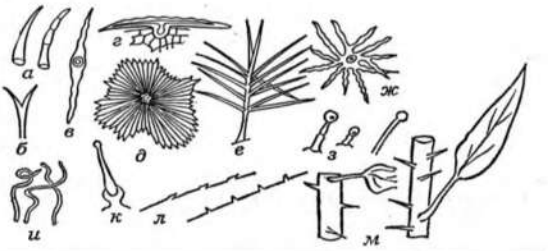


Рис. 24. Волоски и шипы:
волоски: а – простые; б – 2-раздельные на ножке (сбоку);
в – 2-раздельные сидячие (в плане); г – 2-раздельные сидячие (сбоку);
д – чешуйчатые; е – ветвистые; ж – звездчатые; з – железистые (головчатые);
и – курчавые; к – жгучие;
шипы: л – шипики; м – шипы

Опушение может быть различным в зависимости от формы, размеров и густоты расположения волосков.

Войлочное опушение – густо расположенные, спутанные, в большинстве случаев ветвистые волоски сплошь покрывают кожицу растения (нижняя поверхность листьев мать-и-мачехи).

Клочковатое опушение – на поверхности растения разбросаны отдельные пучки (клочки) волосков (на стеблях козлобородника).

Паутинистое опушение – длинные извилистые волоски лежат на поверхности растения как паутина (некоторые виды юринеи).

Реснитчатое опушение – длинные волоски расположены в один ряд по каким-либо определенным линиям органа - по краям, жилкам или ребрам (по краю листа у волосистой осоки).

Шелковистое опушение – прямые прижатые волоски направлены в одну сторону (на молодых листьях некоторых видов прострела, ветреницы).

Шерстистое опушение – сквозь густо расположенные, часто ветвистые волоски видна поверхность кожицы (у некоторых видов коровяка, бодяка).

Железистое опушение образовано железистыми волосками и хорошо распознается по утолщенным головкам на волосках (у бородавника, очанки, некоторых видов герани).

Щетинки – длинные грубые волоски (у синяка, нонеи, оносмы и многих других представителей семейства бурачниковых).

Шипики – очень короткие грубые острые выросты на поверхности растения, придающие ей шероховатость (на листьях многих видов осок и злаков) (рис.24).

Шипы – колючие твердые выросты на стебле или черешке листа, образовавшиеся из поверхностных тканей (рис. 24).

Надземные видоизменения побега и его части

Усики – видоизмененные листья или побеги, при помощи которых лианы прикрепляются к вертикальной опоре (рис. 25).

Колючки – видоизмененные листья, прилистники или пазушные побеги (рис. 26).

Луковички – мелкие надземные луковицы, образующиеся из пазушных почек побега или из цветочных почек в соцветиях. Служат для вегетативного размножения (у некоторых видов лука, каменеломки, лилии) (рис. 27).

Рис. 25. Усики

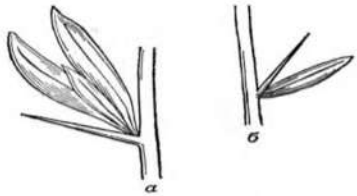


Рис. 26. Колючки:
а – образовавшаяся из листа; б – образовавшаяся из пазушного побега

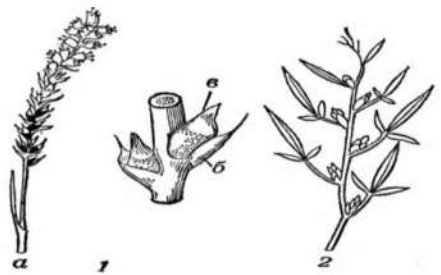


Рис. 27. Луковички:
1 – в соцветии: (а – общий вид соцветия, б – чешуйка, в – луковичка);
2 – в пазухе стеблевого листа

Кладодий – видоизмененный побег со стеблем, выполняющим функцию фотосинтеза, и мелкими чешуевидными листьями (у спаржи) (рис. 28).

Филлокладий – кладодий листовидной формы. Помещается в пазухе пленчатого листа (у данаи, иглицы) (рис. 29).

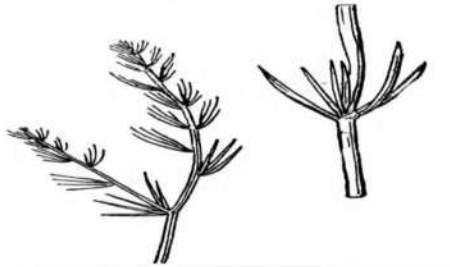


Рис. 28. Кладодии

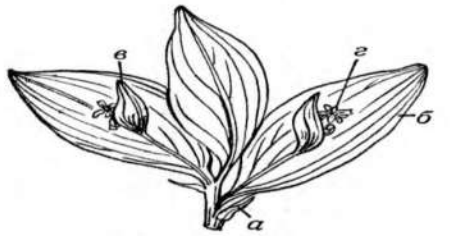


Рис. 29. Филлокладии:
а – пленчатый лист; б – филлокладий; в – видоизмененный зеленый лист;
г – цветки

Корни

Главный корень развивается из корешка зародыша семени. Придаточные корни развиваются на стебле, корневище, луковице, клубне или листе, т. е. не на корне. Боковой корень – ответвление главного или придаточного корня.

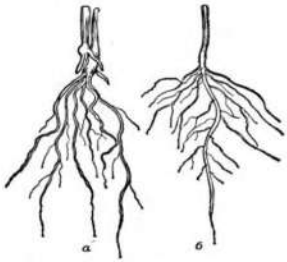


Рис. 30. Корневая система:
а – мочковатая; б – стержневая

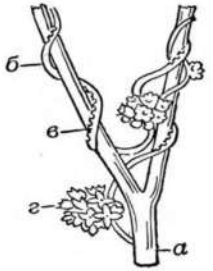


Рис. 31. Корни-присоски у паразита:
а – стебель растения-хозяина; б – вьющийся стебель паразита;
в – корни-присоски; г – соцветие паразита

Корневая система – совокупность всех корней растения.

Стержневая корневая система – система главного корня и ответвляющихся от него боковых корней (рис. 30).

Мочковатая корневая система – система придаточных корней, в которой нет главного корня или он незаметен среди других корней (рис. 30).

Корни-присоски – корни паразитных растений, внедряющиеся в тело растения-хозяина и высасывающие из него питательные вещества и воду (рис. 31).

Подземные видоизменения корней и побегов

Корнеплод – сильно утолщенный главный корень некоторых огородных растений (моркови, свеклы, редьки) (рис. 32).

Корневые шишки – клубневидные утолщения боковых или придаточных корней, называемые также корневыми клубнями (у георгин, обыкновенного лабазника, некоторых очитков) (рис. 32).

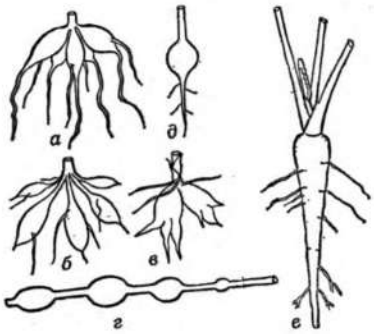


Рис. 32. Утолщенные корни:
а-г – корневые шишки; д, е – корнеплоды

Корневище – видоизмененный подземный побег с чешуевидными листьями и верхушечными и пазушными почками (рис. 33).

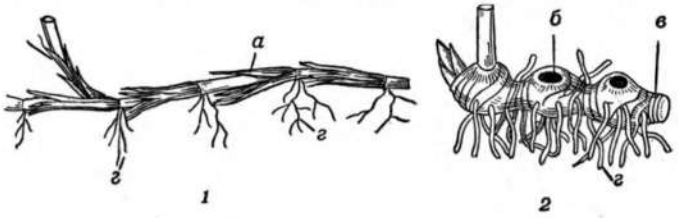


Рис. 33. Корневище:
1 – ветвистое; 2 – неветвистое: а – чешуя; б – следы опавших стеблей; в – листовые рубцы; г – придаточные корни

Клубень – утолщенный укороченный побег или корень. Клубни корневого происхождения лучше называть корневыми шишками (рис. 32).

Клубнелуковица – луковицеобразный клубень с венцом кожистых или пленчатых листьев на верхушке (у шпажника) (рис. 34).

Луковица – видоизмененный подземный побег с очень коротким утолщенным стеблем – донцем и утолщенными мясистыми листьями – чешуями луковицы.

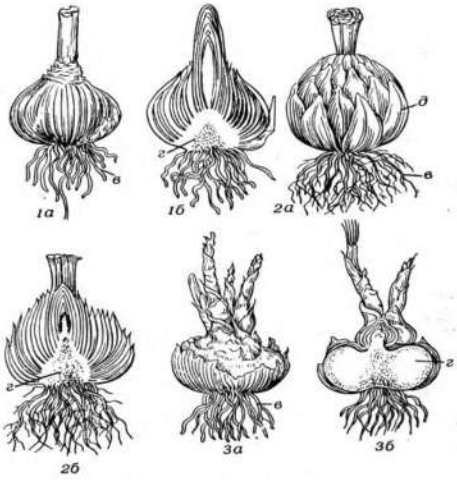


Рис. 34. Луковицы:
1 – пленчатая; 2 – чешуйчатая; 3 – клубнелуковица; а – внешний вид; б – разрез; в – придаточные корни; д – донце; в – чешуи

Луковицы бывают пленчатыми, если они одеты общими пленками, как у лука, и чешуйчатыми, когда мясистые чешуевидные листья сидят на донце свободно, как у лилии (рис. 34).

Цветок

Цветок – укороченный неразветвленный побег, части которого видоизменены в связи с приспособлением к размножению. Цветок состоит из цветоложа, околоцветника, тычинок и пестика (рис. 35). Обоеполый цветок имеет хотя бы одну тычинку и пестик. Голый цветок не имеет околоцветника (у осоки, белокрыльника, молочая) (рис. 36).

Мужской (тычиночный) цветок – пестик либо отсутствует, либо недоразвит (у огурцов, осок, хмеля) (рис. 36).

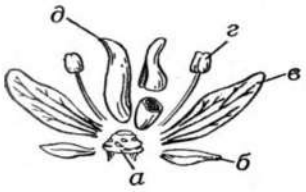


Рис. 35. Части цветка:
а – цветоложе; б – чашелистик; в – лепесток; г – тычинка; д – пестик

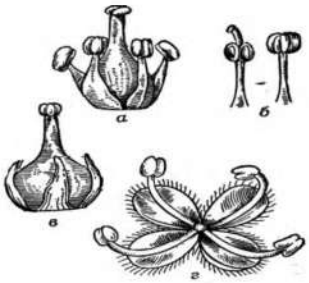


Рис. 36. Неполные цветки:
а – голый обоеполый; б – голые мужские;
в – женский с околоцветником; г – мужской с околоцветником

Женский (пестичный) цветок – тычинки либо недоразвиты, либо отсутствуют совсем (у огурцов, осок, крапивы) (рис. 36).

Бесплодный цветок не имеет ни тычинок, ни пестиков (краевые цветки в корзинках василька, служащие лишь для привлечения к соцветию насекомых-опылителей).

Круговой (циклический) цветок – все части расположены мутовками, кругами; в зависимости от числа кругов цветки называют 4-круговыми, 5-круговыми и т. д. Как правило, в наружных двух кругах располагаются листочки околоцветника (чашелистики, лепестки), в 1-2 круге сгруппированы тычинки, а внутренний круг занимают пестики (пестик); 3-членный, 4-членный, 5-членный цветки: круговой цветок, в котором число листочков околоцветника и тычинок в кругах равно или кратно 3, 4, 5 и т. д.

Спиральный цветок – части расположены по спирали (у живокости, купальницы, горицвета).

Правильный (актиноморфный) цветок – в пределах каждого круга части цветка обычно одинаковы и расположены таким образом, что через него можно провести несколько плоскостей симметрии (у лютика, гвоздики, незабудки). Однако в большинстве случаев при определении симметрии цветка учитывают только строение околоцветника (рис. 37).

Неправильный (зигоморфный или моносимметричный) цветок: через цветок можно провести только одну плоскость симметрии (у гороха, фиалки, глухой крапивы, орхидных). Несимметричный (асимметричный) цветок построен таким образом, что через него нельзя провести ни одной плоскости симметрии (у валерианы, канны) (рис. 37).

Хасмогамный цветок опыляется в открытом состоянии; почти все растения имеют хасмогамные цветки.

Клейстогамный цветок: нераскрывающийся цветок, в котором происходит самоопыление (опыление пестика пыльцой из своего же цветка), в результате чего образуются семена. Клейстогамные растения имеют наряду с обычными открывающимися (хасмогамнымн) цветками, опыляемыми ветром, водой или насекомыми, закрытые, клейстогамные цветки (многие виды фиалки, кислица).

Однодомное растение – на одной и той же особи образуются мужские и женские цветки (у огурцов, молочая, рогоза, ежеголовки).

Двудомное растение – на одних особях образуются только мужские цветки, на других – только женские (у конопли, хмеля, щавелька).

Многодомное (многобрачное) растение образует обоеполые и однополые цветки, собранные на одной особи (некоторые виды ромашки, крестовника, девясила).

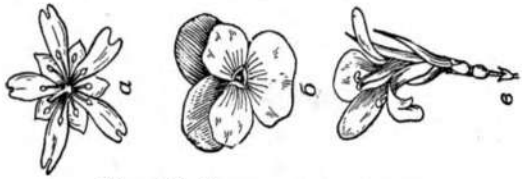


Рис. 37. Симметрия цветка:
а – правильный цветок; б – неправильный цветок; в – асимметричный цветок

Части цветка

Цветоложе – расширенное основание цветка, к которому прикрепляются остальные его части; может быть выпуклым (у лютика), плоским (у пиона) и вогнутым (у манжетки) (рис. 38). Если цветоложе выражено слабо (не утолщено, не расширено и т. д.), его называют *точечным*.

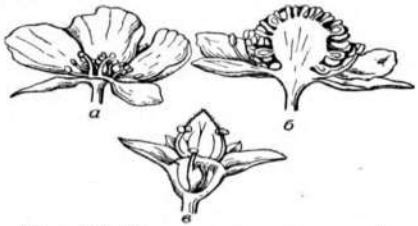


Рис. 38. Цветоложе и гипантий:
а – плоское цветоложе; б – выпуклое цветоложе; в – вогнутый гипантий

Гипантий – нижняя часть цветка, образовавшаяся путем срастания расширенного цветоложа с основаниями чашелистиков, лепестков и тычинок (у толстянковых, камнеломковых, розоцветных) (рис. 38).

Типы околоцветника

Двойной околоцветник – листочки околоцветника резко дифференцированы на зеленые чашелистик и яркоокрашенные лепестки.

Простой околоцветник – все листочки более или менее одинаковы по форме, размерам и окраске и могут быть либо яркими, либо невзрачными (у тюльпана, ветреницы, вороньего глаза).

В зависимости от окраски и консистенции листочков различают простые околоцветники:

- венчиковидный: листочки ярко окрашены (у тюльпана, подснежника, ириса);
- чашечковидный: листочки окрашены в зеленый цвет или имеют пленчатую или кожистую консистенцию (у вороньего глаза, манжетки);
- пленчатый: листочки полупрозрачные (у видов ситника, ожики).

Строение чашечки

Чашечка – наружный круг двойного околоцветника, образованный чашелистиками и окрашенный большей частью в зеленый цвет (рис. 39).

Чашелистики – листочки, из которых состоит чашечка.

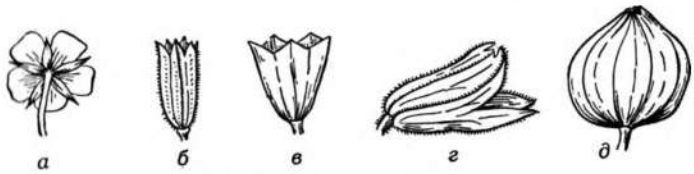


Рис. 39. Типы чашечки:
а – раздельнолистная; б – цилиндрическая; в – колокольчатая; г – двугубая; е – вздутая

Венчиковидная чашечка окрашена в яркие цвета (у борца, живокости).

Раздельнолистная (свободнолистная) чашечка образована свободными чашелистиками.

Сростнолистная (спайнолистная) чашечка образована. Об их числе в этом случае судят по числу зубчиков на сросшейся

чашелистиками верхушке трубки (сросшейся части чашечки). Сростнолистная чашечка бывает разной формы (рис. 39):

- цилиндрическая (трубчатая) (у скученной смолевки);
- колокольчатая (у обыкновенной льнянки, многих видов колокольчика);
- вздутая (у физалиса);
- двугубая (у черноголовки, шлемника) и т. д.

Подчашие – круг листочков, расположенных снаружи (ниже) от чашечки и образующих как бы нижнюю или наружную чашечку (у земляники, лапчатки, мальвы) (рис. 40). Происхождение подчашия у представителей разных семейств различно.

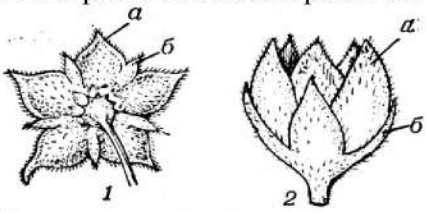


Рис. 40. Подчашие:
1 – у растения из семейства розоцветных;
2 – у растения из семейства мальвовых; а – чашелистики;
б – листочки подчашия

Части венчика

Венчик – внутренняя часть околоцветника; лепестки, образующие венчик, окрашены большей частью в яркие цвета.

Лепестки – листочки, из которых состоит венчик. Лепесток состоит из узкой части – ноготка, который прикреплен к цветоложу и расширенной части – отгиба (рис. 41). В зависимости от длины ноготка различают лепестки длинноноготковые (обычно в цветках с трубчатой чашечкой) и коротконоготковые (обычно в цветках с развернутой или ширококолокольчатой чашечкой).

Привенчик – коронка из зубчиков, образующаяся в цветке некоторых растений в месте перехода ноготка лепестка или листочка простого околоцветника в отгиб (у окопника, смолки, нарцисса).

Шлем – расширенный вогнутый верхний чашелистик в цветке (у борца). Шлем накрывает остальные части цветка сверху, как капюшон (рис. 41).

Шпорец – сильно вытянутый трубчатый лепесток, чашелистик или листочек простого околоцветника, в котором накапливается нектар (у живокости, льнянки, многих орхидных) (рис. 41).

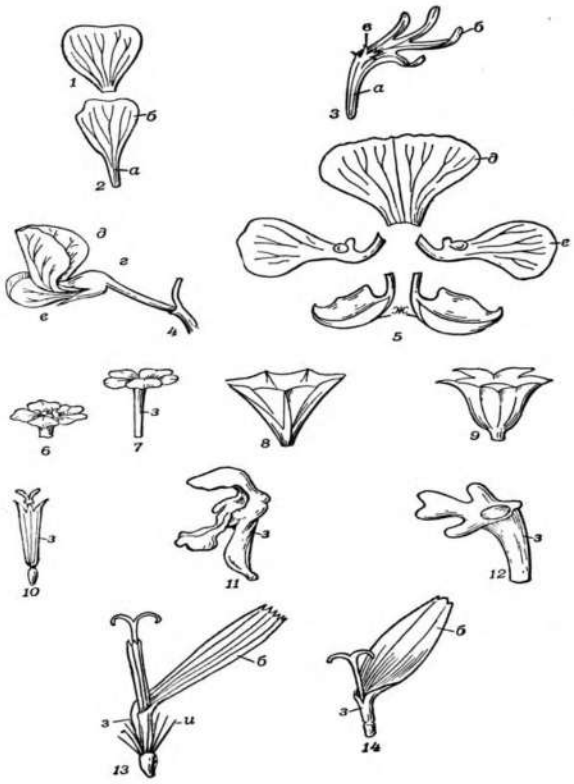


Рис. 41. Венчик и его части:
лепесток: 1 – коротконоготковый; 2, 3 – длинноноготковый;
венчик: 4, 5 – мотыльковый; 6 – колесовидный; 7 – трубчато-колесовидный;
8 – воронковидный; 9 – колокольчатый; 10 – трубчатый; 11 – двугубый;
12 – одногубый; 13 – язычковый; 14 – ложноязычковый
(а – ноготок, б – отгиб, в – зубцы привенчика, г – чашечка,
в – парус (флаг), е – весло (крыло), ж – лодочка, з – трубка, и – хохолок)

Губа – более крупный, чем остальные, нижний листочек околоцветника или часть сростнолепестного венчика, обособленная от остальной его части (у орхидных, губоцветных, некоторых представителей семейства норичниковых) (рис. 42).

Форма венчика и околоцветника

Мотыльковый венчик состоит из верхнего широкого коротконоготкового лепестка – флага, или паруса, прикрывающего весь цветок сверху, двух боковых длинноноготковых лепестков,

называемых веслами, или крыльями, и двух нижних, также длинноготковых лепестков, часто срастающихся по переднему краю и называемых лодочкой (у семейства бобовых) (рис. 41).

Раздельнолепестный (свободнолепестный) венчик образован свободными лепестками.

Спайнолепестный (сростнолепестный) венчик образовался путем срастания лепестков на большем или меньшем протяжении. Сросшиеся части лепестков образуют трубку, несросшиеся отгиб, или зубчик. Место перехода трубки в отгиб – зев. Спайнолистный простой околоцветник образован сросшимися листочками (у ландыша, купены) и похож на спайнолепестный венчик. В зависимости от размеров трубки, величины, направления роста и формы отгиба различают венчики (рис. 41):

- колесовидный (у незабудки);
- воронковидный (у вьюнка);
- колокольчатый (у колокольчика);
- трубчато-колесовидный (у золототысячника);
- трубчатый – с небольшим отгибом и большой трубкой (внутренние цветки в корзинках лопуха, василька, пижмы);
- двугубый – спайнолепестный венчик разделен на две части – губы (у растений из семейства губоцветных и некоторых других); о числе лепестков, из которых образовалась губа, судят по числу лопастей или зубчиков на краях губы;
- язычковый – все лепестки (или их часть) внизу срослись в короткую трубочку, а вверху образуют плоский язычок; зубчики на верхушке язычка указывают на число лепестков, из которых образовался язычок. Язычковые и так называемые ложноязыч-ковые цветки имеются у большинства сложноцветных.

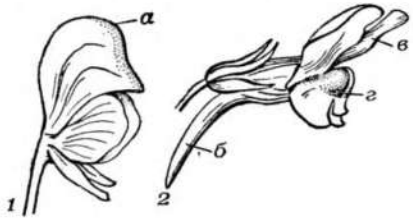


Рис. 42. Особые типы цветков:
1 – со шлемом; 2 – двугубый со шпорцем:
а – шлем, б – шпорец, в – верхняя губа, г – нижняя губа

Тычинки

Тычинка состоит из тычиночной нити и пыльника (рис. 43). Длина и форма тычиночной нити, так же как форма и цвет пыльников, очень различны. Если тычиночная нить очень короткая или незаметная, пыльник называют сидячим.

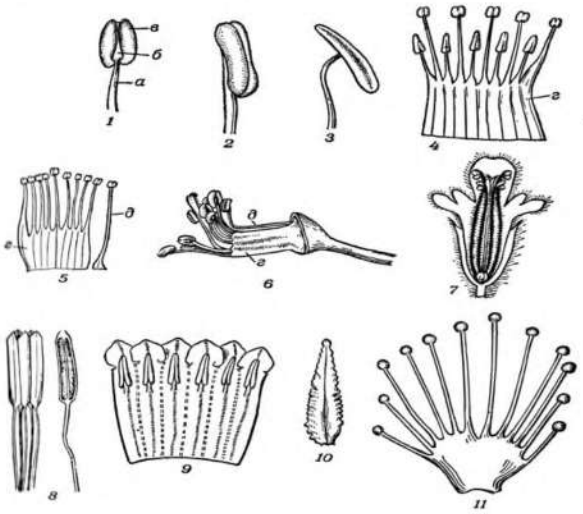


Рис. 43. Тычинки и стаминодии:
тычинки: 1, 2 – с неподвижным пыльником;
3 – с качающимся пыльником; 4 – однобратственные;
5, 6 – двубратственные; 7 – двусильные; 8 – соединенные пыльниками;
9 – приросшие к околоцветнику:
(а – тычиночная нить, б – связник, в – пыльник,
г – тычиночная трубка, д – свободная тычинка);
10, 11 – стаминодии

Тычинки могут срастаться между собой. Обычно срастаются на большем или меньшем протяжении только тычиночные нити. Если срастаются все тычинки в цветке, они называются однобратственными; если тычинки срастаются в две группы или часть из них срастается, а часть остается свободной, они называются двубратственными (в семействе бобовых). Если тычинки срастаются в несколько (более двух) групп, они называются многобратственными (в семействе зверобойных). Пыльники срастаются редко (у растений из семейства тыквенных), чаще происходит только слипание пыльников (в семействах сложноцветных, пасленовых, колокольчиковых, лобелиевых). Нередко тычинки, не срастаясь между

собой, прирастают к венчику (или к простому околоцветнику), и пыльники сидят на коротких свободных окончаниях тычиночных нитей, отходящих от трубки венчика (простого околоцветника) или отдельного лепестка (листочка) (у медуницы, первоцвета) (рис. 43).

Двусильные тычинки находятся в одном круге, но имеют разную длину (у губоцветных) (рис. 43).

Стаминодий – видоизмененная тычинка, утратившая свою основную функцию – образование пыльцы (например, у водосбора между тычинками и пестиками находятся пленчатые морщинистые листочки – стаминодии). Нередко стаминодии превращаются в нектарники; иногда на стаминодиях сохраняются недоразвитые пыльники (рис. 43).

Гетеростильные цветки – цветки, в которых тычинки и пестики неодинаковы по длине. Различают дистильные и тристильные цветки.

Дистильные цветки бывают двух типов: у одних длинные тычинки и короткий столбик, у других – наоборот. Опыление возможно только при переносе пыльцы с длинных тычинок на длинный пестик или с коротких тычинок на короткий пестик (у первоцветов) (рис. 44).

Тристильные цветки бывают трех типов. В одних цветках длинный столбик, а тычинки короткие и средней длины; в других – столбик средней длины, а тычинки длинные и короткие; в третьих – столбик короткий, а тычинки длинные и средней длины. Пестики опыляются только пыльцой тычинок одинаковой с ними длины (рис. 45).

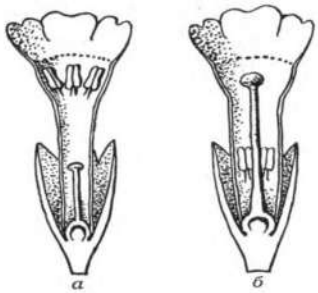


Рис. 44. Дистилия (у первоцвета):
а – цветок с длинными тычинками и коротким столбиком;
б – цветок с короткими тычинками и длинным столбиком

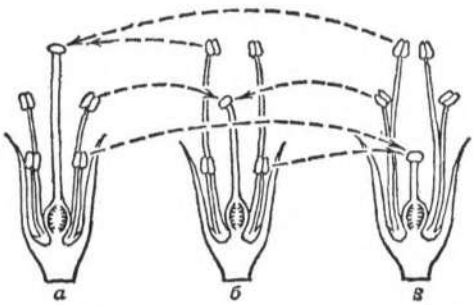


Рис. 45. Тристилия (у иволистного дербенника):
а – цветок с длинным столбиком и тычинками – короткими и средней длины; б – цветок со столбиком средней длины, короткими и длинными тычинками; в – цветок с коротким столбиком и тычинками – длинными и средней длины (стрелки показывают возможные пути переноса пыльцы)

Строение пестика

Пестик – центральная часть обоеполого или женского цветка, содержащая семяпочки, из которых образуются семена. Сам пестик (или пестики, если их в цветке несколько) после опыления превращается в плод (рис. 46).

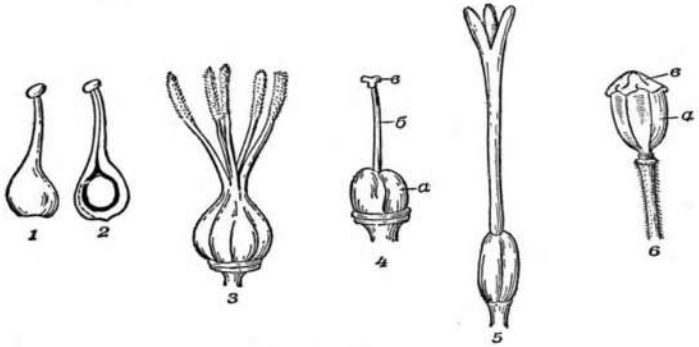


Рис. 46. Пестики:
1, 2 – с одним столбиком и головчатым рыльцем (внешний вид и разрез); 3 – с 5 столбиками; 4 – с одним столбиком и 3-лопастным рыльцем; 5 – с одним столбиком и 3-раздельным рыльцем; в – с сидячим многолопастным рыльцем (а – завязь, б – столбик, в – рыльце)

Нижняя вздутая часть пестика, содержащая семяпочки, называется *завязью*. Верхняя клейкая часть – *рыльце* служит для улавливания пыльцы при опылении. Нитевидная часть пестика, соединяющая завязь с рыльцем, называется столбиком. Сидячее рыльце располагается непосредственно на завязи.

Верхняя (свободная) завязь прикреплена основанием к цветоложу, не срастаясь ни с ним, ни с другими частями цветка (рис. 47).

Нижняя завязь находится под цветком, остальные части цветка прикреплены к ее верхушке.

Полунижняя завязь срастается с цветоложем или с основаниями остальных частей цветка не до самого верха.

Гнезда завязи – полости в завязи; если в завязи нет перегородок, она одногнездная, а если перегородки есть, содержит несколько гнезд (рис. 48).

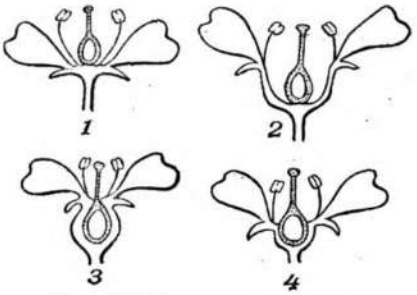


Рис. 47. Положение завязи:
1, 2 – верхняя (свободная); 3 – нижняя; 4 – полунижняя

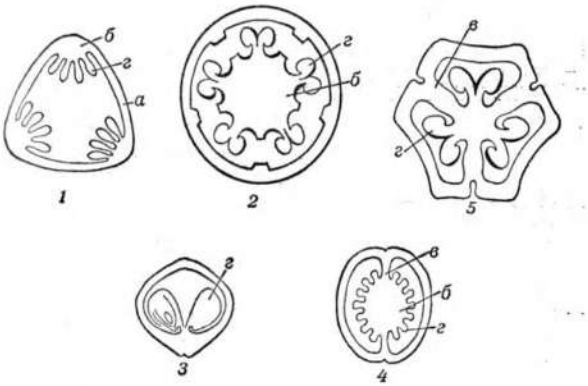


Рис. 48. Поперечный разрез завязи:
1-3 – одногнездная; 4-2 – гнездная; 5-3 – гнездная;
а – стенка завязи; б – семяносец; в – перегородка; г – семяпочка

Обычно число гнезд соответствует числу столбиков или рылец, но бывает и так, что при одногнездной завязи столбиков несколько (в семействе гвоздичных) или при многогнездной завязи – один столбик и несколько рылец или их лопастей (чемерица, глухая крапива, тюльпан).

Семяпочки – зачатки семян, находящиеся внутри завязи; из семяпочки образуется семя.

Расположение цветков, соцветие

На побегах цветки редко располагаются одиночно, у большинства растений они собраны группами, образующими соцветия.

Одиночные цветки – цветки, располагающиеся по одному на верхушке побега – верхушечные (у купальницы, многих видов ветреницы, белозора) или в пазухе листа – пазушные (у нолевого вьюнка, заборного повоя, лугового чая) (рис. 49).

Рис. 49. Положение цветка на растении:
1 – цветок одиночный верхушечный; 2, 3 – цветки одиночные пазушные;
4 – пазушное соцветие; 5 – верхушечное соцветие; 6 – соцветие-початок:
а – цветоножка, б – кроющий лист, в – прицветники, г – стрелка, д – крыло

Соцветие – разветвленный побег, ветви которого несут цветки; при этом листья на ветвях мелкие, часто бледные, недоразвитые, а иногда отсутствуют совсем.

Цветочная стрелка – длинный безлистный побег, несущий на вершине цветок (у тюльпана, нарцисса, жирянки) или соцветие (у одуванчика, подорожника).

Цветонос – безлистный участок побега, несущий цветок или соцветие.

Цветоножка – боковой, часто безлистный побег, несущий на конце цветок.

Сидячий цветок не имеет цветоножки и располагается непосредственно на оси соцветия.

Кроющий лист – лист (нормальный или недоразвитый), в пазухе которого находится цветок.

Кроющий лист соцветия – лист, в пазухе которого находится соцветие.

Прицветники – мелкие недоразвитые листья на цветоножке. У двудольных растений на цветоножке большей частью по 2 прицветника.

Типы соцветий

Соцветием называется совокупность цветков, расположенных на осях, лишённых типичных листьев (рис. 50).

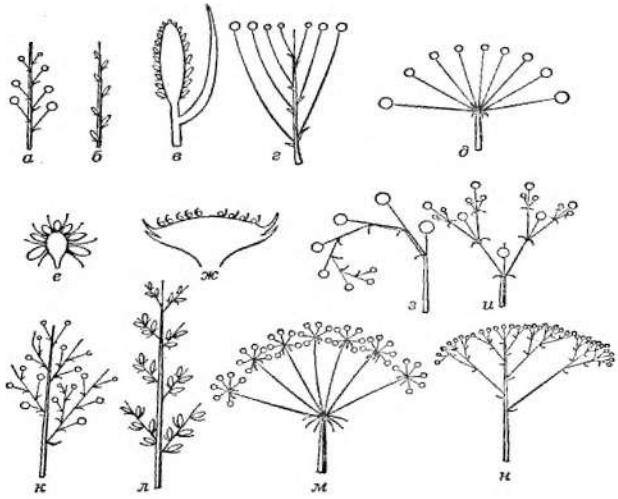


Рис. 50. Типы соцветий:
а – кисть; б – простой колос; в – початок; г – щиток; д – простой зонтик; е – головка; ж – корзинка; з – завиток; и – полузонтик; к – метелка; л – сложный колос; м – сложный зонтик; и – щитковидное соцветие

Кисть – на длинной главной оси на цветоножках располагаются цветки, расцветающие по направлению снизу вверх (у ландыша, дикой редьки, иван-чая).

Щиток – ось короче, чем у кисти; цветоножки нижних цветков длиннее, чем у верхних, цветки располагаются почти в одной плоскости; порядок распускания такой же, как и у кисти (у багульника).

Зонтик – главная ось соцветия сильно укорочена и цветки на одинаковых цветоножках (лучах зонтика) прикрепляются почти в одной точке на верхушке стебля или ветви; порядок распускания цветков – от периферии к центру зонтика (у первоцвета, лядвенца, проломника).

Колос – на вытянутой главной оси располагаются сидячие цветки, распускающиеся снизу вверх (соцветие подорожника, колосок осоки).

Початок – колос с сильно утолщенной осью; часто початок при основании снабжен покрывалом, обычно яркоокрашенным (соцветия ароидных).

Головка – цветки сидячие или на коротких цветоножках, располагаются на короткой утолщенной главной оси (соцветия многих видов клевера).

Корзинка – на утолщенной, расширенной и уплощенной главной оси располагаются сидячие цветки; корзинка бывает окружена многочисленными листочками, образующими обертку (соцветия сложноцветных).

Монохазий, завиток – от главной оси ниже верхушечного цветка отходит боковая ось, также оканчивающаяся цветком; от последней вновь отходит боковая цветоносная ось, и так может повторяться много раз (у болотной камнеломки, росянки, синяка).

Дихазий, полузонтик: главная ось заканчивается цветком, ниже которого от оси отходят 2 боковые оси, в свою очередь ветвящиеся таким же образом (у многих видов гвоздики и других представителей семейства гвоздичных).

Метелка – разветвленная кисть (у полевой живокости, иногда у высокого борца).

Сложный зонтик – на лучах общего зонтика вместо цветков располагаются частные зонтики, или зонтички (у большинства представителей семейства зонтичных).

Сложный колос – колос из простых колосьев или колосков, сидящих на более-менее вытянутой главной оси (виды пырея, коротконожки, ячменя).

Щитковидное соцветие – цветки или мелкие компактные соцветия располагаются более или менее в одной плоскости (у пурпурного очитка, пижмы, тысячелистника).

Плод

Плод – орган цветкового растения, образующийся из цветка после опыления и содержащий внутри одно, несколько или много семян. Чаще всего плод развивается из пестика (или совокупности пестиков), но иногда (особенно если завязь в цветке нижняя) в образовании плода могут принимать участие и другие части цветка – чашечка, венчик, цветоложе, гипантий и т. д. Если в цветке несколько свободных пестиков, то плод будет состоять из нескольких плодиков.

Плоды бывают сухие и сочные, односемянные и многосемянные. Сухие многосемянные плоды обычно вскрываются, при этом из них высыпаются семена; есть и невскрывающиеся сухие многосемянные плоды, распадающиеся при созревании на части, каждая из которых содержит обычно одно семя. Сочные плоды в большинстве случаев не вскрываются совсем.

Боб – сухой многосемянный одногнездный плод, вскрывающийся 2 створками сверху вниз (характерен для семейства бобовых) (рис. 51).

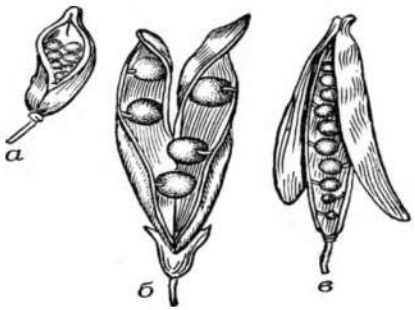


Рис. 51. Плоды:
а – листовка; б – боб; в – стручок

Дробные плоды распадаются при созревании на части по перегородкам между гнездами завязи (у растений из семейства зонтичных, мареновых, мальвовых).

Зерновка – сухой односемянный невскрывающийся плод с пленчатым околоплодником, прирастающим к оболочке семени. Обычно одета сухими цветковыми чешуями. Характерна для семейства злаков (рис. 53).

Коробочка – сухой многосемянный одногнездный или многогнездный плод, вскрывающийся разными способами: створками, зубчиками, дырочками или крышечкой (рис. 52).

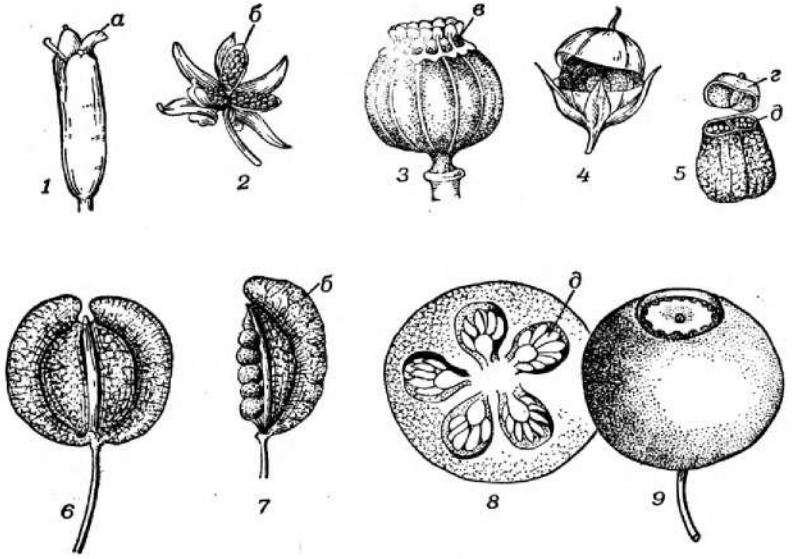


Рис. 52. Плоды:
1-5 – коробочки; 6, 7 – стручочек (общий вид и разрез);
8, 9 – ягода (разрез и общий вид)
(а – зубчик, б – створка, в – дырочка, г – крышечка, д – гнездо)

Костянка – наружная часть околоплодника сочная (редко кожистая), а внутренняя – деревянистая, образующая косточку (плод вишни, плодики у морошки или костяники, образующие вместе плод-многокостянку.

Крылатка – сухой односемянный плод с крыловидными выростами околоплодника.

Листовка – сухой многосемянный одногнездный плод, вскрывающийся одной продольной щелью (рис. 51).

Многокостянка состоит из нескольких костянок, развивающихся из нескольких свободных пестиков цветка (у морошки, костяники) (рис. 54).

Многолистовка состоит из нескольких листовок, развивающихся из нескольких свободных пестиков цветка (у купальницы, калужницы, водосбора) (рис. 54).

Многоорешек состоит из нескольких или многих орешков, развивающихся из свободных пестиков цветка (у лютика, лапчатки) (рис. 54).

Орешек – сухой односемянный невскрывающийся плод с кожистым околоплодником, образующийся из пестика с верхней завязью (у горца) (рис. 53).

Семянка – сухой односемянный невскрывающийся плод с кожистым околоплодником, образующийся из цветка с нижней завязью (рис. 53). При образовании семянок чашечка часто разрастается и образует хохолок или другие приспособления для распространения плодов.

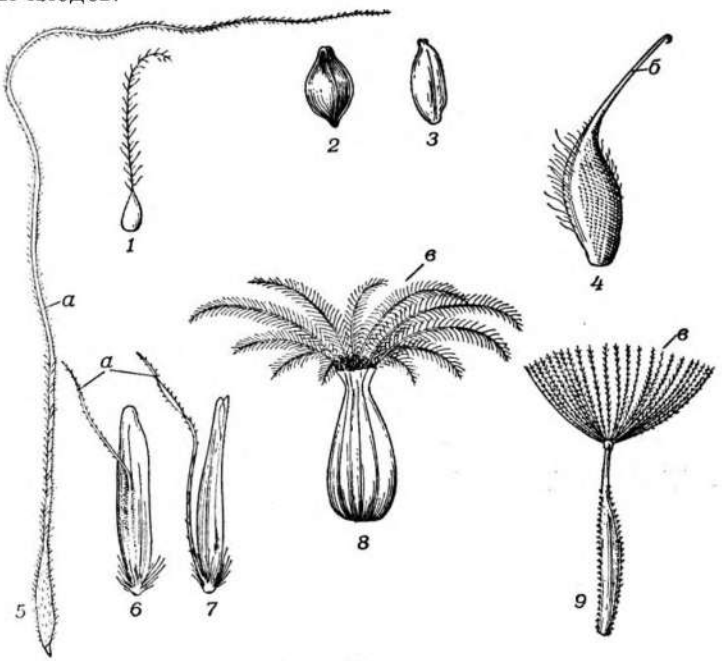


Рис. 53. Плоды:
1, 2, 4 – орешки; 3, 5, 6, 7 – зерновки (3 – голая, 5-7 – одетые чешуями); 8, 9 – семянки (а – ость, б – зацепка, в – хохолок)

Стручок – сухой многосемянный (редко односемянный) 2-гнездный плод, вскрывающийся снизу вверх 2 створками. На плодоножке после отпадения створок остается перегородка-рамка

с сидящими по краям семенами (характерен для семейства крестоцветных) (рис. 51).

Стручочек – короткий стручок, длина которого не более чем в 4 раза превосходит ширину (у ярутки, пастушьей сумки) (рис. 52).

Четковидные (членистые) плоды – бобы и стручки, у которых образуются хорошо заметные снаружи перетяжки между семенами (у дикой редьки – четковидный стручок, у копеечника – четковидный, или членистый, боб) (рис. 54).

Ягода – сочный многосемянный плод (у брусники, паслена, ландыша) (рис. 52).

Хохолок – пучок длинных волосков или щетинок на семянке, образующийся из чашечки (у растений из семейств валериановых, ворсянковых и сложноцветных) (рис. 53).

Присемянник – сочный или мясистый придаток при семени; часто служит приспособлением для распространения семян птицами или муравьями (у фиалок, ожики, чистотела) (рис. 55).

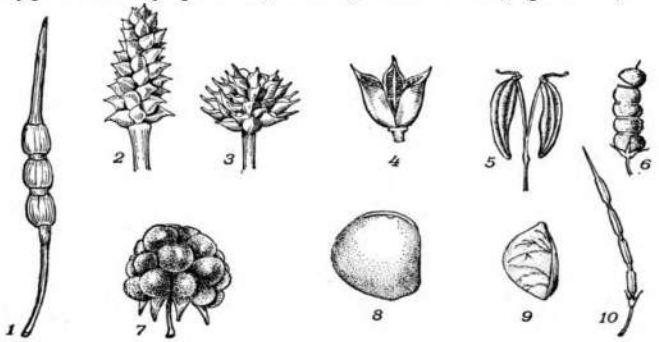


Рис. 54. Плоды:
1 – четковидный (членистый) стручок; 2 – многоорешек; 3 – многолистовка; 4 – трехлистовка; 5 – двусемянка (у зонтичных); 6, 10 – четковидный (членистый) боб; 7 – многокостянка; 8 – отдельная костянка (внешний вид); 9 – отдельная костянка (косточка)

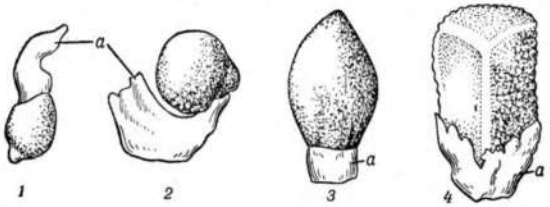


Рис. 55. Присемянники:
1, 2 – семена; 3, 4 – части плода; а – присемянники

Семя

Семя развивается из семяпочки и находится внутри плода. На нем различают семяножку и рубчик – место прикрепления семяножки. Иногда в основании семени развивается мясистый придаток – присемянник, или хохолок, из волосков. Размеры семян могут быть различны: от микроскопических (у растений из семейств орхидных и грушанковых) до 1 см и более (у некоторых видов бобовых). По форме семена могут быть округлыми, яйцевидными, треугольными, овальными, бобовидными, почковидными и т. д.

Органы размножения споровых растений

Спорангий – видимая только в сильную лупу коробочка у споровых растений (папоротников, хвощей и плаунов), в которой образуются клетки бесполого размножения – *споры* (рис. 56).

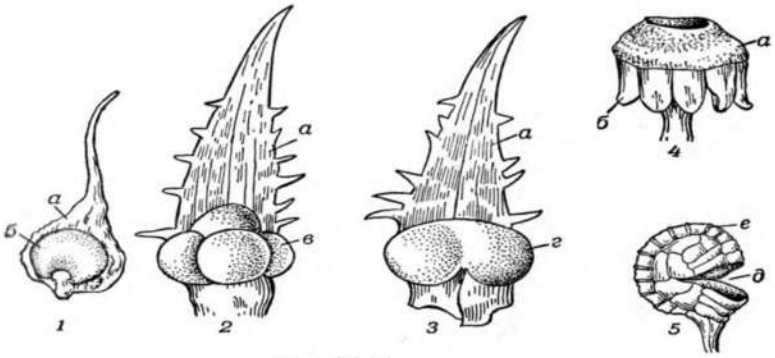


Рис. 56. Спорангии:
1 – плауна; 2, 3 – плаунка; 4 – хвоща; 5 – папоротника;
а – спороносный лист; б – спорангий; в – макроспорангий с 4-макроспорами;
г – микроспорангий; д – устье; е – кольцо

Микроспорангий – спорангий с более мелкими спорами (микроспорами), из которых развиваются мужские заростки.

Макроспорангий (мегаспорангий) – спорангий с крупными спорами (макроспорами, или мегаспорами), из которых вырастают женские заростки.

Сорус – кучка спорангиев, располагающаяся обычно на нижней поверхности спороносных листьев папоротников. У многих папоротников сорус покрыт снизу покрывальцем. Расположение сорусов, их величина и форма имеют значение для определения папоротников (рис. 57).

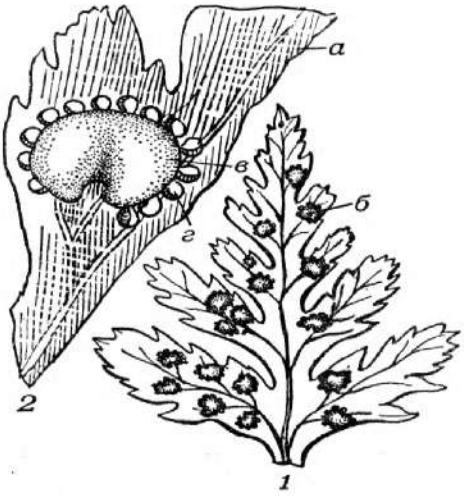


Рис. 57. Сорусы папоротника:
1 – лист с сорусами; 2 – сорус при большом увеличении;
а – пластинка листа; б – сорус; в – покрывальце; г – спорангий

Спороносные листья (спорофиллы) – листья споровых растений, на которых размещаются спорангии; у большинства папоротников они не отличаются от обычных зеленых листьев, но у некоторых имеют иные форму, размеры и окраску. У хвощей и большинства плаунов спороносные листья не похожи на зеленые стеблевые листья и собраны на концах побегов в спороносных колосках (рис. 58).

Рис. 58. Спороносные колоски:
а – ужовника обыкновенного; б – хвоща; в – плауна

Покрывальце (индузиум) – тонкая пластиночка или группа волосков, прикрывающая снизу сорус (рис. 57).

Жизненные формы и продолжительность жизни растений

Многолетники – травянистые растения, у которых подземные органы существуют несколько или даже много лет, а надземные – один год, реже несколько. Надземные побеги многолетников не одревесневают, а отмирают полностью; новые побеги отрастают из почек возобновления. *Примеры:* едкий лютик, настоящий первоцвет, ползучий пырей.

Однолетники – травянистые растения, живущие один год, в течение которого они вырастают из семян, развивают листья, цветки, плоды и после плодоношения отмирают. *Примеры:* маленький мышехвостник, трехцветная фиалка, полевой жабник, полевая метлица.

Яровые однолетники прорастают из семян весной и в это же лето после плодоношения отмирают. *Примеры:* полевая горчица, дикая редька, иван-да-марья, овсюг.

Озимые однолетники прорастают из семян осенью, зимуют обычно в виде укороченного побега с розеткой прикорневых листьев и корней, а в следующем году цветут, плодоносят и отмирают. Примеры: полевая ярутка, синий василек.

Двулетники – растения, живущие 2 года. В первый год из семени развивается укороченный побег с розеткой листьев и стержневой корень, на второй год образуется цветоносный побег. После плодоношения двулетники отмирают. *Примеры:* белая дрема, едкий мелколепестник, поникший чертополох, восточный и луговой козлобородники.

Двулетники отличаются от однолетников хорошо развитым стержневым корнем и остатками прошлогодних листьев у основания стебля, а от многолетников – отсутствием корневищ, клубней и луковиц; у них не видно также следов отмерших стеблей. Многие растения могут быть то однолетниками, то двулетниками (трехцветная фиалка, кровельная скерда, дикий латук). Некоторые растения могут быть также, то двулетниками, то многолетниками (белая дрема, войлочный лопух).

Кустарнички – растения, имеющие форму куста и слабоутолщенные одревесневшие многолетние стебли высотой не более 50-60 см. На их побегах хорошо заметны границы годичного прироста

(колечки от опавших почечных чешуи). *Примеры:* брусника, клюква, подбел.

Полукустарники – растения, у которых ежегодно отмирает не весь надземный побег, а лишь верхняя его часть, а основание одревеснеет и живет несколько лет. На деревянистых основаниях хорошо видны почки возобновления. *Примеры:* некоторые виды полыни, астрагала.

Полукустарнички – низкорослые полукустарники (не более 50 см). Примеры: некоторые виды полыни, кокпек. Полукустарники и полукустарнички обозначают тем же значком, что и многолетники.

Лианы – растения, имеющие слабые тонкие стебли, взбирающиеся на вертикальную опору при помощи усиков, придаточных корней, зацепок или обвивая ее. *Примеры:* хмель, заборный повой, переступень, виды горошка и чины.

Розеточное растение имеет сильно укороченные вегетативные надземные побеги; все листья побега расположены около земли и образуют кружок – розетку (рис. 59). *Примеры:* росянка, подорожник, одуванчик, первоцвет.

Рис. 59. Розеточное растение

Подушка – своеобразная форма роста, при которой растение образует множество коротких, прижатых друг к другу веточек (рис. 60). *Примеры:* многие горные виды крупки, смолевки, минуарции.

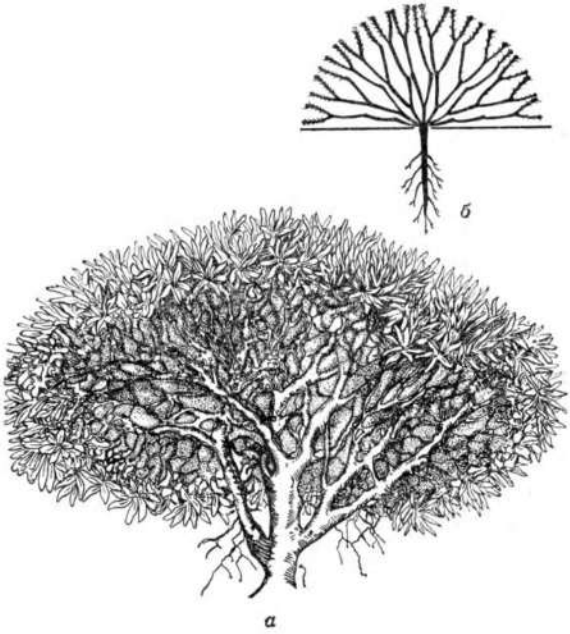


Рис. 60. Растение-подушка:
а – внешний вид; б – схема

Перекати-поле – жизненная форма некоторых степных травянистых растений. Веточки растения разрастаются и изгибаются таким образом, что вся надземная часть приобретает шаровидную форму, после созревания плодов отделяется от корня. Ветер перекатывает шары по степи, рассеивая при этом плоды и семена. У перекати-поля выработались многочисленные приспособления к постепенному рассеиванию плодов и семян. *Примеры:* татарский катран, колючий зопник, татарский кермек.

Паразиты – растения, получающие все необходимые для их существования органические вещества от растений-хозяев. Не имеют хлорофилла. Примеры: петров крест, виды заразихи и повилики.

Полупаразиты имеют зеленые листья и стебли. От других растений они получают либо только воду и минеральные соли, либо также и часть органических веществ, а остальные органические вещества синтезируют сами. Примеры: виды марьянника, погремка, очанки.

Сапрофиты получают органические вещества не путем фотосинтеза, а из мертвых растительных остатков, обычно при помощи микоризы. Не имеют хлорофилла. *Примеры:* гнездовка, подъельник, ладьян.

Эпифиты поселяются на других растениях, но используют их только в качестве места прикрепления, не получая от них ни воды, ни питательных веществ. *Примеры:* многие мхи и лишайники, живущие на деревьях, папоротники (южная многоножка).

Эфемеры – однолетние растения, проходящие полный цикл развития, от семени до плодоношения, за очень короткий срок; обычно развиваются рано весной и уже к началу – середине лета отмирают. *Примеры:* весенняя веснянка, некоторые виды резуховидки, многие растения пустынь.

Эфемероиды – многолетние растения с подземными луковицами, клубнелуковицами, клубнями или корневищами. Весной у них появляются надземные цветоносные побеги, которые уже к началу – середине лета, после созревания и рассеивания семян, отмирают. *Примеры:* дубравная и лютиковая ветреницы, чистяк, виды хохлатки, петров крест, многие виды тюльпана.

11. Основные морфологические особенности важнейших семейств

Основу летней практики составляют экскурсии, во время которых студенты знакомятся с живыми растениями непосредственно в естественных условиях и собирают материал для дальнейшего изучения и гербаризации. При этом очень важно представлять в чем состоят главные характерные особенности растительных семейств отличающие их друг от друга. Самыми главными отличительными особенностями являются строение цветков и плодов, формы стеблей и листьев. Опишем кратко морфологические особенности некоторых семейств.

Семейство Лютиковые (Ranunculaceae). Сюда относят свыше 2000 видов растений, произрастающих в основном в зоне умеренного и холодного климата. Распространены на влажных лугах и в лесах. Основная жизненная форма – многолетние травы. Листья простые в разной степени рассеченные, без прилистников. Цветки разнообразно устроенные: спиральные, гемициклические, циклические (рис. 62).

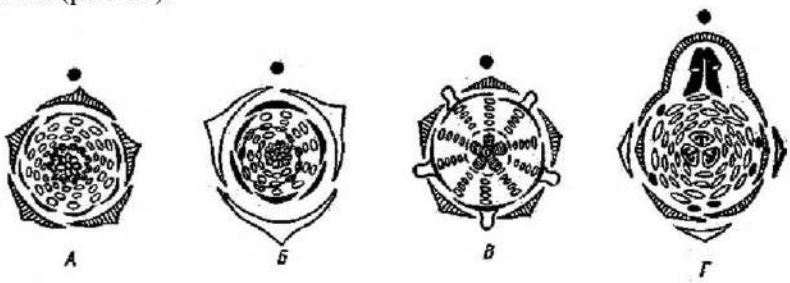


Рис. 61. Диаграммы цветков некоторых видов семейства лютиковых:
А – горицвета весеннего; Б – ветреницы дубравной;
В – водосбора обыкновенного; Г – аконита аптечного

Расположение цветов на растении одиночное или в соцветиях. Цветы обоеполые актиноморфные $*Ca_{8\text{-}5}Co_{24\text{-}5}A\infty\underline{G\infty}$ (р. Адонис), $*Ca_5Co_5A\infty\underline{G\infty}$ (р. Лютик) (рис. 63), или зигоморфные $\uparrow Ca_5Co_2A\infty\underline{G_{3\text{-}5}}$ (р. Живокость), $\uparrow Ca_5Co_2A\infty\underline{G_{3\text{-}7}}$ (р. Аконит) (рис. 65). Андроцей в большинстве случаев многочленный. Гинецей сложный или простой; апокарпный, ценокарпный или монокарпный (рис. 61).

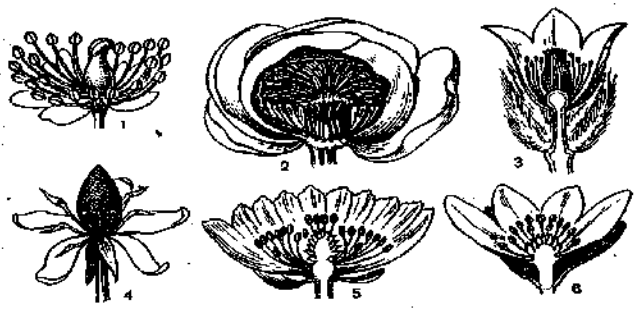


Рис. 62. Цветки лютиковых:
1 – воронец колосистый; 2 – купальница европейская; 3 – прострел поникший; 4 – мышехвостник маленький; 5 – адонис весенний; 6 – печеночница благородная

Такое строение цветов у растений одного семейства объясняется тем, что отдельные роды находятся на разных ступенях эволюционного развития. Разнообразие гинецея обуславливает и разнообразие плодов: сборная семянка, сборная листовка, ягода, коробочка, листовка.

К семейству лютиковых относятся декоративные растения: водосбор (рис. 64), василистник, дельфиниум и лекарственные: горицвет, живокость, аконит (рис. 65). Для растений этого семейства характерно накопление алкалоидов, большинство растений этого семейства ядовиты.

Семейство Маковые (Papaveraceae). Сравнительно небольшое, включает 250 видов, растения этого семейства распространены в умеренных или субтропических областях Северного полушария. Во флоре России это в основном однолетние и многолетние травы, часто с членистыми млечниками. Млечный сок (красный, желтый, белый) содержит алкалоиды. Листья очередные иногда супротивные, прилистников нет. Цветки актиноморфные одиночные или в кистевидных соцветиях. Околоцветник двойной, свободный. Андроцей из большого числа свободных тычинок. Гинецей паракарпный, завязь верхняя. Плод – коробочка, часто стручковидная. В естественной флоре Самарской области практически всегда встречается один вид – чистотел большой – и крайне редко другие представители этого семейства. Растения этого семейства ядовиты, некоторые виды используются как лекарственные растения.

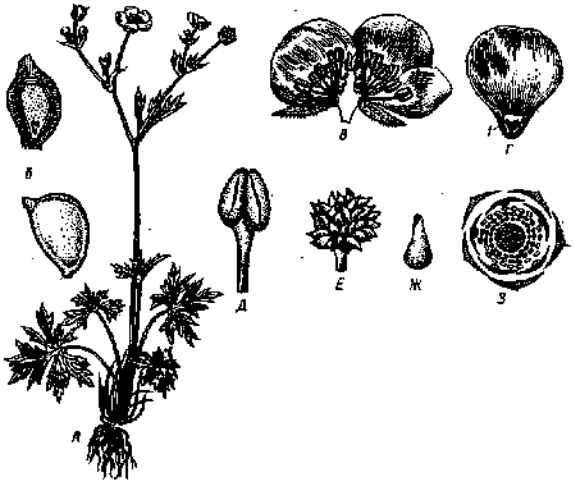


Рис. 63. Лютик едкий (Ranunculus acris):
А – общий вид растения; Б – общий вид и продольный разрез плодика;
В – продольный разрез цветка; Г – лепесток; Д – тычинка;
Е – многочленный апокарпный гинецей; Ж – пестик; З – диаграмма цветка;
1 – нектарная ямка, прикрытая чешуйкой

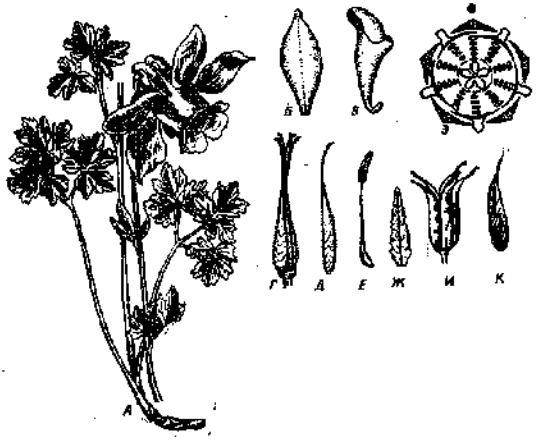


Рис. 64. Водосбор обыкновенный (Aguilegia vulgaris):
А – общий вид; Б – чашелистик; В – шпористый лепесток;
Г – многочленный апокарпный гинецей; Д – пестик; Е – тычинка;
Ж – стаминодий; З – диаграмма цветка; И – плод – сборная листовка;
К – плодик – листовка

Рис. 65. Аконит аптечный (Aconitum napellus):
А – плод сборная листовка; Б – репродуктивный побег; В – общий вид цветка; Г – продольный разрез цветка; Д – цветок без чашечки; Е – диаграмма цветка; Ж – гинецей; З – продольный и поперечный разрез завязи; И – тычинка; 1 – лепестки – нектарий

Семейство Маревые (Chenopodiaceae). Объединяет 1600 видов преимущественно травянистых растений, хотя встречаются кустарники и полукустарники. Распространены в пустынных и полупустынных областях, хорошо переносят засоление почвы. Цветки циклические, актиноморфные $*P_5\ A_5\ \underline{G_{(2\text{-}5)}}$ с простым чашечковидным околоцветником, обоеполые (марь белая) или однополые (лебеда), собранные в клубочки. Листорасположение обычно очередное. Стебли часто безлистные, с мучнистым налетом. Плод – орешек. К данному семейству относятся широко известные сорняки: лебеда и марь белая; овощные культуры: свекла обыкновенная и шпинат посевной, а также растения пустынь и полупустынь солянка, саксаул, ежовник и др.

Семейство Гречишные (Poligonaceae). Включает 100 видов растений, распространенных повсеместно. В Самарской области произрастают преимущественно травы. Листья очередные простые с раструбом (сросшиеся прилистники). Стеблевые узлы вздутые. Цветы мелкие актиноморфные, обоеполые собраны в колосья, кисти, метёлки, которые располагаются в пазухе листа. Околоцветник простой чашечковидный. Тычинок 6 или 9 (рис. 66). Гинецей лизикарпный, завязь верхняя. Формула цветка $*P_5\ A_{6\text{-}9}\ \underline{G_{(3)}}$. Плод – трехгранный орешек.

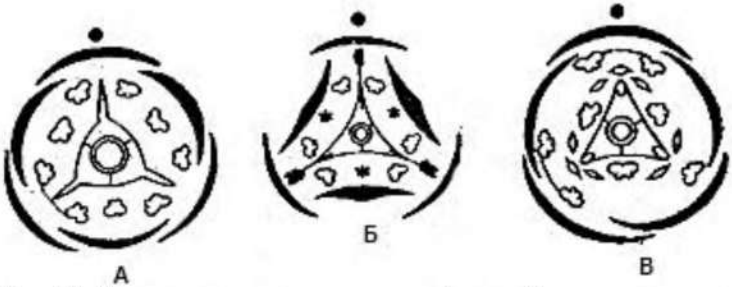


Рис. 66. Диаграммы цветков растений семейства гречишные:
А – ревень; Б – щавель; В – гречиха

К семейству гречишных относится ценная сельскохозяйственная культура – гречиха посевная (рис. 67), пищевые и лекарственные культуры щавель и ревень. Широко представлен в нашей флоре вид горец птичий – хорошее кормовое растение, отлично выносит вытаптывание. Растения данного семейства хорошие медоносы.

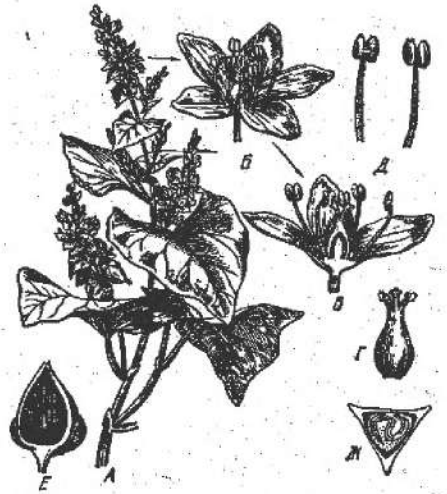


Рис. 67. Гречиха посевная (Fagopyrum sagittatum):
А – репродуктивный побег; Б, В – цветок; Г – пестик; Д – тычинки; Е, Ж – плод

Семейство Капустные (Brassicaceae) или Крестоцветные (Cruciferae). Семейство объединяет 3000 видов. Растения этого семейства распространены в умеренных и холодных областях Северного полушария. Во флоре России представлено 1070 видов. Это преимущественно однолетние и многолетние травы. Листья

очередные простые, перисто- и лировидно-перисторассеченные, без прилистников. Растения опушенные железистыми волосками. Для растений этого семейства характерно содержание горчично-масляных гликозидов, что определяет своеобразный вкус капустных. Цветы актиноморфные, обоеполые, однообразно устроенные. Околоцветник двойной, чашечка и венчик четырехчленные. Андроцей шестичленный – четырехсильный. Завязь верхняя, плод стручок или стручочек. Формула цветка: $*Ca_4Co_4A_{2+4}G_{(2)}$. Растения этого семейства овощные (капуста, брюква, репа), масличные (рапс, горчица) и технические культуры. Огромное число видов злостные сорняки (пастушья сумка, сурепка, ярутка, гулявник). Представители разных семейств выглядят однообразно, поэтому большое внимание при определении растений следует обращать на структуру плодов и на их расположение на оси соцветия.

Семейство Мальвовые (Malvaceae). Объединяет 1500-1600 видов, растения часто покрыты многочисленными железистыми волосками. В странах с умеренным и холодным климатом семейство мальвовых представлено в основном травами многолетними, однолетними и двулетними. Листья очередные, простые, пальчатолопастные или пальчатораздельные. Цветы чаще одиночные, околоцветник двойной. Чашечка сростнолистная с подчашием. Венчик сростнолепестный из пяти лепестков. Андроцей многочленный, гинецей синкарпный, завязь верхняя, плод коробочка или распадающаяся коробочка. Формула цветка $*Ca_{3+(5)}Co_5A(\infty)\underline{G_{(5)}}$. К семейству мальвовых относятся ценные прядильные культуры, такие как хлопчатник, кенаф, канатник, лекарственные растения – алтей лекарственный, декоративные растения шток-роза. При определении растений следует обращать внимание на строение плодов, на наличие подчашия его строение и форму тычиночной трубки.

Семейство Розовые (Rosaceae). Объединяет 3000-3500 видов. Полиморфное семейство к которому относятся в основном плодовые и ягодные культуры как деревянистые, так и травянистые растения. Листорасположение очередное. Листья обычно с прилистниками, простыми (цельные или рассеченные) у некоторых видов могут быть сложными. Цветы всегда правильные, околоцветник двойной (рис. 68). Андроцей многочленный. Чашечка у некоторых видов с подчашием (земляника, клубника, лапчатка). Характерной особенностью является наличие гипантия – разросшегося

цветоложа, в последствии приобретающего яркую окраску. Семейство подразделяют на четыре подсемейства:

- *подсемейство спирейные.* Кустарники. Гинецей апокарпный, завязь верхняя, андроцей многочленный, плод сборная листовка. Формула цветка: *$Ca_{(5)}Co_5A\infty\underline{G_5}$. Плод – сборная листовка. Представители спирея, рябинник, волжанка;

- *подсемейство шиповниковые.* Кустарники и травы. Гинецей апокарпный, завязь верхняя, андроцей многочленный, плод сборный орешек, сборная костянка. Формула цветка: *$Ca_{(5+5)}Co_5A\infty\underline{G\infty}$. Плоды – сборные. Представители шиповник земляника, малина, ежевика;

- *подсемейство сливовые.* Деревья и кустарники. Гинецей монокарпный, завязь верхняя, андроцей многочленный, плод костянка. Формула цветка: *$Ca_{(5)}Co_5A\infty\underline{G_1}$. Плод – костянка. Представители: слива, вишня;

- *подсемейство яблоневые.* Деревья и кустарники. Гинецей синкарпный, завязь нижняя, андроцей многочленный, плод яблоко. Формула цветка: *$Ca_{(5)}Co_5A\infty G_{(5-1)}$. Плод ягодовидный – яблоко. Представители: яблоня, груша, рябина.

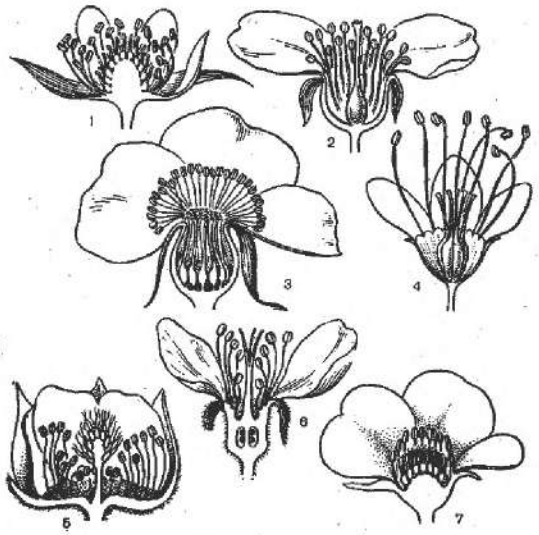


Рис. 68. Цветы розоцветных:

1 – малина обыкновенная; 2 – вишня обыкновенная; 3 – роза майская; 4 – спирея городчатая; 5 – гравилат городской; 6 – яблоня домашняя; 7 – лапчатка гусиная

При определении растений особое внимание следует обращать на жизненную форму, строение цветка и листьев.

Семейство Бобовые (Fabaceae) или Мотыльковые (Papilionoidae). Объединяет 12000 видов древесных и травянистых многолетних и однолетних растений, распространенных повсеместно. Листорасположение очередное, листья сложные с прилистниками. Околоцветник двойной. Цветы зигоморфные, пятичленные, мотылькового типа. Чашечка сростнолистная. Тычинок 10, андроцей двубратственный. Пестик из одного плодолистика, завязь верхняя, плод боб (рис. 69). Формула цветка: ↑$Ca_{(5)}Co_{1,2,2}A_{(9)+1}\underline{G}_{1}$.

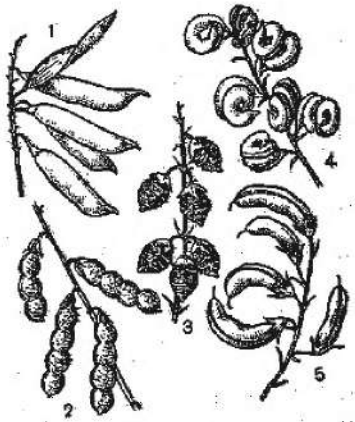


Рис. 69. Плоды бобовых:
1 – горошек гороховидный; 2 – копеечник альпийский; 3 – донник белый; 4 – люцерна посевная; 5 – люцерна серповидная

Характерная отличительная особенность – симбиоз с клубеньковыми бактериями. Растения этого семейства имеют важнейшее сельскохозяйственное значение, возделываются как кормовые (люцерна, вика) и пищевые культуры (фасоль, горох, соя), декоративные и лекарственные (люпин, донник желтый). При определении растений семейства бобовых имеют значение следующие особенности: строение плодов их опушенность, количество семян, число листочков, наличие усика, строение и форма прилистников.

Семейство Пасленовые (Solanaceae). Объединяют 2900 видов растений. В наших широтах это в основном травянистые растения. Листья очередные простые с сильно расчлененной пластиной. Цветы актиноморфные или слегка зигоморфные, могут быть одиночные или собраны в цимозные соцветия – завитки.

Околоцветник двойной, чашечка сростнолистная, венчик сростнолепестный. Андроцей пятичленный, тычинки прирастают к венчику. Гинецей синкарпный. Растениям этого семейства свойственно явление фасциации (срастания различных частей растения). Завязь верхняя с разрастающимся околоплодником и плацентами. Формула цветка: *$Ca_{(5)}Co_{(5)}A_{(5)}G_{(2)}$. Плод – ягода, коробочка. К данному семейству относятся овощные культуры: томат, перец, баклажан; декоративные растения: физалис; ядовитые и лекарственные растения: белладонна (красавка), белена и дурман обыкновенный, все эти растения содержат алкалоиды и используются для приготовления лекарственных препаратов. При определении растений обращают внимание на строение листьев, цветков, плодов.

Семейство Норичниковые (Scrophulariaceae). Объединяет 5000 видов. В России встречается 600 из них. Преобладающая жизненная форма – травы. Листья простые без прилистников, очередные или супротивные. Цветы в кистевидных, колосовидных и метельчатых соцветиях. Единообразия в строении цветка среди представителей семейства нет. Цветок эволюционировал от правильных форм к неправильным (рис. 70), редукция чашелистиков до четырех, редукция тычинок – от пяти, четырех до двух.

Строение цветка у коровяка: ↑ $Ca_{(5)}$ $Co_{(5)}$ A_5 $G_{(2)}$; у льнянки: ↑ $Ca_{(5)}$ $Co_{(5)}$ A_4 $G_{(2)}$; ↑у вероник: ↑ $Ca_{(4)}$ $Co_{(4)}$ A_2 $G_{(2)}$.

Плод – коробочка. В семействе есть растения паразиты (петров крест, заразиха) и полупаразиты (погремок, мытники, очанки). Для норичниковых характерно наличие гликозидов, чем обусловлено их использование в медицине (наперстянка). Часть растений культивируется как декоративные (львиный зев, коровяк, наперстянка).

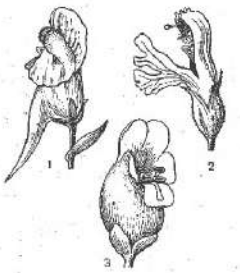


Рис. 70. Цветы норичниковых:
1 – льнянка обыкновенная; 2 – очанка татарская; 3 – норичник шишковидный

Семейство Яснотковые (Lamiaceae), или Губоцветные (Labiatae). Семейство объединяет 3500 видов растений. Преобладающей жизненной формой являются травы, полукустарники и кустарники. Стебель 4-х гранный, листорасположение супротивное, листья простые в различной степени рассеченные. Цветки в мутовках, располагаются в пазухах листьев.

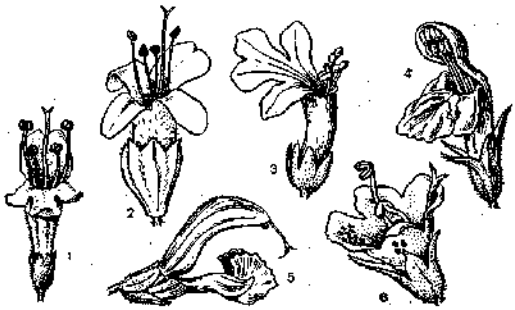


Рис. 71. Цветки губоцветных:
1 – душица обыкновенная; 2 – мята полевая; 3 – живучка ползучая; 4 – чистец лесной; 5 – шалфей степной; 5 – зюзник европейский

Околоцветник двойной. Цветы зигоморфные двугубые (рис. 71), андроцей четырехчленный двусильный, гинецей синкарпный из 2-х плодолистиков, из-за образования еще 2-х ложных перегородок образуется плод – ценобий (четырехорешек).

Формула цветка: ↑ $Ca_{(5)}$ $Co_{(2,3)}$ $A_{4...2}$ $\underline{G_{(2)}}$

Растения семейства яснотковых богаты эфирными маслами (розмарин, лаванда, мелисса, мята, шалфей мускатный, базилик эвгенольный и т.д.), которые используют в парфюмерии, в пищевой промышленности, в медицине, некоторые растения декоративны.

Семейство Астровые (Asteraceae) или Сложноцветные (Compositae). Огромное семейство насчитывает 20000-25000 видов. Преобладающая жизненная форма – травы. Листорасположение очередное и супротивное. Листья простые цельные рассеченные. Характерная особенность – соцветие корзинка (рис. 72), которое может состоять из трубчатых, язычковых, ложноязычковых и воронковидных цветов. Цветки в корзинке могут быть все одинаковые или разные. Например, корзинка одуванчика состоит из язычковых, ромашки – из трубчатых и ложноязычковых цветов.

Трубчатые и язычковые цветы, обычно обоеполые, ложноязычковые однополые или бесполые, воронковидные бесполые Характерной особенностью цветка является редукция чашелистиков до хохолка (паппус) (рис. 73), андроцей обычно сросшийся пыльниками – однобратственный, завязь нижняя. К семейству астровых относятся ценные сельскохозяйственные растения (подсолнечник, артишок, салат латук, цикорий), лекарственные, декоративные, технические культуры, а также злостные трудноискоренимые сорняки (бодяк, осот, чертополох).

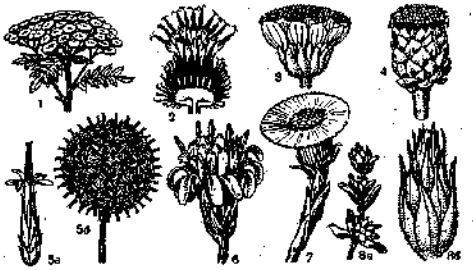


Рис. 72. Соцветия сложноцветных:
1 – пижма обыкновенная; 2 – лопух паутинистый; 3 – кошачья лапка; 4 – цмин песчаный; 5 – мордовник шароголовый (а – отдельный цветок, б – соцветие); 6 – золотарник обыкновенный; 7 – мать-и-мачеха обыкновенная; 8 – сушеница топяная (а – побег, б – корзинка)

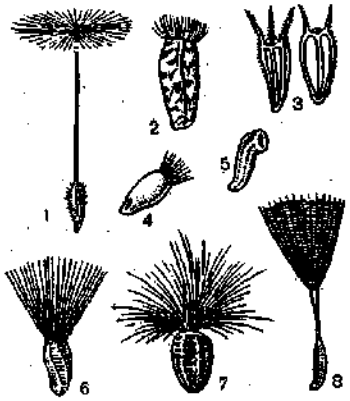


Рис. 73. Плоды сложноцветных:
1 – одуванчик лекарственный; 2 – лопух большой; 3 – череда трехраздельная; 4 – василек синий; 5 – ромашка ободранная; 6 – чертополох курчавый; 7 – татарник колючий; 8 – козлобородник луговой

Семейство Лилейные (Liliaceae). Представители данного семейства часто имеют в почве луковицы (видоизмененные подземные побеги), а некоторые виды образуют в почве корневища (также видоизмененные побеги). Листорасположение очередное, супротивное и мутовчатое. Листья простые, цельные, часто с дуговым или параллельным жилкованием.

Цветки часто крупные, ярко окрашенные, правильные, одиночные или собраны в соцветия: кисть, простой зонтик, колос. Околоцветник простой венчиковидный, из 6 листочков в два круга, чаще несросшихся, тычинок также 6 – в два круга. Пестик – один из трех сросшихся плодолистиков, завязь верхняя. Формула цветка: $*P_{(3+3)}A_{3+3}G_{(3)}$.

В строении цветка отображена характерная черта для класса однодольных растений – трехчленный тип строения, т. е. количество частей цветка – три или кратное трем. Плод коробочка или ягода

Семейство Осоковые (Cyperaceae). Около 5600 видов. У многолетних растений этого семейства часто образуются корневища (подземные, видоизмененные, побеги). Стебель у большинства представителей трехгранный, выполненный, без узлов. Листорасположение очередное, с трех сторон (трехрядное). Листья простые, цельные, линейные. Листовая пластинка линейная, в нижней части переходит во влагалище. Влагалище часто замкнутое. Язычок между листовой пластинкой и влагалищем отсутствует. Соцветия колосовидные метельчатые или головчатые, состоящие из многоцветковых (реже одноцветковых) колосков (рис. 75).

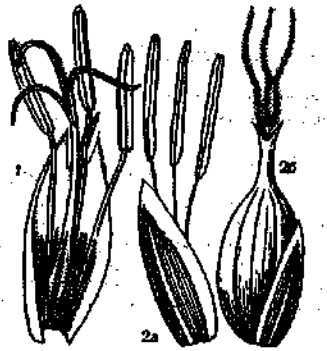


Рис. 74. Цветки осоковых (а – тычиночный, б – пестичный):
1 – камыш озерный; 2 – осока береговая

Цветки мелкие, невзрачные; околоцветник редуцирован и представлен щетинками, пленками или их совсем нет и тогда цветки голые (рис. 74). Формула цветка: $*P_{3+3}A_3G_{(3)}$ $_{(2)}$ Цветки бывают обоеполые и однополые. Во втором случае колоски с однополыми цветками собраны обычно на одном растении, т. е. растения однодомные. Колоски с пестичными и тычиночными цветками различаются по внешнему виду и бывают расположены по-разному: соцветие с пестичными цветками – внизу, а с мужскими цветками – наверху или наоборот. Тычинок обычно 3, пестик 1 с двумя-тремя рыльцами. Завязь верхняя. Плод обычно орешек, редко – семянка.

Рис. 75. Соцветия осок:
1 – осока двудомная (а – пестичный колосок, б – тычиночный);
2 – осока малоцветковая (а – начало цветения, б – при созревании плодов);
3 – осока пепельно-серая; 4 – осока волосистая; 5 – осока ежисто-колючая;
6 – осока двусемянная; 7 – осока желтая; 8 – осока вздутая;
9 – осока ложносытевая

Семейство Мятликовые (Poaceae), или Злаковые (Gramineа). Объединяет от 7000 до 10000 видов. Корневая система мочковатая. Стебель округлый, чаще полый, разделенный узлами на междоузлия. Злаки обладают вставочным (интеркалярным) ростом побега благодаря образовательной ткани, долго сохраняющейся у основания каждого междоузлия стебля. Листорасположение очередное. Лист состоит из листовой пластинки и длинного влагалища. В месте перехода листовой пластинки во влагалище развивается язычок (тонкая пленка) и часто имеются ушки. Ушки

представляют серповидные выросты маленькие и большие; форма и величина их различна. Влагалище листа злаков бывает чаще не замкнутое, не сросшееся и реже – замкнутое (у видов зерна – костра и других растений). Стебли злаков в верхней части, как правило, не ветвятся. Обычно ветвление происходит в нижней части, около поверхности почвы или в почве. Своеобразный тип ветвления стеблей злаков называется обычно кущением.

Особенно сильное кущение бывает у многолетних луговых и пастбищных злаков и по характеру кущения они подразделяются на 3 или 4 группы. Они описаны выше (в разделе 5 «Луговая растительность»). Цветки злаков мелкие, невзрачные, собраны в соцветие – колосок. Околоцветник редуцирован и состоит из пленок и чешуи. Каждый цветок одет двумя цветковыми чешуями, из которых наружная, в пазухе которой образуется цветок, называется нижней и верхняя цветковая чешуя.

Рис. 76. Соцветия злаков:
1 – плевел многолетний; 2 – овсяница красная; 3 – тонконог сизый; 4 – белоус торчащий; 5 – ежа сборная; 6 – душистый колосок; 7 – костер безостый; 8 – лисохвост луговой; 9 – перловник поникший; 10 – мятлик болотный; 11 – трясунка средняя; 12 – росичка обыкновенная; 13 – ячмень гривастый

Характерные особенности цветковых чешуй (нижней и верхней) важны при определении растений из семейства злаковых. Цветки от 1-2 до 6-8 и больше, обычно обоеполые (редко однополые) собраны в простые соцветия, называемые колоски, которые в свою очередь образуют сложные соцветия: сложный колос, метелку, султан или початок (рис. 76). У основания каждого колоска имеется обычно две колосковые чешуи. При определении растений нужно всегда знать количество цветков в колоске. Определить это можно по количеству пар цветковых чешуй, т. е. сколько пар цветковых чешуй, столько и цветков в колоске.

Плод у злаков – зерновка, особенностью которой является то, что тонкий, кожистый, околоплодник срастается или плотно примыкает к семени. Большинство злаков – ветроопыляемые растения; есть также самоопыляющиеся злаки (ячмень, пшеница, овес, рис и другие).

Рис. 77. Лютик ползучий (Ranunculus repens)

Рис. 78. Калужница болотная (Caltha palustris)

Рис. 79. Купальница европейская (Trollis europaeus)

Рис. 80. Горец птичий (Polygonum aviculare)

Рис. 81. Щавель конский (Rumex confertus)

Рис. 82. Сурепица обыкновенная (Barbarea vulgaris)

Рис. 83. Пастушья сумка обыкновенная (Capsella bursa-pastoris)

Рис. 84. Просвирник приземистый (Malva pusilla)

Рис. 85. Хатьма тюрингенская (Lavatera thuringiaca)

Рис. 86. Клевер ползучий (Trifolium repens)

Рис. 87. Ежевика (Rubus caesius)

Рис. 88. Гравилат городской (Geum urbanum)

Рис. 89. Рябина обыкновенная (Sorbus aucuparia)

Рис. 90. Донник лекарственный (Melilotus officinalis)

Рис. 91. Клевер луговой (Trifolium pretense)

Рис. 92. Паслен сладко-горький (Solanum dulcamara)

Рис. 93. Белена черная (Hyosciamus niger)

Рис. 94. Медуница узколистная (Pulmonaria angustifolia)

Рис. 95. Льнянка обыкновенная (Linaria vulgaris)

Рис. 96. Будра плющевидная (Glechoma hederacea)

Рис. 97. Яснотка белая (Lamium album)

Рис. 98. Трехреберник непахучий (Tripleospermum inodorum)

Рис. 99. Ромашка лекарственная (Matricaria recutita)

Рис. 100. Тысячелистник обыкновенный (Achillea millefolium)

Рис. 101. Мордовник круглоголовый (Echinops sphaerocephalus)

Рис. 102. Чертополох поникший (Carduus nutans)

Рис. 103. Пижма обыкновенная (Tanacetum vulgare)

Рис. 104. Синеголовник плостколистный (Eringium planum)

Рис. 105. Цикорий обыкновенный (Cichorium intybus)

Рис. 106. Осока пузырчатая (Carex vesicaria)

Рис. 107. Мятлик луговой (Poa pratensis)

Рис. 108. Тимофеевка луговая (Phleum pretense)

Рис. 109. Хвощ полевой (Equisetum arvense)

Рис. 110. Подорожник большой (Plantago maior)

Рис. 111. Подорожник ланцетолистный (Plantago lanceolata)

Семейство злаковых имеет много признаков, сходных с семейством осоковых. К ним относятся: мочковатая корневая система, простые линейные листья с длинными влагалищами, колосовидные и метельчатые соцветия, редуцированный околоцветник строение цветков. При определении родов мятликовых следует обращать внимание на структуру соцветия, колоска, цветка.

12. Содержание и организация учебной практики

Цели и задачи

Учебная практика по ботанике в сельскохозяйственных вузах является важным видом занятий наряду с лекциями и лабораторными занятиями.

Цель учебной практики – изучение растений в природе. Это дает возможность закрепить и расширить знания по пройденному курсу систематики растений и получить знания по экологии и географии растений, необходимые будущим специалистам сельского хозяйства.

В течение учебной практики студенты изучают живые растения в естественной среде их обитания, знакомятся с различными приспособлениями растений к условиям жизни, убеждаются на практике в единстве растительного организма с условиями его существования. Сбор, определение и гербаризация растений позволяют ознакомиться с разнообразием видового состава растений, а практическое исследование растительных группировок знакомит с методами их изучения и дает представление о геоботанике.

Перед студентами ставится задача на конкретных условиях данной географической зоны применительно к местным условиям и специфике агрономического факультета закрепить и расширить знания.

Весь процесс прохождения учебной практики соответствует учебной программе курса «Ботаника».

Виды работ

Во время учебной практики в первую половину дня под руководством преподавателя проводится экскурсия продолжительностью 3-4 и более часа в зависимости от маршрута. Перед экскурсией преподаватель должен объяснить студентам цели и задачи данной экскурсии. Каждая экскурсия имеет четко определенную тему.

Вторую половину дня студенты работают в лаборатории, и под руководством преподавателя закладывают растения для сушки в гербарные сетки, определяют собранные растения, делают записи в дневнике. В лаборатории или домашних условиях студенты самостоятельно перекладывают и оформляют гербарий. Из-за малой продолжительности учебной практики во время экскурсии отводится время на геоботанические исследования определенных

конкретных участков. В лаборатории студенты оформляют в дневнике результаты геоботанических исследований.

Каждый день учебной практики состоит из трех этапов работы студентов:

1) сбор растений, наблюдения, исследования во время экскурсий;

2) обработка, оформление (в лаборатории) собранного материала, определение и гербаризация растений; записи в дневнике;

3) дополнительная самостоятельная работа по определению растений, сушке растений и оформлению гербария и записей.

Необходимые приборы и материалы

Каждый студент должен иметь следующие материалы для работы:

1) тетрадь или блокнот в твердом переплете для записи наблюдений и объяснений преподавателя;

2) карандаш;

3) гербарную бумагу (запас в 30-40 листов);

4) железную копалку или нож (широкий, прочный), или крупную стамеску;

5) бумажные черновые этикетки или блокнот с отрывными листками;

6) ручную лупу;

7) складной квадратный метр и рулетку (для геоботанических исследований).

Минимум бумаги для сушки растений студенты получают на кафедре. Это обычно гербарная – не проклеенная, не глянцевая бумага. Она заготовлена в виде «рубашек», т. е. сложена пополам. Пригодна для этой цели и газетная бумага. Ее же можно использовать для прокладки между соседними гербарными листами (для более быстрого высушивания растений). Эти бумажные прокладки нужно ежедневно заменять сухими, а влажные просушивать и использовать вновь. В связи с этим запас бумаги должен быть достаточный (чем больше, тем лучше). Об этом нужно позаботиться каждому студенту заранее, накопив запас старых газет. В лаборатории нужно иметь препаровальные иглы. При самостоятельном определении можно использовать швейные иглы или английские булавки, разогнув их.

Сбор растений и гербаризация

На ботанических экскурсиях во время учебной практики надо всегда помнить об охране природы. Особенно бережно надо относиться к видам растений, представленных малым числом или имеющих очень узкий ареал и являющихся заповедными. Важно бережно относиться к запасу и тех растений, которые в данной местности встречаются редко, чтобы массовый сбор растений для учебных целей, ежегодно повторяющийся в одной и той же местности, не нанес местной флоре существенный урон. Нужно помнить, что многолетние растения выкапываются с подъемными органами и, следовательно, уничтожаются целиком. На экскурсиях следует брать только то количество экземпляров растений, которое нужно для учебной работы, и не уничтожать растения бесцельно. Нельзя во время экскурсий портить и собирать без разрешения растения в парках, садах, искусственных насаждениях, заповедниках.

В гербарий собирают дикорастущие растения в цветущем виде. Только некоторые виды можно заложить в гербарий в вегетативном состоянии, не цветущие, чтобы были представители нужных семейств, как например, из семейств маревых, гречишных или некоторые, сорные растения. Травянистые растения выкапывают с подземными частями (корневища, луковицы, клубни, часть корней). Корни отряхивают от земли, если нужно отмывают. Если у растений подземные органы толстые, то их можно разрезать вдоль и оставить только часть корня или клубня в виде продольной пластинки.

Для гербария выбирают типичные, здоровые растения, не поврежденные, со всеми вегетативными органами (корень, стебель, лист), а также цветками. Для некоторых растений нужно иметь и плоды (например, из семейств крестоцветных, зонтичных, сложноцветных и других). У деревьев и кустарников берут веточки с листьями и цветками. Растения, цветущие до появления листьев, собирают дважды – сначала с цветками, а потом с листьями. Двудомные растения должны быть представлены двумя экземплярами: с пестичными цветками и с тычиночными цветками (например, некоторые представители из семейства гвоздичных). Каждый вид растения нужно собирать в 2-3-х экземплярах. Один-два из них накладывать в гербарный лист, а третий – собирать в букет для определения.

Выкопанные и подготовленные растения закладывают в бумагу, один вид растения – один лист. Высокорослые растения разламывают или перегибают на несколько частей. Растения тщательно расправляют на одной нижней половине гербарного листа и осторожно закрывают второй половиной. При закладке гербария следует следить за тем, чтобы ни одна часть растения не выходила за пределы листа («рубашки»).

Растения, собранные в букет, нужно держать завернутыми во влажную бумагу, а придя в лабораторию, поставить в стакан с водой. Это особенно важно в том случае, если сбор большой и нет возможности определить все собранные растения в тот же день. В воде растения могут сохраниться дольше, и их можно будет определить вечером или на следующий день.

Оформление гербарной этикетки

Каждый собранный вид растения должен быть снабжен этикеткой (рис. 112), которая заполняется обязательно в момент сбора растений.

Гербарий
ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА
кафедра «Садоводство, ботаника и физиология растений»
Семейство (русское и латинское название)
Название вида (русское название)
Название вида (латинское название)
Местообитание:
Место сбора:
«___» _____20 г.

Собрал: _____
Определил: _____

Рис. 112. Пример гербарной этикетки

Вначале – это «черновые» этикетки, пронумерованные в порядке сбора растений на протяжении всего периода практики. Они закладываются в «рубашку» одновременно с растениями и сохраняются во время сушки. Если неизвестно название растения, то

вначале в «черновой» этикетке, кроме порядкового номера, указывают место произрастания (местообитание), дату сбора, фамилию студента, собравшего растение. Место в этикетке для названия семейства и вида остается незаполненным до определения растения. Нужно стараться определить растение и записать в этикетку все данные в тот же день, когда растение заложено в гербарий, или, в крайнем случае, на следующий день. Постепенно «черновые» этикетки заменяются аккуратно заполненными «чистовыми» этикетками со всеми необходимыми данными.

Местообитание (место произрастания) – понятие экологическое; под этим термином понимают совокупность условий среды, в которых встретилось растение (например, на опушке леса, пески прирусловой поймы).

Во время экскурсии нужно внимательно присматриваться к тем условиям, где собирается растение.

Местонахождение (место сбора) – понятие географическое, пункт, в котором собран данный экземпляр растения, а именно: область, район, точное место (Самарская область, Кинельский район, поселок Усть-Кинельский).

Сушка растений

Собранные и заложенные в гербарий растения нужно сушить так, чтобы сохранить их естественную окраску. Для этого студентам на кафедре дают пресс, состоящий из двух гербарных сеток. Растения в бумажных «рубашках» осторожно закладывают на одну гербарную сетку, проверяют, чтобы все части растения были хорошо расправлены, и каждый лист бумаги с растением был переложен прокладкой из 2-4 листов пустой газетной бумаги. Уложив листы бумаги с растениями, их прикрывают второй сеткой и прочно стягивают веревкой крест-накрест (а поперек сетки можно дважды). Сетку нужно ставить в сухое место, на сквозняк у открытого окна. На ночь заносить в сухое помещение. Бумажные прокладки, впитавшие влагу растений, необходимо заменять сухими (а влажные просушивать и использовать вновь). Растения из листьев бумаги вынимать не рекомендуется, чтобы не сморщились листья и особенно лепестки цветков. При перекладывании необходимо следить, чтобы не выпали этикетки. Перекладывание растений повторяют до полного их высыхания. Хорошо высушенное растение не провисает при поднятии и не ломается. Чтобы сушка проходила

быстрее, в пресс следует помещать не более 20 растений. Высушенные растения нужно из пресса вынимать и хранить аккуратно в папке, а в пресс закладывать вновь собранные растения.

Отчетность

Каждый студент в течение практики ведет дневник, в котором ежедневно записываются:

- тема, место проведения работ и основные задачи;
- ответы на поставленные вопросы;
- списки собранных растений по определенной форме;
- рисунки, графики, таблицы, необходимые в каждом конкретном случае, и другие данные.

В последний день учебной практики проводится зачет, который служит формой проверки успешности усвоения и закрепления знаний по морфологии, систематике и закономерностям распределения растительных сообществ.

Допуск к зачету осуществляется при представлении студентом:

1) гербария из 100 видов растений, хорошо высушенных, правильно определенных, с правильно и аккуратно написанными этикетками. Растения в гербарии систематизированы по семействам, а семейства расположены в эволюционном порядке (согласно определителю);

2) дневника по летней учебной практике, в котором студент вёл ежедневные записи с описанием мест прохождения практики в соответствии с маршрутом следования и списка растений, собранных на соответствующей экскурсии. Список оформляют по форме, представленной на рисунке 113.

Список растений гербария

Студент___группы_____факультета

Ф.И.О._____

Семейство по-русски и по-латыни	№п/п	Название вида		Местообитание и тип растения
		Русское название	Латинское название	
Лютиковые – RANUNCULACEAE	1	Лютик ползучий	RANUNCULUS REPENS	Межгривные понижения центральной поймы. Ядовитое растение
Сложноцветные – COMPOSITAE	2	Осот полевой	SONCHUS AVENSIS	У дороги, на пустыре. Многолетний корнеотпрысковый сорняк
Бобовые – LEGUMINOSAE	3	Чина луговая	LATURIS PRATENSIS	Сырой участок центральной поймы. Хорошее кормовое растение

Рис. 113

Зачет проводится в форме собеседования, студент должен знать все собранные в гербарий растения, и ответить преподавателю на следующие вопросы:

1) русское название растения;
2) латинское название растения;
3) семейство, к которому относится растение;
4) тип растения.

По результатам зачета студенту ставится отметка «зачтено» или «не зачтено».

«Зачтено» – ставится, если студент заполнил дневник по практике, правильно оформил гербарий и ответил на все вопросы преподавателя.

«Не зачтено» – ставится, если студент не заполнил дневник, неправильно и неаккуратно оформил гербарий, не знает собранных растений.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева, И. И. Ботаника / И. И. Андреева, Л. С. Родман. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : КолосС, 2007. – 528 с.

2. Басов, В. М. Практикум по анатомии, морфологии и систематике растений : учебное пособие для вузов / В. М. Басов, Т. В. Ефремова. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 240 с.

3. Воронкевич, Г. М. Летняя учебная практика по ботанике : методические разработки / Г. М. Воронкевич, А. А. Калинина. – Куйбышев, 1971. – 145 с.

4. Жуковский, П. М. Ботаника. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1982. – 623.

5. Марков, М. В. Общая геоботаника : учебное пособие. – М. : Высшая школа, 1962. – 449 с.

6. Суворов, В. В. Ботаника с основами геоботаники : учебник для вузов / В. В. Суворов, И. Н. Воронова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : АРИС, 2012. – 520 с.

7. Садчиков, А. П. Гидроботаника: Прибрежно-водная растительность : учебное пособие для вузов / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с.

8. Яковлев, Г. П. Ботаника : учебник для вузов / Г. П. Яковлев, В. А. Челомбитько, В. И. Дорофеев ; под ред. Р. В. Камелина. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : СпецЛит, 2008. – 687 с.

9. Суворов, В. В. Руководство к летним практическим занятиям по ботанике : учебное пособие / В. В. Суворов, И. Н. Воронова, Г. Н. Громбчевская [и др.]. – Л. : Колос, 1966. – 192 с.

АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Алкалоиды 63, 66
Ассоциации 21

Б

Балка 11

В

Водораздел 13
Верховые злаки 45

Г

Гидрологические условия 9
Грунтовые воды 9
Гривы 9
Гидрофиты 15
Гигрофиты 15
Гемикриптофиты 18
Гликозиды 63
Гиперицин 66

Д

Доминирующие виды 22
Двулетние сорные растения 70
Детально-маршрутные исследования 24

Е

Евфорбин 64

Ж

Жизненные формы 17
Жизненность 31

З

Зимующие сорные растения 70

К

Климат 4
Ксерофиты 16
Компасное растение 17
Криптофиты 18
Корневищные злаки 34

Л

Луговые степи 54
Летнезеленые леса 56

М

Мезофиты 15
Маршрутные исследования 24

Н

Надпойменная терраса 7
Низинные луга 46
Низовые злаки 45

О

Овраг 11
Обилие 28
Опустыненные степи 55
Озимые сорные растения 70

П

Почвенный покров 4
Пойменный луг 5
Пойма 7
«Перекати-поле» 17
Проективное покрытие 29
Плотнокустовые 34

Р

Рельеф 4
Растительный покров 5
Рекогносцировочные исследования 24
Растения паразиты 71
Растения полупаразиты 71
Рудеральные сорные растения 72
Рыхлокустовые злаки 34

С

Степь 5, 51
Суккуленты 16
Стационарные исследования 25
Суходольные луга 46
Степные кустарники 50
Сорные растения 69
Сорнополевые 69

Т

Терофиты 18

Ф

Флора 19
Фитоценоз 20
Физиономия 27
Фанерофиты 17
Флористический состав 27
Фенологическое состояние 30

Х

Хамефиты 18

Э

Экология 14
Экологические факторы 14
Эфемеры 16
Эфемероиды 16
Эфирные масла 65

Я

Ярусность 28
Ядовитые растения 63
Яконин 66
Яровые сорные растения 69

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие..... 3
1. Краткая характеристика района учебной практики..... 4
1.1. Географическое положение и физико-географические условия района проведения практики..... 4
1.2. Растительный покров..... 5
2. Описание маршрутов экскурсии и изучаемых объектов..... 7
2.1. Пойма реки Большой Кинель..... 7
2.2. Балка «Каменный овраг»..... 11
3. Основные понятия экологии и геоботаники. Экологические факторы..... 14
3.1. Группы растений по отношению к обеспеченности водой..... 15
3.2. Жизненные формы..... 17
3.3. Понятие о растительности, флоре и растительных сообществах 19
3.4. Понятие о растительных ассоциациях..... 21
4. Методика геоботанических исследований. Типы геоботанических исследований..... 24
4.1. Метод участков..... 25
4.2. Методы описания пробных участков (признаки фитоценозов и методы их изучения)..... 26
4.3. Оформление результатов геоботанических исследований..... 31
5. Луговая растительность..... 33
5.1. Положение лугов на местности..... 33
5.2. Растения лугов и их экологические особенности..... 33
5.3. Характеристика лугов района практики..... 40
5.4. Ассоциации пойменного луга..... 44
6. Степная растительность..... 48
6.1. Растения степей и их экологические особенности..... 48
6.2. Характеристика степей района практики..... 52
7. Лесная растительность..... 56
8. Ядовитые и вредные растения..... 63
9. Сорные растения..... 68
9.1. Классификация сорных растений..... 69
10. Основные термины морфологии, употребляемые при описании растений..... 73
11. Основные морфологические особенности важнейших семейств... 114
12. Содержание и организация учебной практики..... 148
Рекомендуемая литература..... 155
Алфавитно-предметный указатель..... 156

Учебное издание

Мельникова Наталья Александровна
Степанова Юлия Владимировна

БОТАНИКА

(летняя учебная практика)

Учебно-методическое пособие

Подписано в печать 10.02.2014. Формат 60×841/16
Усл. печ. л. 9,24, печ. л. 9,94.
Тираж 100. Заказ №.
Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: (84663) 46-2-47
Факс 46-6-70
E-mail: ssaariz@mail.ru
Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Медиа-Книга»
443070, г. Самара, ул. Песчаная, 1, оф. 310
Тел. (846) 267-36-82. E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

БОТАНИКА

Практикум

Кинель 2017

УДК 580(075)
ББК 28.5я7
Б86

Рецензенты:
д-р биол. наук, проф. кафедры «Ботаника, физиология и защита растений» ФГБОУ ВО Нижегородской ГСХА
Г. А. Бережная;
канд. биол. наук, доцент кафедры «Растениеводство и земледелие» ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
Е. В. Перцева

Авторский коллектив:
Н. А. Мельникова, Е. Х. Нечаева, В. М. Царевская, М. В. Коваленко, Г. К. Марковская

Б86 Ботаника : практикум / Н. А. Мельникова, Е. Х. Нечаева, В. М. Царевская [и др.]. – Кинель : РИО СГСХА, 2017. – 307 с.
ISBN 978-5-88575-488-0

Учебное пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Ботаника», преподаваемой в сельскохозяйственных вузах, в нём представлен теоретический материал и порядок выполнения работ по цитологии, гистологии, морфологии и анатомии вегетативных и генеративных органов и систематике растений. Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки: 35.03.04 Агрономия, 35.03.05 Садоводство, 35.03.01 Лесное дело.

УДК 580(075)
ББК 28.5я7

ISBN 978-5-88575-488-0

© Мельникова Н. А., Нечаева Е. Х., Царевская В. М., Коваленко М. В., Марковская Г. К., 2017
© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2017

Предисловие

Ботаника исследует биологическое разнообразие мира растений, систематизирует и классифицирует растения, исследует их строение, географическое распространение, эволюцию, историческое развитие, биосферную роль, полезные свойства, ищет рациональные пути сохранения и охраны флоры. Основная цель ботаники как науки – получение и обобщение новых знаний о мире растений во всех проявлениях его существования.

Целью практикума является изучение основ общей ботаники, приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков, необходимых для освоения программ дисциплин базового цикла подготовки бакалавров, а так же формирование у студентов компетенций для решения профессиональных задач по изучению и научно-обоснованному подбору видов, пород и сортов плодовых, овощных, полевых культур для выращивания в различных агроэкологических условиях.

В процессе работы с практикумом обучающийся должен:

получить знания о строении основных вегетативных органов покрытосеменных растений на клеточном, тканевом и органном уровнях, их метаморфозов;

изучить строение генеративных органов покрытосеменных и процесс образования семян и плодов;

изучить основы систематики растений и основные характеристики споровых и семенных растений с учетом жизненных форм;

получить представление о многообразии мира растений, эволюции их структурно-функциональной организации в ходе приспособления к изменяющимся условиям жизни на Земле;

освоить основы экологии травянистых и древесных растений для обеспечения возможности их использования в сельском и лесном хозяйстве.

Представленный в практикуме материал в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования способствует формированию следующей профессиональной компетенции: способность к лабораторному анализу образцов растений и продукции растениеводства.

Работа 1. Устройство микроскопа и правила работы с ним

Цель работы: изучить основные части микроскопа, их устройство и назначение; освоить правила работы с микроскопом и технику изготовления временных препаратов.

Материалы и оборудование: микроскоп «Биолам», предметные и покровные стекла, листья элодеи или валиснерии.

Биологический микроскоп – это оптический прибор, при помощи которого можно получить увеличенное обратное изображение изучаемого объекта и рассмотреть мелкие детали его строения, размеры которых лежат далеко за пределами разрешающей способности глаза. Устройство и эксплуатация светового микроскопа довольно просты. Однако неумелое или невнимательное пользование прибором влечет за собой его порчу. Поэтому необходимо хорошо усвоить, из каких частей состоит микроскоп и их назначение. Следует строго соблюдать правила работы с микроскопом (рис. 1.1).

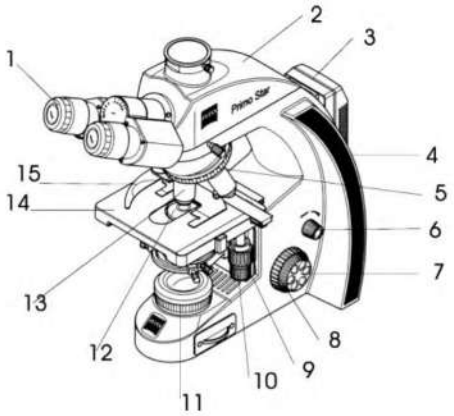


Рис. 1.1. Строение микроскопа:
1 – окуляр; 2 – тубус; 3 – сетевой блок; 4 – тубусодержатель; 5 – револьвер для объективов; 6 – поворотная ручка для включения, выключения и регулировки интенсивности освещения; 7 – микровинт для точной настройки; 8 – макровинт для грубой настройки; 9 – ручка для перемещения предметного столика в направлении *X*; 10 – ручка для перемещения предметного столика в направлении *Y*; 11– осветитель; 12 – конденсор; 13 – объектив; 14 – предметный столик; 15 – пружинный рычаг объектодержателя

У микроскопа можно выделить следующие части: оптическую систему, осветительное устройство и механическую систему. Механическая система состоит из подставки, тубусодержателя, тубуса, предметного столика, револьвера, макро- и микрометренных винтов, служащих для наведения на резкость.

К осветительному устройству, предназначенному для направления света на препарат, установки оптимального освещения объекта и регулировки силы освещения, относятся трансформатор (характерен не для всех микроскопов), встроенная лампа, конденсор, диафрагма и матовые стекла. У некоторых микроскопов вместо встроенного осветителя имеется зеркало, а осветитель ставится отдельно.Окуляр служит для рассмотрения изображения объекта, даваемого объективом, т.е. выполняет роль лупы. Он состоит из 2-3 линз и дает дополнительное увеличение объекта, значение которого указано на его оправе. Общее увеличение складывается из произведения увеличения объектива и окуляра.

Отчетливость получаемого изображения определяется *разрешающей способностью микроскопа,* которая зависит от длины волны используемого света и *числовой апертуры* оптической системы микроскопа (ее значение указано на оправе объектива). Чем больше значение числовой апертуры, тем выше разрешающая способность.

Повысить разрешающую способность микроскопа можно, увеличив показатель преломления среды, граничащей с линзой. Для этого между фронтальной линзой объектива и исследуемым объектом помещают каплю жидкости с высоким значением показателя преломления, например каплю воды (n = 1,3), глицерина (n = 1,4) или кедрового масла (n = 1,5). Для каждой указанной жидкости существуют специальные объективы, которые называются *иммерсионными.*

Порядок работы с микроскопом

Правила обращения с биологическими микроскопами

Выполняют последовательно все операции по правилам, которые необходимо соблюдать при работе с микроскопом.

1. Работают с микроскопом всегда сидя. Высота табурета или стула должна быть такой, чтобы можно было смотреть в окуляр, сидя прямо, не сгибаясь и не вытягиваясь.

2. Ставят микроскоп у края стола так, чтобы окуляр находился

против левого глаза, и в течение работы его не передвигают. Тетрадь и все предметы, необходимые для работы, располагают справа от микроскопа.

3. Открывают полностью диафрагму, поднимают конденсор в крайнее верхнее положение, чтобы его фронтальная линза находилась на одном уровне с предметным столиком. Если столик не отцентрирован, его передвигают при помощи винтов так, чтобы линза конденсора попала в центр отверстия столика.

4. Ставят объектив Х8 в рабочее положение – на расстояние 1 см от предметного столика. Работу с микроскопом всегда начинают с малого увеличения.

5. Глядя левым глазом в окуляр и пользуясь вогнутым зеркалом, направляют свет от окна (но не прямой солнечный) или электрической лампы (если она не матовая, то в кольцо под конденсором вкладывают матовое стекло) в объектив и максимально и равномерно освещают поле зрения. Если микроскоп снабжен осветителем, то добиваются оптимального освещения поля зрения.

6. Препарат помещают на предметный столик так, чтобы изучаемый объект находился под объективом, и, глядя сбоку, опускают объектив при помощи винта грубой наводки до тех пор, пока расстояние между фронтальной линзой объектива и препаратом не станет 4-5 мм.

7. Глядя левым глазом в окуляр и вращая винт грубой наводки на себя, плавно поднимают объектив до положения, при котором хорошо видно изображение объекта. Передвигая препарат рукой, находят нужное место, располагают его в центре поля зрения и закрепляют препарат клеммами. Если изображение не появилось (проскочило), то надо повторить все операции пунктов 5 и 6 сначала.

Нельзя смотреть в окуляр и опускать объектив, вращая винт грубой наводки от себя, так как при этом фронтальная линза может раздавить покровное стекло и на ней появятся царапины.

8. Добиваются большей четкости изображения, приведя в соответствие диаметры пучка света, попадающего в объектив, и фронтальной линзы объектива. Для этого вынимают окуляр и, глядя в тубус, медленно закрывают отверстие диафрагмы до тех нор, пока ее края не появятся на границе выходного зрачка объектива.

При слишком сильном освещении увеличивают контрастность изображения, опуская конденсор.

9. Для изучения какого-либо участка объекта при большом увеличении ставят этот участок в центр поля зрения, передвигая препарат рукой. После этого поворачивают револьвер так, чтобы объектив Х40 занял рабочее положение (объектив не поднимать!). Смотрят в окуляр – изображение объекта будет нечетким. При помощи микрометренного винта добиваются хорошего изображения объекта. На коробке микрометренного механизма имеются две риски, а на микрометренном винте – точка, которая должна все время находиться между рисками. Если она выходит за их пределы, ее необходимо возвратить в нормальное положение.

При несоблюдении этого правила микрометренный винт может перестать действовать. Тогда его возвращают в нормальное положение, вращая в противоположную сторону.

Если при установке объектива Х40 изображения нет совсем, добиваются его получения осторожным вращением винта грубой наводки на себя. И лишь после этого проводят фокусировку объекта при помощи микрометренного винта. Устанавливают оптимальный диаметр ирисовой диафрагмы для объектива Х40.

10. Передвигают препарат при большом увеличении, только перемещая столик.

11. По окончании работы с большим увеличением поворачивают револьвер, устанавливают малое увеличение и снимают препарат. Нельзя вынимать препарат из-под объектива Х40, так как рабочее расстояние его равно 0,6 мм и во время перемещения стекла легко можно испортить фронтальную линзу.

Правила приготовления микропрепаратов

Для приготовления временных микропрепаратов необходимо иметь набор предметных и покровных стекол, препаровальные иглы, пипетку, безопасную бритву, скальпель, стеклянную палочку, фильтровальную бумагу, реактивы. Перед началом работы предметное и покровное стекла хорошо промывают водой и насухо протирают мягкой тряпочкой. Далее тонкий срез изучаемого растительного объекта помещают в каплю воды и сверху накрывают покровным стеклом. Покровное стекло обычно берут за края большим и указательным пальцами. Одну из свободных сторон стекла медленно опускают на препарат, слегка смочив в жидкости. Если жидкость на препарате выступает за края покровного стекла, ее удаляют фильтровальной бумагой. При необходимости

окрашивания препарата реактивом воду из-под покровного стекла отсасывают с помощью фильтровальной бумаги, а капельку реактива наносят с противоположной стороны на край покровного стекла.

Задания

1. Изучить устройство микроскопа и правила работы с ним.
2. Обозначьте на рисунке в тетради основные части микроскопа, относящиеся к оптической и механической системам, указать их назначение.
3. Освоить методику изготовления временных препаратов.
4. Зарисовать клетки элодеи или валиснерии и сделать обозначения видимых в микроскоп компонентов клетки, стрелочками показать направления движения цитоплазмы.
5. Пользуясь учебной литературой, изучить строение растительной клетки. Сделать рисунок, обозначить все её части.

Порядок работы

1. Готовят временный препарат листа элодеи или валиснерии.
2. Рассматривают строение листа под микроскопом сначала при малом, а затем при большом увеличении. Обращают внимание на компоненты клетки, видимые в микроскоп. На ядро, вакуоли, хлоропласты. При малом увеличении наблюдают за движением цитоплазмы.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково рабочее расстояние объективов малого и большого увеличения?
2. Какие элементы входят в состав механической и осветительной частей микроскопа, и каково их значение?
3. Назовите значение оптической части микроскопа и ее составляющих. Дайте характеристику объективов.
4. Что такое разрешающая способность микроскопа, и каковы способы ее увеличения?
5. Каков порядок работы с микроскопом?

Работа 2. Строение растительной клетки. Хлоропласты

Цель работы: изучить строение растительной клетки, её основных структур: ядро, цитоплазму, хлоропласты.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, предметные и покровные стекла, постоянный препарат эпидермиса лука, листья элодеи или валиснерии.

Клетка – это элементарная живая система, которая является основой строения, развития и функционирования всех живых организмов. Она представляет собой самовоспроизводящуюся систему, которая обособлена от внешней среды и сохраняет определенный химический состав, но одновременно осуществляет постоянный обмен веществ со средой.

Растения – эукариоты. В эукариотических клетках ядро отделено от цитоплазмы ядерной оболочкой.

Форма и размеры растительных клеток очень разнообразны и зависят от их местоположения и функций, которые они выполняют. Плотно сомкнутые клетки чаще всего имеют форму многогранников, что определяется их взаимным давлением, на срезах они обычно выглядят как 4-6 – угольники. Клетки, диаметр которых по всем направлениям приблизительно одинаков, называются паренхимными. Прозенхимными клетки сильно вытянуты в длину, их длина превышает ширину в 5-6 и более раз. В отличие от клеток животных, взрослые клетки растений всегда имеют постоянную форму, что объясняется присутствием жесткой клеточной стенки.

В растительной клетке можно выделить три основные части: 1) углеводную клеточную стенку, окружающую клетку снаружи; 2) протопласт – живое содержимое клетки; 3) вакуоль – пространство в центральной части клетки, заполненное водянистым содержимым клеточным соком. Клеточная стенка и вакуоль являются продуктами жизнедеятельности протопласта (рис. 2.1).

Протопласт – активное живое содержимое клетки. Протопласт представляет собой чрезвычайно сложное образование, дифференцированное на различные компоненты, называемые органеллами (органоидами), которые имеют характерное строение и выполняют специфические функции.

К органеллам клетки относятся ядро, пластиды, митохондрии,

рибосомы, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, микротельца. Органеллы погружены в гиалоплазму. Гиалоплазма с органеллами, за вычетом ядра, составляет цитоплазму клетки. От клеточной стенки протопласт отделен наружной мембраной – плазмалеммой, от вакуоли – внутренней мембраной – тонопластом.

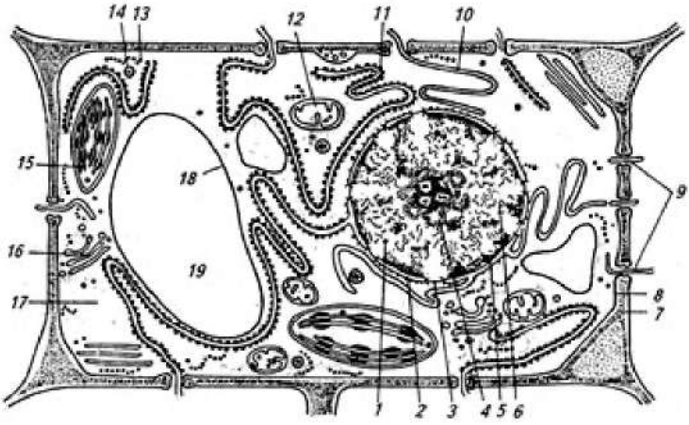


Рис. 2.1. Строение растительной клетки
по данным электронной микроскопии:
1 – ядро; 2 – ядерная оболочка; 3 – ядерная пора; 4 – ядрышко; 5 – хроматин; 6 – кариоплазма; 7 – клеточная стенка; 8 – плазмалемма; 9 – плазмодесмы; 10 – агранулярная эндоплазматическая сеть; 11 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 12 – митохондрия; 13 – рибосомы; 14 – лизосома; 15 – хлоропласт; 16 – диктиосома; 17 – гиалоплазма; 18 – тонопласт; 19 – вакуоль

Биологические мембраны состоят из фосфолипидов и белков – липопротеидов. Молекулы липидов образуют структурную основу мембран и располагаются двумя параллельными слоями. Молекулы белков располагаются несплошным слоем на поверхности липидного каркаса с одной или обеих его сторон, часть их погружена в этот каркас, а некоторые проходят через него насквозь. Большинство мембранных белков представлено различными ферментами.

Одно из основных свойств биологических мембран – их избирательная проницаемость (полупроницаемость): одни вещества проходят через них с трудом или вообще не проходят (барьерное

свойство), другие проникают легко.

Ядро – основная и обязательная часть эукариотической клетки. Ядро является центром управления обменом веществ клетки, ее ростом и развитием, контролирует деятельность всех других органелл. Ядро хранит генетическую информацию и передает ее дочерним клеткам в процессе клеточного деления. Структура ядра одинакова у всех эукариотических клеток. В ядре различают хроматин и ядрышко, которые погружены в кариоплазму; от цитоплазмы ядро отделено двумембранной ядерной оболочкой с порами.

Рибосомы – почти сферические гранулы, состоящие из рибонуклеопротеидов – комплексов РНК и различных структурных белков. Это единственные органеллы эукариотической клетки, которые не имеют мембран. Рибосомы располагаются в цитоплазме клетки свободно, или же прикрепляются к мембранам эндоплазматической сети. Рибосомы – центры синтеза белка в клетке.

Эндоплазматическая сеть представляет собой разветвленную сеть канальцев, пузырьков и цистерн, ограниченных мембранами, пронизывающую гиалоплазму. Эндоплазматическая сеть, несущая на наружной поверхности рибосомы, получила название гранулярной, или шероховатой. Эндоплазматическая сеть, не имеющая рибосом, называется агранулярной, или гладкой. Агранулярная эндоплазматическая сеть принимает участие в синтезе жиров и других липофильных соединений (эфирные масла, смолы, каучук).

Эндоплазматическая сеть прежде всего предназначена для транспортировки веществ. Эндоплазматические сети соседних клеток соединяются через цитоплазматические тяжи – плазмодесмы, которые проходят сквозь клеточные стенки. Эндоплазматическая сеть – центр образования и роста клеточных мембран. Она дает начало таким компонентам клетки, как вакуоли, лизосомы, диктиосомы, микротельца, с её помощью осуществляется взаимодействие между органеллами.

Аппарат Гольджи представляет собой комплекс полостей – цистерн (диоктисом) – с отпочковывающимися пузырьками. Диктиосомы являются центрами синтеза, накопления и выделения полисахаридов, прежде всего пектиновых веществ и гемицеллюлоз матрикса клеточной стенки и слизей. Пузырьки Гольджи транспортируют полисахариды к плазмалемме.

Лизосомы – органеллы, содержащие гидролитические

ферменты, способные расщеплять сложные органические соединения. Представляют собой мелкие цитоплазматические вакуоли и пузырьки. Основная функция лизосом – локальный автолиз – разрушение отдельных участков цитоплазмы собственной клетки, заканчивающееся образованием на ее месте цитоплазматической вакуоли. Локальный автолиз у растений имеет в первую очередь защитное значение: при временном недостатке питательных веществ клетка может сохранять жизнеспособность за счет переваривания части цитоплазмы. Другая функция лизосом – удаление изношенных или избыточных клеточных органелл, а также очищение полости клетки после отмирания ее протопласта.

Митохондрии – округлые или эллиптические, реже нитевидные органеллы, окруженные двумя мембранами. Внутренняя мембрана образует выросты – кристы. Пространство между кристами заполнено жидким содержимым – матриксом. В матриксе находятся рибосомы и собственная ДНК. Митохондрии называют силовыми станциями клетки. В них осуществляется синтез АТФ.

Пластиды – органеллы, характерные только для растений. Различают три типа пластид: 1) хлоропласты (пластиды зеленого цвета); 2) хромопласты (пластиды желтого, оранжевого или красного цвета) и лейкопласты (бесцветные пластиды). Обычно в клетке встречаются пластиды только одного типа.

Хлоропласты – важнейшие органоиды растений, в них протекает фотосинтез, имеют форму двояковыпуклой линзы. Они содержат зеленый пигмент хлорофилл, придающий растениям зеленый цвет, и пигменты, относящиеся к группе каротиноидов. Каротиноиды имеют окраску от желтой и оранжевой до красной и коричневой, но обычно она маскируется хлорофиллом. У водорослей роль фотосинтетического аппарата выполняют хроматофоры. Их форма разнообразна: чашевидная (хламидомонада), лентовидная (спирогира), пластинчатая (пиннулярия) и др. Хроматофоры значительно крупнее, число их в клетке – от 1 до 5.

Хлоропласты имеют двумембранное строение. Наружняя мембрана определяет форму и размер органоида. Внутренняя мембрана образует сложную систему мембран (ламелл), в которой различают мешочки – тилакоиды, собранные в стопки – граны. Жидкое содержимое называется стромой. Строма имеет собственные рибосомы и ДНК. Часто в хлоропластах встречаются крахмальные зерна, это так называемый первичный, или

ассимиляционный крахмал – временное хранилище продуктов фотосинтеза.

Задания

1. Изучить под микроскопом постоянный препарат эпидермиса лука при малом и большом увеличении.

2. Приготовить временный препарат листа элодеи. Рассмотреть строение листа при малом и большом увеличении. Найти прозенхимные и паренхимные клетки.

3. Исследовать под микроскопом содержимое клетки элодеи или валиснерии. Найти хлоропласты.

4. Пользуясь учебной литературой, изучить строение растительной клетки. Сделать рисунок, обозначив все её части.

Порядок работы

1. Рассмотреть при малом и большом увеличении постоянный препарат эпидермиса лука. Изучить строение клетки. Сделать рисунок. Обозначить ядро, клеточную стенку и цитоплазму (рис. 2.2).

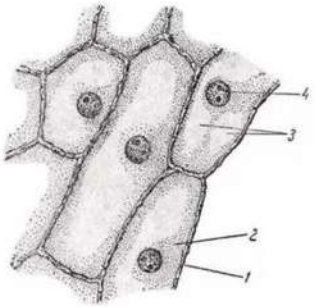


Рис. 2.2. Эпидермис сочной чешуи луковицы лука:
1 – клеточная стенка; 2 – цитоплазма; 3 – вакуоли; 4 – ядро

2. Приготовить временный препарат листа элодеи или валиснерии. Рассмотреть строение листа под микроскопом сначала при малом, а затем при большом увеличении. Обратить внимание на компоненты клетки, видимые в микроскоп. Рассмотреть хлоропласты. При малом увеличении наблюдать за движением цитоплазмы.

Зарисовать 4-5 клеток листа, в каждой клетке нарисовать видимые в микроскоп компоненты клетки, сделать обозначения. Стрелочками показать направления движения цитоплазмы (рис. 2.3).

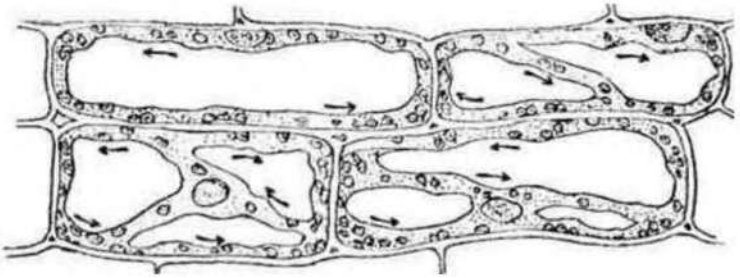


Рис. 2.3. Строение листа элодеи (валиснерии)

Вопросы для самоконтроля

1. Какие клетки называются паренхимными, а какие прозенхимными?
2. В чем отличие между растительной и животной клетками?
3. Какие компоненты клетки можно рассмотреть в оптический микроскоп?
4. Какие компоненты клетки относятся к протопласту, а какие к производным протопласта?
5. Каково строение и значение биологических мембран?
6. Каково строение и функции хлоропластов?

Работа 3. Хромопласты в клетках мякоти зрелых плодов

Цель работы: изучить форму хромопластов в клетках зрелых плодов.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, зрелые плоды рябины, шиповника, боярышника, ландыша.

Хромопласты – пластиды оранжевого, красного и желтого цвета, который обусловлен пигментами, относящимися к группе каротиноидов. Хромопласты встречаются в клетках лепестков многих растений (ноготки, лютик, одуванчик), зрелых плодов (томат, шиповник, рябина, тыква, арбуз), редко – корнеплодов (морковь), а также в осенних листьях.

Внутренняя мембранная система в хромопластах, как правило, отсутствует.

В некоторых случаях (корнеплоды моркови, плоды арбуза) каротиноиды откладываются в виде кристаллов различной формы. Кристалл растягивает мембраны хромопласта, и он принимает его форму: зубчатую, игловидную, серповидную, пластинчатую, треугольную, ромбовидную и др.

Значение хромопластов до конца еще не выяснено. Большинство из них представляют собой стареющие пластиды. Они, как правило, развиваются из хлоропластов, при этом в пластидах разрушаются хлорофилл и внутренняя мембранная структура, и накапливаются каротиноиды. Это происходит при созревании плодов и пожелтении листьев осенью. Косвенное биологическое значение хромопластов состоит в том, что они обусловливают яркую окраску цветков и плодов, привлекающую насекомых для перекрестного опыления и других животных для распространения плодов. В хромопласты могут превращаться и лейкопласты.

Задания

1. Изготовить препараты клеток мякоти плодов двух-трех растений.

2. Исследовать содержимое клеток при большом увеличении и рассмотреть форму хромопластов.

3. Зарисовать одну-две клетки мякоти плодов каждого вида растений и сделать обозначения.

Порядок работы

1. Острием препаровальной иглы надорвать кожицу зрелого плода и достать немного мякоти. Перенести препарат на предметное стекло в каплю воды, разрыхлить и накрыть покровным стеклом.

2. Рассмотреть препарат сначала при малом, а затем при большом увеличении. Найти хромопласты. Обратить внимание на их форму и размеры (рис. 3.1).

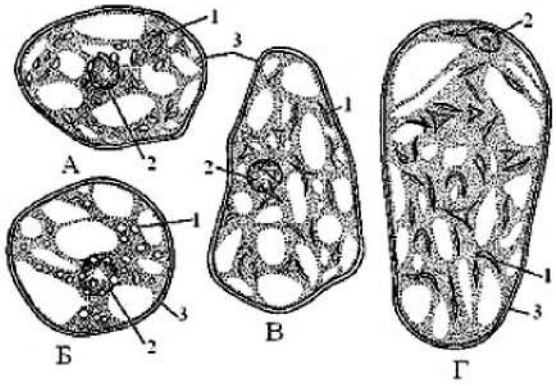


Рис. 3.1. Клетки мякоти зрелых плодов:
А – шиповника; Б – ландыша; В – рябины; Г – боярышника;
1 – хромопласты, 2 – ядро, 3 – клеточная стенка

Вопросы для самоконтроля

1. В клетках каких органов растений чаще всего можно найти хромопласты?
2. В чем заключается различие в строении хромопластов от хлоропластов?
3. Какие пигменты содержат хромопласты?
4. Из каких пластид развиваются хромопласты?
5. Какое значение имеют хромопласты?

Работа 4. Включения растительной клетки. Запасной крахмал

Цель работы: изучить форму и строение крахмальных зерен картофеля.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, предметные и покровные стекла, скальпель, раствор йода в йодиде калия (реактив Люголя), картофель.

Образование включений вызвано избыточным накоплением некоторых продуктов обмена веществ в определенных участках клетки – в вакуоли, гиалоплазме, различных органеллах, реже в клеточной стенке. Эти вещества часто выпадают в осадок в аморфном виде или в форме кристаллов – включений. Включения имеют определенную форму и хорошо видны в световой микроскоп. Включения представляют собой либо запасные вещества (временно выведенные из обмена веществ соединения), либо конечные продукты обмена. К первой категории включений относятся крахмальные зерна, липидные капли и отложения белков; ко второй – кристаллы некоторых веществ.

Крахмальные зерна – наиболее распространенные включения растительных клеток. Полисахарид крахмал – основной тип запасных питательных веществ растений. Пшеничная мука состоит из зерен крахмала почти на 75%, в клубнях картофеля крахмал составляет 20-30%.

Крахмальные зерна образуются в строме пластид. В хлоропластах на свету откладываются зерна ассимиляционного (первичного) крахмала, образующиеся при избытке сахаров – продуктов фотосинтеза. Образование осмотически неактивного крахмала предотвращает повышение осмотического давления в хлоропласте. Ночью, когда фотосинтез не происходит, ассимиляционный крахмал с помощью ферментов гидролизуется до сахаров и транспортируется в другие части растения. Запасной (вторичный) крахмал откладывается в амилопластах клеток различных органов растений (корнях, подземных побегах, семенах) из сахаров, притекающих из фотосинтезирующих клеток (рис. 4.1). При необходимости запасной крахмал также превращается в сахара.

Образование крахмальных зерен начинается в определенных точках стромы пластиды, называемых образовательными

центрами. Рост зерна происходит путем последовательного отложения слоев крахмала вокруг образовательного центра. Расположение слоев может быть концентрическим (пшеница) или эксцентрическим (картофель).

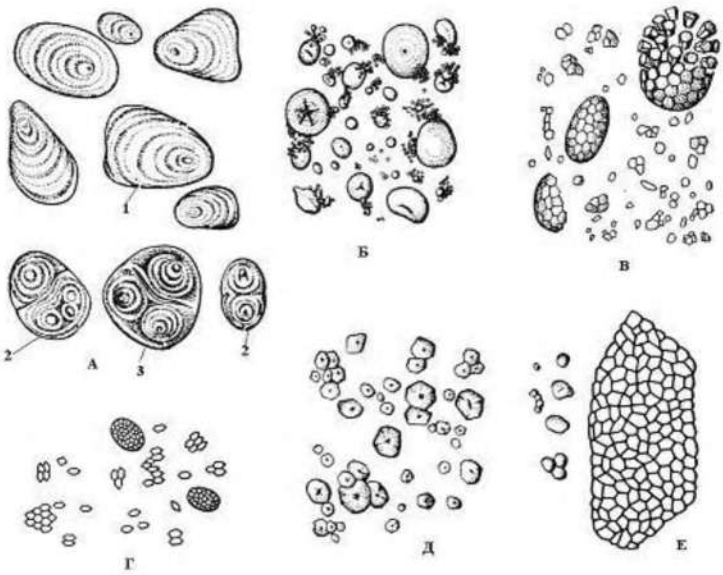


Рис. 4.1. Крахмальные зерна различных видов растений:
А – картофель; Б – пшеница; В – овес; Г – рис; Д – кукуруза; Е – гречиха;
1 – простое зерно; 2 – сложное зерно; 3 – полусложное зерно

Если в амилопласте имеется один образовательный центр, вокруг которого откладываются слои крахмала, то возникает простое зерно, если два и более – то образуется сложное зерно, состоящее как бы из нескольких простых. Полусложное зерно образуется в том случае, если крахмал сначала откладывается вокруг нескольких точек, а затем, после соприкосновения простых зерен, вокруг них возникают общие слои.

Форма, размер, количество в амилопласте и строение (положение образовательного центра, слоистость, наличие или отсутствие трещин) крахмальных зерен часто специфичны для вида растения. Обычно крахмальные зерна имеют сферическую,

яйцевидную или линзовидную форму, однако у картофеля она неправильная. Наиболее крупные зерна (до 100 мкм) характерны для клеток клубней картофеля, в зерновке пшеницы они двух размеров – мелкие (2-9 мкм) и более крупные (30-45 мкм). Для клеток зерновки кукурузы характерны мелкие зерна (5-30 мкм). Сложные крахмальные зерна у риса, овса, гречихи.

Реактивом на крахмал является раствор йода в растворе йодида калия – реактив Люголя. Он окрашивает крахмальные зерна в сине-фиолетовый цвет.

Отложения крахмала широко распространены во всех органах растения, но особенно богаты им семена, подземные побеги (клубни, луковицы, корневища), паренхима проводящих тканей корней и стеблей древесных растений.

Задания

1. Изготовить препарат крахмальных зерен картофеля. Провести реакцию на крахмал раствором йода и йодиде калия (реактив Люголя).

2. Изучить крахмальные зерна картофеля при большом увеличении.

3. Пользуясь учебной литературой изучить и зарисовать крахмальные зерна картофеля, пшеницы, овса, риса, кукурузы, гречихи.

Порядок работы

1. Отрезать небольшой кусочек клубня и провести им в капле воды на предметном стекле. Раствор помутнеет, так как из разрушенных клеток в воду попадают крахмальные зерна. Препарат накрыть покровным стеклом и рассмотреть сначала при малом, а затем при большом увеличении.

2. Внимательно рассмотреть форму и строение крахмальных зерен.

3. Качественной реакцией на обнаружение крахмала является слабый раствор йода в йодиде калия (реактив Люголя). Капнуть реактив под покровное стекло и наблюдать, как меняется окраска крахмальных зерен от слабо – синего до темно-синего и черного.

4. Среди разнообразия крахмальных зерен выбрать простые, сложные и полусложные крахмальные зерна.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличаются ассимиляционный и запасной крахмал?
2. Как, и в какой части клетки образуются крахмальные зерна?
3. Каковы отличия между простым, полусложным и сложным крахмальными зернами?
4. Чем обусловлена слоистость крахмальных зерен?
5. Зависит ли форма крахмальных зерен от вида растений?

Работа 5. Алейроновые зерна в клетках эндосперма зерновки пшеницы и семядолей фасоли

Цель работы: изучить форму и строение алейроновых и крахмальных зерен.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, постоянные препараты поперечного среза зерновки пшеницы и семени фасоли.

Белковые включения в виде разнообразных аморфных или кристаллических отложений образуются в различных органеллах клетки. Запасные белки в наибольшем количестве откладываются в запасающей ткани сухих семян в виде алейроновых зерен, или белковых телец. Запасные белки относятся к категории простых белков – протеинов, в отличие от сложных конституционных белков – протеидов, составляющих основу протопласта.

Алейроновые зерна обычно имеют сферическую форму и различный размер (0,2-20 мкм). Они окружены мембраной и содержат аморфный белковый матрикс, в который погружены кристаллические включения – один (реже, 2-3) белковый кристалл ромбоэдрической формы и округлые глобоиды (от одного до многих). Глобоиды состоят из фитина и являются местом хранения запасного фосфора. Алейроновые зерна, содержащие кристаллы, называют сложными. Они характерны для запасающих клеток семян масличных растений (лен, подсолнечник, тыква, горчица, клещевина и др.). Реже встречаются простые алейроновые зерна, не содержащие кристаллов, а только аморфный белок (бобовые, рис, кукуруза) (рис. 5.1, 5.2).

Запасные белки во время развития семян откладываются в вакуоли. При созревании семян, сопровождающемся их обезвоживанием, белковые вакуоли высыхают, белок и фитин выпадают из раствора в осадок и могут кристаллизоваться. При прорастании семян алейроновые зерна поглощают воду, набухают и постепенно превращаются в типичные вакуоли. Белки и вещества глобоидов расходуются на рост и развитие проростка.

Белковые включения можно окрасить слабым раствором йода в йодиде калия (реактив Люголя) в золотисто-желтый цвет.

Задания

1. Рассмотреть в микроскоп препарат поперечного среза зерновки пшеницы и семядоли фасоли.

2. Провести анализ строения семян однодольных и двудольных растений.

3. Зарисовать общий вид изученных семян и их внутреннее строение, сделать обозначения.

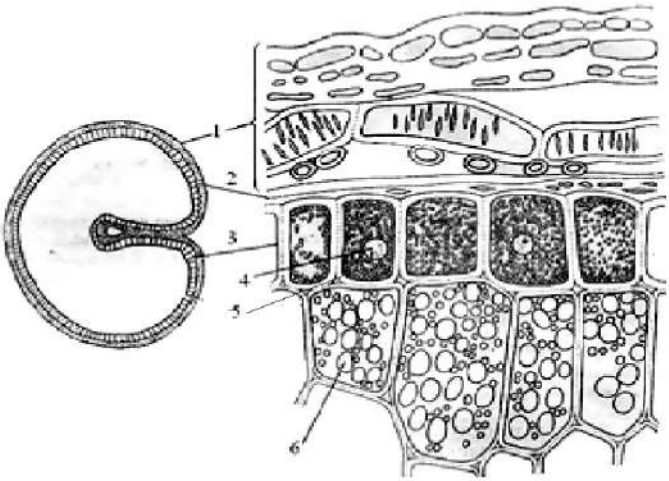


Рис. 5.1. Зерновка пшеницы на поперечном срезе:
1 – околоплодник; 2 – спермодерма; 3 – алейроновый слой; 4 – ядро;
5 – алейроновые зерна; 6 – клетки эндосперма с крахмальными зернами;
7 – крахмальные зерна

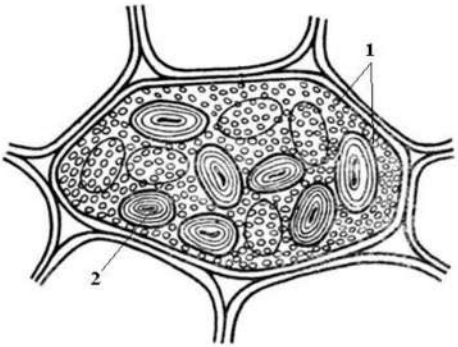


Рис. 5.2. Простые алейроновые и крахмальные зерна в клетке семядоли семени фасоли:
1 – простые алейроновые зерна; 2 – крахмальное зерно

Порядок работы

Для изучения алейроновых зерен используются готовые постоянные препараты зерновки пшеницы и семядолей фасоли.

1. Рассмотреть под микроскопом постоянный препарат поперечного среза зерновки пшеницы сначала при малом увеличении. Обратить внимание на золотистую полоску алейронового слоя, расположенного сразу же под спермодермой и околоплодником.

2. Затем при большом увеличении найти плотно сомкнутые клетки кубической формы алейронового слоя, заполненные мелкими алейроновыми зернами.

3. Рассмотреть: околоплодник, спермодерма, алейроновый слой, ядро, алейроновые зерна, клетки эндосперма с крахмальными зернами, крахмальные зерна.

4. Рассмотреть под микроскопом постоянный препарат поперечного среза семядоли фасоли при малом и большом увеличении. Найти алейроновые зерна.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличаются запасные и конституционные белки?
2. Как, и в каких частях клетки образуются алейроновые зерна?
3. В каких органах растения накапливается запасной белок?
4. Чем отличаются простые и сложные алейроновые зерна?
5. Перечислите культуры с высоким содержанием белка.

Работа 6. Деление клетки

Цель работы: изучить типы деления клеток – митоз и мейоз.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, постоянный препарат кончика корня лука, демонстрационные таблицы.

Митоз – это универсальная форма деления ядра, сходная у растений и животных. В нем различают четыре фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Период между двумя митотическими делениями называется интерфаза. В интерфазу удваивается ДНК, т.е. происходит ее репликация. Процесс удвоения идет по принципу комплементарности и в результате в каждой хромосоме содержится по две молекулы ДНК (две хроматиды – дочерние хромосомы), соединенных перетяжкой (центромерой). Кроме того, накапливается энергия в виде молекул АТФ, увеличивается количество РНК, синтезируются белки.

Профаза: в ядре происходит спирализация ДНК и хромосомы становятся видны в световой микроскоп. Каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных центромерой. Ядрышки изчезают. Центриоли расходятся к полюсам клетки и из белковых нитей – микротрубочек начинает образовываться веретено деления. Ядерная оболочка разрушается.

Метафаза: хромосомы располагаются по экватору, и к их центромерам прикрепляются нити веретена деления.

Анафаза: центромеры делятся, нити веретена деления сокращаются, хроматиды расходятся к полюсам клетки, т.е. наследственный материал распределяется равномерно.

Телофаза: дочерние хромосомы деспирализуются (раскручиваются). Формируются ядерные оболочки и ядрышки. Нити веретена деления распадаются.

В телофазе происходит деление цитоплазмы – цитокинез. Сначала между двумя дочерними ядрами появляются многочисленные волокна, совокупность этих волокон имеет форму цилиндра и называется фрагмопласт. В центре фрагмопласта скапливаются пузырьки Гольджи, содержащие пектиновые вещества. Они сливаются друг с другом и дают начало клеточной пластинке, а ограничивающая их мембрана становится частью плазмалеммы.

Митотический цикл – это период существования клетки от одного деления до следующего. Он состоит из интерфазы и митоза. Продолжительность митоза колеблется от 1 до 24 часов. В результате митоза и последующей интерфазы клетки получают одинаковую наследственную информацию и содержат идентичные по числу, размеру и форме с материнскими клетками хромосомы.

Митоз характерен для соматических клеток. Он лежит в основе роста и бесполого размножения растений. Определяет генетическую стабильность, так как дочерние клетки являются точной копией родительской клетки (рис. 6.1).

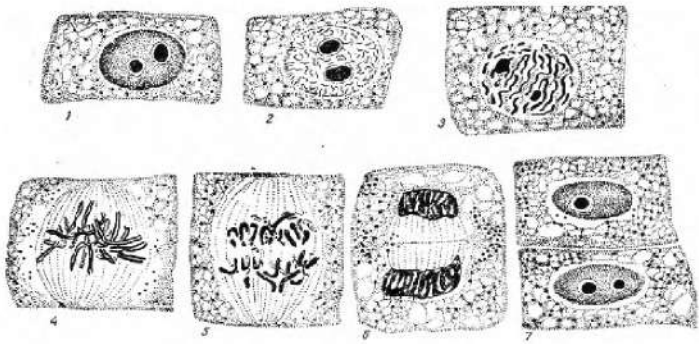


Рис. 6.1. Схема митоза и цитокинеза клетки:
1 – интерфаза; 2, 3 – профаза; 4 – метафаза; 5 – анафаза;
6 – телофаза и образование клеточной пластинки; 7 – две дочерние клетки в интерфазе

Мейоз – редукционное деление клеток, которое приводит к образованию гамет. При мейозе происходит редукция (уменьшение) числа хромосом: из исходной клетки с диплоидным набором хромосом (2n) возникает четыре гаплоидные клетки с одинарным набором (n) хромосом.

Мейозу, так же как и митозу, предшествует фаза подготовки – интерфаза. В эту интерфазу происходит репликация (удвоение) ДНК, синтез белков, РНК, АТФ.

Мейоз включает два следующих друг за другом деления, каждое из которых проходит в четыре фазы (рис. 6.2).

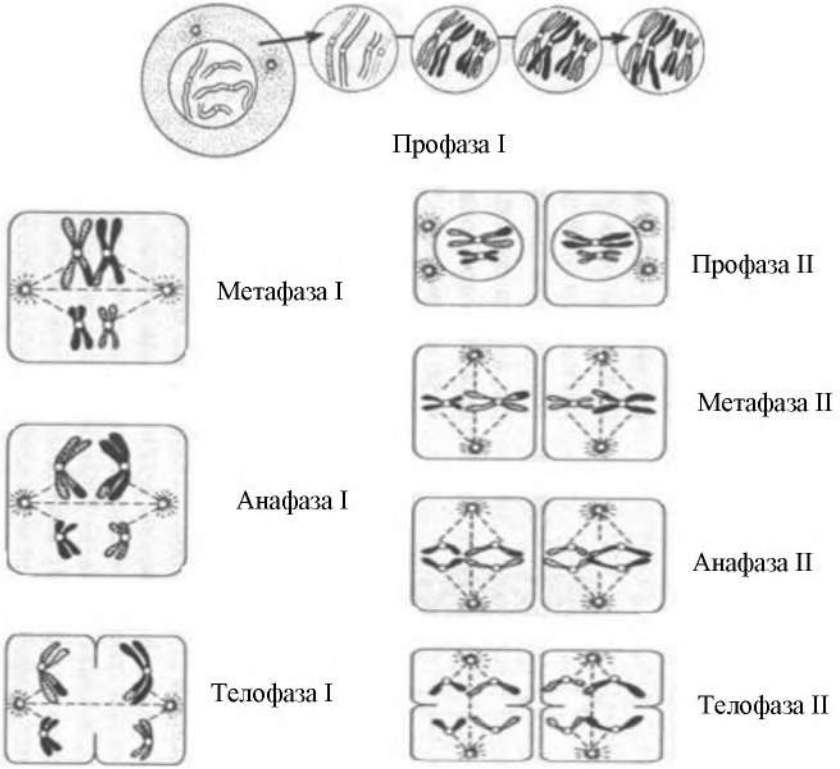


Рис. 6.2. Основные стадии мейоза

Первое деление мейоза.

Профаза I: в ядре происходит спирализация ДНК и хромосомы становятся видны в световой микроскоп. Каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных центромерой. Ядрышки изчезают. Центриоли расходятся к полюсам клетки и из белковых нитей – микротрубочек начинает образовываться веретено деления. Гомологичные хромосомы объединяются попарно (коньюгация), образуя биваленты. В бивалентах может происходить обмен идентичными участками. Этот процесс называется кроссинговер. Он приводит к появлению нового сочетания генов. Ядерная оболочка разрушается.

Метафаза I: гомологичные хромосомы в бивалентах располагаются по экватору и к их центромерам прикрепляются нити

веретена деления.

Анафаза I: нити веретена деления сокращаются и из каждой пары гомологичных хромосом к полюсам клетки направляются по одной хромосоме, т.е. происходит редукция (уменьшение) числа хромосом в два раза.

Телофаза I: дочерние хромосомы деспирализуются (раскручиваются). Формируются ядерные оболочки и ядрышки. Нити веретена деления распадаются. Образуется оболочка клетки, которая разделяет цитоплазму на две дочерние клетки.

Далее наступает короткая интерфаза. В течение ее репликации ДНК не происходит, а лишь синтезируются белки, АТФ, РНК.

Второе деление мейоза следует за интерфазой и проходит как митоз включая фазы: профаза II, метафаза II, анафаза II, телофаза II.

Значение мейоза состоит не только в обеспечении постоянства числа хромосом у организмов из поколения в поколение при половом размножении. Благодаря случайному распределению гомологичных хромосом и обмену их отдельными участками, образующиеся в мейозе половые клетки содержат разнообразнейшие сочетания хромосом. Это обеспечивает разнообразие хромосомных наборов, повышает изменчивость признаков у последующих поколений и, таким образом, дает материал для эволюции организмов.

Задания

1. На постоянном препарате кончика корня лука найти при большом увеличени клетки отражающие все фазы митоза.

2. Пользуясь литературными источниками изучить митоз и мейоз. Проанализировать принципиальные отличия.

3. Зарисовать и обозначить все фазы митотического и мейотическкого циклов.

Порядок работы

1. Рассмотреть под микроскопом при малом и большом увеличении постоянный препарат кончика корня лука.

2. Найти и изучить клетки, находящиеся в разных фазах митоза.

3. Зарисовать стадии мейоза.

Вопросы для самоконтроля

1. В какой период митотического цикла генетический материал клетки удваивается?
2. В какой фазе митоза заканчивается формирование митотического аппарата?
3. В какой фазе митоза происходит деление центромер?
4. В какой фазе митоза хроматиды расходятся к полюсам клетки?
5. В какой фазе митоза заканчивается деспирализация сестринских хроматид?
6. В какой фазе митоза начинается разделение цитоплазмы и ее органоидов в дочерние клетки?
7. В какой фазе митоза начинается синтез срединной пластинки?
8. Назовите значение митоза.
9. В какой стадии мейоза происходит конъюгация хромосом?
10. Что такое кроссинговер?
11. Когда образуются биваленты?
12. Чем отличается анафаза I от анафазы II?
13. В какой фазе мейоза к полюсам расходятся хромосомы?
14. В какой стадии мейоза к полюсам расходятся хроматиды?
15. Какой набор хромосом имеют гаметы?
16. Назовите значение мейоза.
17. В чем заключается различия деления клетки митозом и мейозом?

Работа 7. Образовательные ткани. Первичная меристема

Цель работы: изучить особенности строения клеток образовательных тканей и их локализацию в разных органах растений.

Материалы и оборудование: постоянный микропрепарат продольного среза верхушечной почки побега элодеи (Elodea canadensis).

Меристема обусловливает рост органов растения в длину и толщину в связи с делением клеток и их дифференциацией. Различают первичную и вторичную меристемы. Первичная меристема возникает в самом начале развития нового организма из оплодотворенной яйцеклетки, которая путем деления образует зародыш. В проростке она присутствует в виде конуса нарастания стебля и корня.

В основании конуса нарастания в первичной меристеме закладывается прокамбий. При этом клетки меристемы делятся преимущественно продольными перегородками, удлиняются путем скользящего роста, концы их заостряются. Так возникает прокамбиальный тяж, состоящий из прозенхимных меристематических клеток, из которых впоследствии дифференцируются проводящие и механические ткани или вторичная меристема – камбий. Вторичной называют меристему, возникшую из какой-либо уже дифференцированной ткани.

Ткани, которые образуются из первичной меристемы, называют первичными, а из вторичной меристемы – вторичными.

Задания

1. Ознакомиться с общими чертами микроскопического строения верхушки стебля и отличительными признаками меристемы конуса нарастания, рассмотрев постоянный микропрепарат продольного среза верхушечной почки элодеи.

2. Сделать в тетради обозначения строения верхушечной почки элодеи.

Порядок работы

1. Рассматривают первичную меристему верхушки стебля водяного растения элодеи. Для этого лучше всего воспользоваться постоянным препаратом, окрашенным гематоксилином.

2. Находят при малом увеличении в центральной части продольного разреза почки удлиненный конус нарастания с верхушкой округлой формы (рис. 7.1). Над конусом нарастания виден как бы свод, образованный листьями, идущими от основания почки.

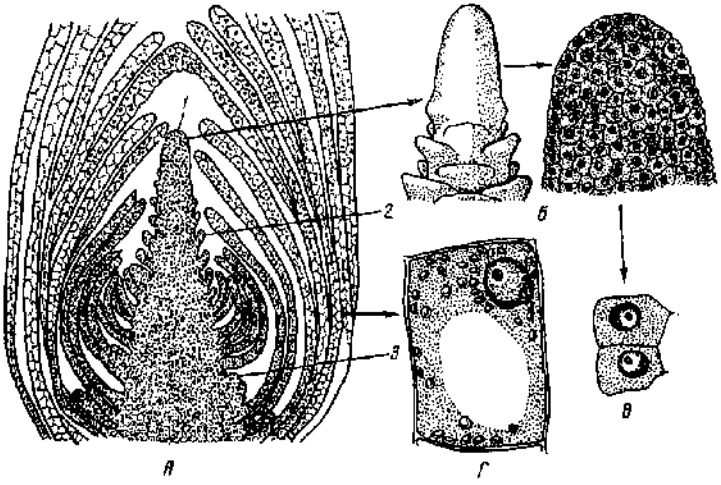


Рис. 7.1. Верхушечная почка побега элодеи (Etodea canadensis):
А – продольный разрез; Б – конус нарастания (внешний вид и разрез);
В – клетки первичной меристемы; Г – клетка из сформировавшегося листа;
1 – конус нарастания; 2 – зачаток листа; 3 – бугорок пазушной почки

3. Прослеживают возникновение и рост этих листьев, постепенно передвигая препарат. Так, на некотором расстоянии от конуса нарастания на поверхности стебля появляются бугорки – это самые молодые зачатки листьев. Чем ниже по стеблю, тем бугорки больше, постепенно они вытягиваются, приобретают форму листьев (примордии). Над основанием (в пазухе) более крупных листьев имеется еще по одному бугорку, из которых в дальнейшем образуются пазушные почки, они дадут начало боковым ветвям.

4. Обозначают в тетради конус нарастания, листовые бугорки и бугорки пазушных почек.

5. Рассматривают конус нарастания при большом увеличении. Отмечают, что он образован паренхимными клетками. В центре клетки находится крупное темноокрашенное ядро. Границы клеток различаются с трудом, так как стенки их тонкие и прозрачные, а густая цитоплазма окрашена довольно интенсивно.

Если переместить препарат и рассмотреть клетки, расположенные ниже, можно заметить, что по мере удаления от конуса нарастания содержимое клеток становится светлее, в цитоплазме появляются вакуоли, а размеры самих клеток увеличиваются. Стенки клеток теперь видны четко. Величина ядер почти не изменяется, поэтому ядро занимает относительно меньшую часть разросшейся клетки. Такое превращение меристемы в специализированную ткань особенно хорошо выражено в крупных листьях, прикрывающих конус нарастания.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы характерные признаки меристематической ткани?
2. Какой тип деления характерен для клеток меристематической ткани?
3. В чем отличие первичной меристемы от вторичной?
4. Как классифицируют меристемы по расположению?
5. Деятельность какой меристемы обусловливает нарастание органа в длину и какой – в толщину?
6. Функционирование какой меристемы обусловливает приподнимание полегших стеблей мятликовых?
7. За счет чего идет зарастание ран на органах растения?
8. Какие различия в структуре между клеткой меристемы и дифференцированной клеткой листа?

Работа 8. Покровные ткани. Первичный, вторичный и третичный покровные комплексы

Цель работы: изучить строение и отличительные признаки различных видов покровных тканей; научиться находить их на препаратах.

Материалы и оборудование: постоянные препараты эпидермы листа, одно- или двухлетняя ветвь бузины (Sambucus racemosa); корки березы (Betula verrucosa), сосны (Pinus sylvestris).

Покровные ткани предохраняют органы растения от высыхания, а также от воздействия высоких и низких температур, механических повреждений и других неблагоприятных факторов внешней среды. Классифицируют их по происхождению.

Первичная покровная ткань – эпидерма – образуется из верхнегослоя клеток апикальной первичной меристемы стебля – протодермы. У большинства растений она состоит из одного слоя плотно сомкнутых клеток. Стенка клетки, граничащая с внешней средой, более толстая, чем остальные. Клетки эпидермы выделяют на ее поверхность слои кутина и воска (кутикула). Хлоропластов в этих клетках мало, и они фотосинтетически неактивны. В эпидерме есть особые образования – устьичные аппараты, выполняющие функции газообмена и транспирации. Молодая часть стебля многолетнего растения покрыта эпидермой. Однако вследствие утолщения стебля клетки ее разрываются и отмирают. На смену эпидерме приходит вторичная покровная ткань – пробка (феллема). Ее образование связано с деятельностью вторичной меристемы – пробкового камбия (феллогена), который возникает из субэпидермальных или глубже лежащих клеток, иногда из клеток самой эпидермы. Клетки пробкового камбия делятся тангенциальными перегородками и дифференцируются в центробежном направлении в пробку, а в центростремительном – в слой живых хлорофиллоносных клеток (феллодерму).

Комплекс, состоящий из трех тканей: феллогена, феллемы и феллодермы, называют перидермой. Защитную функцию выполняет только пробка. Она состоит из правильных радиальных рядов плотно сомкнутых клеток, на стенках которых откладывается суберин. В результате опробковения стенок содержимое клеток отмирает. Для транспирации и газообмена в пробке есть особые образования – чечевички. Они резко отличаются от пробки по

структуре. Чечевичка заполнена округлыми клетками, между которыми имеются большие межклетники (выполняющая ткань). Она образуется еще до появления сплошного слоя пробкового камбия в результате деления паренхимных клеток, лежащих под устьичным аппаратом.

Утолщение стебля многолетних растений происходит из года в год. Под напором разрастающегося в толщину стебля перидерма через два-три года разрывается, а в более глубоких слоях коры закладываются новые участки пробкового камбия. Они дают начало новым слоям пробки. Вследствие образования внутренних перидерм наружные ткани изолируются от центральной части стебля, отмирают и деформируются. Таким образом на поверхности стебля образуется комплекс мертвых тканей, состоящий из нескольких слоев пробки и отмерших участков коры. Это и будет корка.

Задания

1. Рассмотреть постоянный препарат эпидермы листа герани и ознакомиться с характерными особенностями этой ткани.

2. Изучить детали строения замыкающих клеток устьичного аппарата, рассмотрев временный препарат эпидермиса листа ириса.

3. Рассмотреть невооруженным глазом или при помощи микроскопа пробку и чечевички ветвей бузины.

4. Сделать обозначения в тетради.

Порядок работы

1. Эпидерма листа ириса. С поверхности листа ириса снимают кусочек эпидермы, захватив ее пинцетом у края надреза, кладут неповрежденной поверхностью вверх в каплю воды на предметное стекло и накрывают покровным стеклом.

На самом тонком месте препарата, где клетки лежат в один слой, при малом увеличении видны длинные клетки эпидермы, между которыми как бы вставлены пары полукруглых маленьких клеток. Это замыкающие клетки устьичного аппарата. При большом увеличении изучают клетки эпидермы. Они имеют толстые стенки с простыми порами, крупные вакуоли, цитоплазму, в которой обычно можно заметить лейкопласты, и ядро. Рассматривают также полукруглые замыкающие клетки устьичного аппарата и щель между ними – устьице. Если материал собран не осенью,

когда хлорофилл разрушается, то замыкающие клетки содержат зеленые пластиды. Вращая микрометренный винт, отмечают, что замыкающие клетки углублены по сравнению с рядом расположенными клетками эпидермы. Стенки замыкающих клеток со стороны эпидермы гораздо тоньше, чем со стороны щели (рис. 8.1).

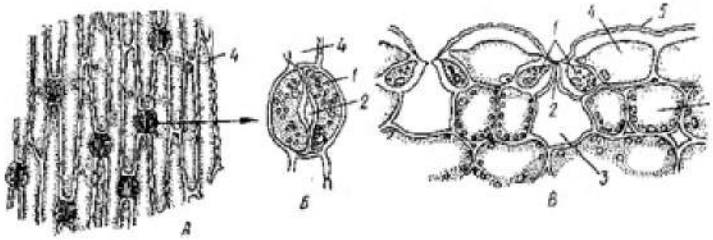


Рис. 8.1. Эпидерма листа ириса (Iris germanica) и герани:
А – эпидерма герани вид с поверхности; Б – устьичный аппарат; В – эпидерма ириса поперечный разрез; 1 – замыкающие клетки, 2 – устьице, 3 – воздушная полость, 4 – клетки эпидермы, 5 – кутикула, 6 – клетки мезофилла

Более полную картину строения устьичного аппарата дает его поперечный разрез. На постоянном препарате поперечного среза листа ириса находят устьичный аппарат на эпидерме нижней части листа и рассматривают его при большом увеличении. Среди относительно крупных клеток эпидермы расположены углубления с двумя маленькими яйцевидными замыкающими клетками, направленными острыми концами друг к другу. Между ними есть щель, а под ними всегда находится крупная воздушная полость. На срезе хорошо видно, что наружная и внутренняя стенки замыкающих клеток, образующие в направлении щели острый угол, сильно утолщены. Это утолщение постепенно уменьшается в направлении от щели. При увеличении тургора тонкая часть стенки растягивается, утолщенные же части растянуться не могут, вследствие этого угол между ними становится тупым, при этом замыкающие клетки в поперечном сечении делаются более округлыми и между ними возникает щель – устьице.

На препарате хорошо заметна кутикула в виде блестящей прозрачной полоски на наружной поверхности клеток эпидермы. На замыкающих клетках она образует острую складку, которая на поперечном разрезе кажется клювовидным выростом. Складки

кутикулы на замыкающих клетках при закрывании щели соприкасаются. Обращают внимание на то, что наружная стенка клеток эпидермы гораздо толще боковых и внутренней.

После внимательного изучения препарата зарисовывают устьичный аппарат с прилегающими клетками эпидермы и мезофилла листа, обозначают: замыкающие клетки, устьице, воздушную полость, клетки эпидермы и мезофилла, кутикулу.

2. Перидерма бузины. Рассматривают постоянный препарат ветки бузины.

При малом увеличении на поверхности стебля обычно видны полуразрушенные плоские клетки эпидермы, за ними следуют правильные радиальные ряды клеток пробки. Протопласты их отмерли. Только во внутренних более мелких клетках кое-где заметны ядра, еще не успевшие разрушиться. Под пробкой лежит слой плоских тонкостенных клеток с густым содержимым. Это – вторичная меристема – пробковый камбий. С внутренней стороны от него находится слой феллодермы. Расположение ее клеток такое же, как и у лежащих над ней клеток пробкового камбия, из которых она дифференцировалась. Только по этому признаку и можно отличить клетки феллодермы от лежащей глубже основной ткани коры. Три рассмотренных слоя (пробка, пробковый камбий и феллодерма), составляющих перидерму, изучают при большом увеличении.

Чечевичку рассматривают при малом увеличении. Она имеет двояковыпуклое очертание (отсюда ее название). Большая часть чечевички заполнена рыхло сложенными, более или менее округлившимися клетками, которые чередуются с более плотными их слоями (рис. 8.2). В наружной части этой ткани есть трещины. Пробковый камбий под чечевичкой усиленно делится. Это определяют по тому, что несколько слоев, им отложенных, не успели еще дифференцироваться в постоянную ткань и на вид не отличимы от камбия. Слои пробки легко узнать по характерному расположению клеток правильными радиальными столбиками. Между слоями пробки лежат потемневшие участки отмерших тканей, главным образом основной паренхимы. В более глубоких слоях корки встречаются участки механической и проводящей тканей. Таким образом, корка, покрывающая старый ствол дерева, представляет собой комплекс тканей. Наружные слои ее постепенно разрушаются и сбрасываются.

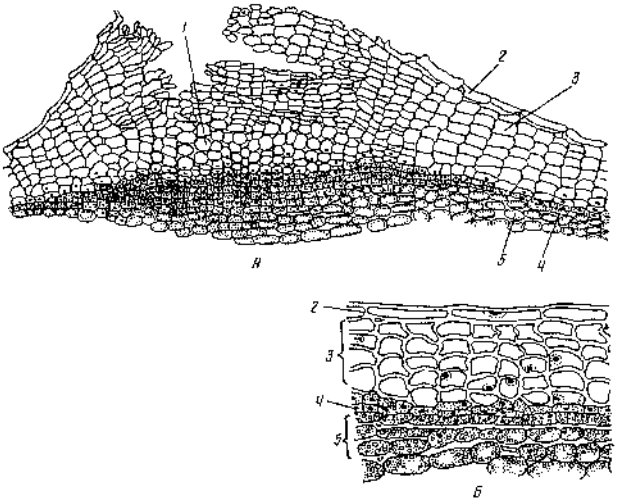


Рис. 8.2. Перидерма стебля бузины (Sambucus racemosa):
А – чечевичка; Б – участок перидермы; 1 – выполняющая ткань;
2 – остатки эпидермы; 3 – пробка (феллема);
4 – пробковый камбий (феллоген); 5 – феллодерма

3. *Строение корки дуба* можно рассмотреть на препарате тонкого поперечного среза при малом увеличении (рис. 8.3).

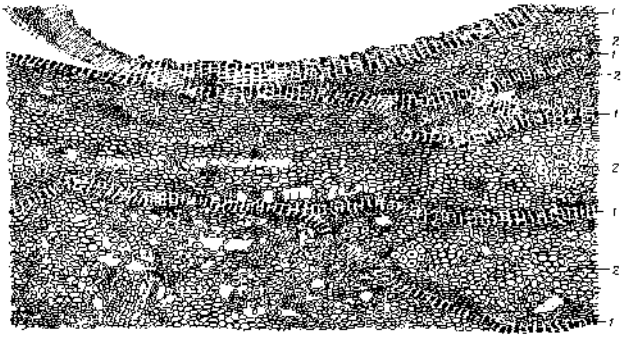


Рис. 8.3. Корка дуба (Quercus robur):
1 – слои пробки; 2 – слои отмерших тканей коры

Вопросы для самоконтроля

1. Почему эпидерму называют первичной покровной тканью?
2. Одинаковой ли толщины стенки имеют клетки эпидермы?
3. Почему между клетками эпидермы нет межклетников?
4. Из скольких слоев клеток состоит эпидерма?
5. Какие органы растения покрыты эпидермой?
6. Из каких компонентов состоит устьичный аппарат? 7. В чем особенность структуры замыкающих клеток? 8. Как функционирует устьичный аппарат?
9. Почему у деревьев и кустарников эпидерма стебля с возрастом заменяется пробкой?
10. В чем отличие в строении клеток пробки и эпидермы?
11. Почему пробку называют вторичной покровной тканью?
12. Благодаря каким особенностям строения пробка выполняет защитную функцию?
13. Частью какого комплекса является пробка? Как через пробку происходят газообмен и транспирация?
14. По каким признакам можно найти феллодерму среди паренхимных клеток коры стебля? Почему па смену пробки приходит корка?
15. Из каких элементов состоит корка?
16. Какие органы растений или их части покрыты перидермой, а какие – коркой?

Работа 9. Основные ткани

Цель работы: изучить строение и отличительные признаки различных видов покровных тканей; научиться находить их на препаратах.

Материалы и оборудование: свежий клубень картофеля (Solanum tuberosum), постоянный микропрепарат поперечного среза стебля рдеста (Potamogeton natans) или фиксированные черешок листа кувшинки (Nymphaea alba) и стебель ситника (Juncus effusus); раствор йода в йодиде калия.

Основные ткани составляют большую часть различных органов растения. Их называют также мякотью, основной паренхимой или просто паренхимой. Основная ткань состоит из живых паренхимных, более или менее округлых клеток с тонкими целлюлозными стенками. Между ними есть межклетники. В клетках обычно заметны вакуоли. Основная паренхима может выполнять какую-либо особую функцию, например, в листе она является ассимилирующей, в молодых корнях – поглощающей, в органах водяных растений пронизана воздухоносными каналами и носит название аэренхимы. Особенно часто основная ткань служит для отложения запасных продуктов.

Поглощающая паренхима будет рассмотрена при изучении корня, ассимиляционная – при изучении листа.

Задания

1. Приготовить препарат среза клубня картофеля и ознакомиться с общими чертами строения запасающей паренхимы.
2. Рассмотреть аэренхиму на постоянном препарате поперечного среза стебля рдеста или на временном препарате поперечного среза черешка листа кувшинки или стебля ситника.
3. Зарисовать запасающую паренхиму картофеля и аэренхиму рдеста, сделать обозначения.

Порядок работы

1. *Запасающая паренхима клубня картофеля.* Сделав тонкий срез с кусочка клубня картофеля, промывают его водой. Затем помещают материал в каплю воды на предметное стекло и накрывают покровным стеклом. При малом увеличении видны крупные тонкостенные клетки округлой формы и межклетники (рис. 9.1). Клетки заполнены крахмальными зернами различного размера.

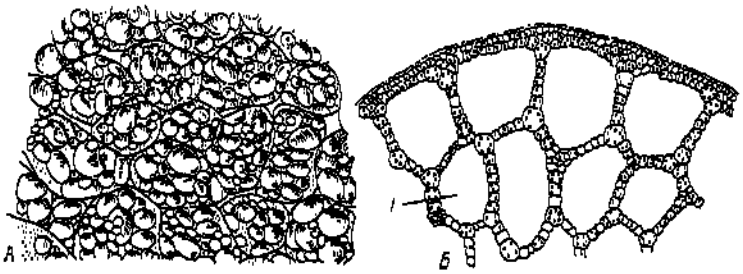


Рис. 9.1. Разновидности запасающих тканей:
А – запасающая паренхима клубня картофеля Solanum tuberosum;
Б – аэренхима стебля рдеста Potamogeton natans;
1 – межклетник

При большом увеличении отмечают, что крахмальные зерна имеют эксцентрическую слоистость и окружены бесцветной цитоплазмой. Если под покровное стекло ввести каплю раствора йода в йодиде калия, то крахмальные зерна окрасятся и будут лучше видны. Зарисовывают несколько клеток и обозначают: крахмальные зерна и межклетники.

2. Аэренхима рдеста. Для изучения аэренхимы можно воспользоваться постоянным препаратом поперечного среза стебля рдеста или приготовить препарат поперечного среза черешка листа кувшинки. При малом увеличении на срезе стебля рдеста сразу под эпидермой видна необычного вида ткань с крупными полостями, отделенными друг от друга одним рядом относительно мелких клеток (рис 9.1). Ткань напоминает кружево. Межклетники, тянущиеся вдоль стебля, называют воздухоносными каналами. Они служат для накопления воздуха и его циркуляции по всему растению. Кроме рдеста или кувшинки, можно рассмотреть аэренхиму ситника, составляющую сердцевину стебля. Клетки ее имеют звездчатую форму.

Зарисовывают участок аэренхимы, обозначают воздухоносные ходы.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему основные ткани получили такое название?
2. Каковы функции основных тканей?
3. Из каких клеток они состоят?
4. На каком принципе построена классификация основных тканей?
5. В каких органах растения встречают различные типы этих тканей?

Работа 10. Механические ткани

Цель работы: изучить разновидности механических тканей знать места их локализации в растении.

Материалы и оборудование: свежие или фиксированные отрезки черешка листа свеклы (Beta vulgaris) и стебля герани (Geranium pratense). кусочки мякоти незрелого плода груши (Pyrus communis); хлор-цинк-йод. флороглюцин, соляная кислота.

Механические ткани придают растению прочность благодаря утолщениям их клеточных стенок и соответствующему распределению в органе растения. Различают следующие группы механических тканей: колленхиму, склеренхиму и склереиды.

Колленхима состоит из живых, обычно вытянутых паренхимных клеток с неравномерно утолщенными целлюлозными стенками. Если утолщения расположены в углах, колленхиму называют уголковой. Если утолщаются две противоположные стенки, а две другие остаются тонкими, возникает пластинчатая колленхима. Стенки колленхимы способны растягиваться, так как имеют тонкие участки, поэтому она представляет собой опорную ткань молодых растущих органов.

Склеренхима состоит из прозенхимных клеток с равномерно утолщенной стенкой. Молодые клетки живые. По мере старения содержимое их отмирает. По химическому составу стенки клетки различают два вида склеренхимы: лубяные волокна – с целлюлозной или слегка одревесневшей стенкой – и древесинные волокна (либриформ) – стенка у них всегда одревесневшая. Склеренхима широко распространена в вегетативных органах наземных растений.

Склереиды – это мертвые паренхимные клетки с равномерно толстыми одревесневшими стенками. Их встречают в плодах (каменистые клетки), листьях (опорные клетки) и других органах.

Задания

1. Приготовить препарат поперечного среза черешка листа свеклы и ознакомиться со строением уголковой колленхимы.

2. Изготовить препараты поперечного и продольного срезов стебля герани и рассмотреть клетки склеренхимы на поперечном и продольном разрезах.

3. Сделать препарат мякоти незрелого плода груши и изучить строение склереид.

4. Зарисовать по нескольку клеток каждой ткани и сделать обозначения.

Порядок работы

1. Уголковая колленхима черешка листа свеклы. Готовят препарат поперечного среза черешка листа свеклы в капле воды.

При малом увеличении на нем можно различить выступающие ребра черешка, заполненные мелкоклеточной тканью, похожей на сетку из чередующихся белых и темных пятен (рис. 10.1).

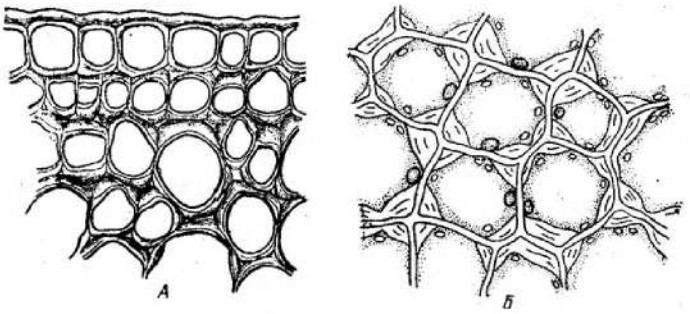


Рис. 10.1. Типы колленхимы на поперечных срезах:
А – пластинчатая осота шероховатого – Sonchys asper; Б – уголковая свеклы – Beta vulgaris

При большом увеличении хорошо заметны белые блестящие утолщения стенок, связанные между собой тонкими, часто еле заметными участками. Утолщения не только заполняют углы клетки, но вдаются в ее полость округлыми выступами, так что полость клетки в сечении по форме напоминает ромб или пятишестиугольник с вогнутыми сторонами. На препарате полость темная. Пользуясь микрометренным винтом, можно рассмотреть срединную пластинку внутри утолщений и таким образом зрительно восстановить первоначальную форму клеток с четырьмя-шестью углами. Если для среза взят свежий материал, то в клетках колленхимы видно живое содержимое с хлоропластами. На продольном разрезе клетки уголковой колленхимы имеют форму более или менее вытянутых прямоугольников с утолщенными

углами. Если удалить воду и подействовать на срез хлор-цинк- йодом, то стенки клеток колленхимы примут фиолетовую окраску, так как они состоят из целлюлозы.

Зарисовывают несколько клеток колленхимы, обозначают: утолщенную стенку клетки, полость.

2. Древесинные волокна стебля герани. На поперечном срезе стебля герани при малом увеличении на некотором расстоянии от поверхности стебля видно желтоватое кольцо плотной ткани, к которому с внутренней стороны примыкают овальные проводящие пучки (рис. 10.2). Действуют на срез флороглюцином и соляной кислотой. Ткань принимает красную окраску, так как стенки древесинных волокон всегда содержат лигнин. При большом увеличении видны клетки, плотно прилегающие друг к другу и лишенные живого содержимого. Стенки их утолщены равномерно, кое-где они пронизаны поровыми каналами. При медленном движении микрометренного винта можно заметить слоистость стенок и тонкую темную полоску между стенками двух соседних клеток. Это срединная пластинка. Зарисовывают несколько древесинных волокон на поперечном разрезе и обозначают: срединную пластинку, утолщенную стенку, поровые каналы.

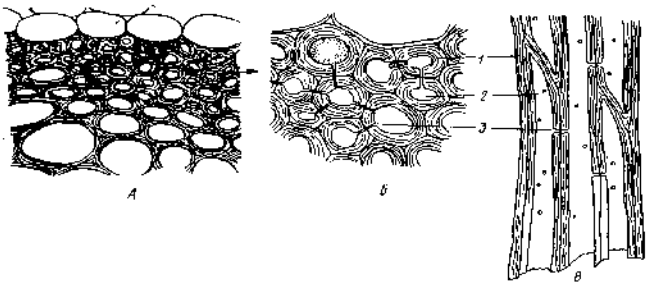


Рис. 10.2. Древесинные волокна стебля герани (Geranium pretense):
А, Б – на поперечном разрезе; В – на продольном разрезе;
1 – стенка клетки, 2 – полость клетки, 3 – простая пора

Разрезают кусочек стебля герани по диаметральной плоскости и делают тонкий продольный срез ближе к эпидерме. Действуют на него тем же реактивом. При малом увеличении находят слой древесинных волокон и рассматривают его, выбрав самое тонкое место, при большом увеличении. На продольном разрезе

древесинные волокна очень длинные и часто не умещаются в поле зрения микроскопа. Концы клеток большей частью заострены благодаря наклонному положению поперечных стенок. Это прозенхимные клетки. В боковых стенках видны норовые каналы.

Зарисовывают несколько древесинных волокон на продольном разрезе и обозначают: срединную пластинку, утолщенную стенку, поровые каналы.

Лубяные волокна имеют такую же структуру, как и древесинные, однако стенки их состоят в основном из целлюлозы.

3. Склереиды (каменистые клетки) плода груши (рис. 10.3). Для того чтобы рассмотреть группу склереид в незрелом плоде груши, делают тонкий срез мякоти плода или берут иглой ее часть и разминают. Действуют на материал флороглюцином и соляной кислотой.

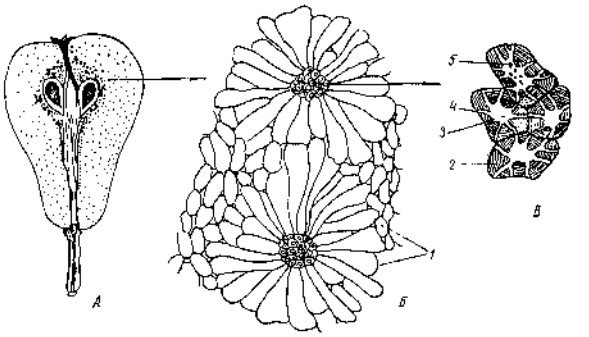


Рис. 10.3. Склереиды плода груши (Pyris communis):
А – плод груши *(продольный разрез)*; Б – группы склереид среди клеток мякоти плода; В – склереиды; 1 – паренхимные клетки мякоти; 2 – стенка клетки; 3 – полость клетки; 4 – простая пора на разрезе; 5 – простая пора в плане

При малом увеличении видно, что среди бесцветных паренхимных клеток разбросаны группы мелких клеток с красными от действия реактива стенками. Тонкостенные удлиненные клетки мякоти плода расходятся от них, как лучи. На самом прозрачном месте среза выбирают группу склереид из двух-пяти клеток и рассматривают ее при большом увеличении. В чрезвычайно толстой стенке клетки заметна слоистость, а также узкие, часто разветвленные поровые каналы. Если, пользуясь микрометренным винтом, рассмотреть наружную поверхность клетки, то поры имеют

вид кружочков. Живого содержимого в полостях клеток не сохранилось.

Зарисовывают две-три склереиды, обозначают стенку клетки, ее полость и поры.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы характерные признаки клеток механической ткани?
2. В чем отличие по структуре клеток колленхимы от клеток склеренхимы?
3. Почему колленхима свойственна молодым органам растения?
4. В чем отличие лубяных волокон от древесинных волокон?
5. Каковы особенности структуры склереид?

Работа 11. Проводящие ткани

Цель работы: изучить строение и места локализации в растении проводящих тканей и научиться находить их на препаратах.

Материалы и оборудование: фиксированные отрезки стебля тыквы (Cucurbita pepo) и корневища папоротника-орляка (Pteridium aquilinum), фиксированные отрезки стеблей кукурузы (Zea mays), подсолнечника (Helianthus annuus) и тыквы (Cucurbita pepo), корневища ландыша (Convallaria majalis).

Проводящие ткани служат для транспорта веществ в растении. Они могут быть как первичного, так и вторичного происхождения. Проводящие ткани дифференцируются из прокамбия или камбия.

Различают три группы проводящих тканей: ситовидные трубки, сосуды и трахеиды.

Ситовидные трубки – это вертикальный ряд живых клеток (члеников), у которых поперечные стенки пронизаны перфорациями (ситовидные пластинки). Стенка членика ситовидной трубки целлюлозная, ядра в нем нет. Рядом с трубкой обычно расположены одна или несколько сопровождающих клеток (клеток-спутниц), имеющих ядро. Ситовидные трубки служат для транспорта раствора органических веществ.

Сосуды (трахеи) – это трубки, дифференцирующиеся из вертикального ряда клеток прокамбия или камбия, у которых утолщаются и одревесневаются боковые стенки, отмирает содержимое, а в поперечных стенках образуются одна или несколько перфораций. По форме утолщения стенки различают сосуды: кольчатые, спиральные, лестничные, сетчато-пористые и др.

Трахеиды, как и сосуды – мертвые образования, но в отличие от последних это не трубки, а прозенхимные клетки. В стенках их есть окаймленные поры.

Сосуды и трахеиды служат для транспорта воды и растворенных в ней минеральных веществ.

Проводящий пучок представляет собой комплекс тканей. В этом комплексе различают две зоны: ксилему (древесину), служащую для транспорта раствора минеральных веществ, и флоэму (луб), служащую для транспорта раствора органических веществ. Основная часть ксилемы – сосуды и трахеиды, им сопутствуют

древесинная паренхима и (не всегда) древесинные волокна. Основная часть флоэмы – ситовидные трубки с сопровождающими клетками, им сопутствуют лубяная паренхима и (также не всегда) лубяные волокна. Если между флоэмой и ксилемой есть камбий, то пучки называют открытыми, если его нет – закрытыми. Проводящие пучки классифицируют также по взаимному расположению флоэмы и ксилемы на: коллатеральные, биколлатеральные, концентрические и радиальные.

Задания

1. Рассмотреть постоянный препарат продольного среза проводящего пучка стебля тыквы и ознакомиться с проводящими тканями – ситовидными трубками и сосудами.

2. На препарате продольного среза корневища папоротника-орляка рассмотреть лестничные сосуды.

3. На препарате продольного среза древесины сосны рассмотреть трахеиды с окаймленными порами.

4. Рассмотреть постоянный препарат поперечного среза стебля кукурузы и ознакомиться со строением закрытого коллатерального пучка.

5. Рассмотреть постоянный препарат поперечного среза стебля подсолнечника и рассмотреть открытый коллатеральный пучок.

6. Рассмотреть препарат поперечного среза стебля тыквы и рассмотреть открытый биколлатеральный пучок.

7. Рассмотреть постоянный препарат поперечного среза корневища ландыша и папоротника, найти и рассмотреть концентрические проводящие пучки.

8. Рассмотреть первичное строение корня радиальный проводящий пучок.

9. Зарисовать и сделать обозначения.

Порядок работы

1. Ситовидные трубки и сосуды стебля тыквы. Препарат изучают при большом увеличении. Ближе к поверхности стебля, внутрь от слоя древесинных волокон, расположены ситовидные трубки. Их можно узнать по утолщенным блестящим и обычно несколько желтоватым поперечным стенкам, имеющим сквозные отверстия – ситовидным пластинкам.

Если использовать фиксированный материал, то в ситовидных

трубках будут видны плазмолизированные тяжи цитоплазмы, расширяющиеся у ситовидных пластинок. Между ситовидными трубками лежат узкие сопровождающие клетки. Каждому членику ситовидной трубки соответствуют несколько сопровождающих клеток, расположенных в один вертикальный ряд (рис. 11.1). Делают обозначения.

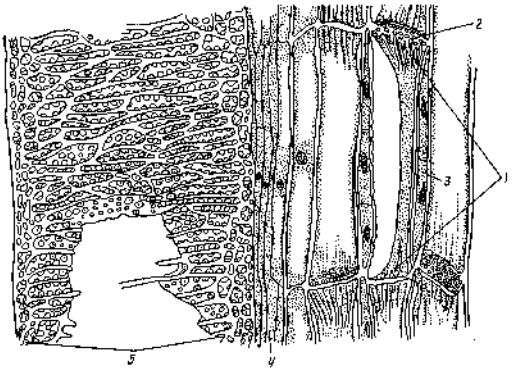


Рис. 11.1. Часть проводящего пучка стебля тыквы (Cucurbita pepo) на продольном разрезе:
1 – членик ситовидной трубки; 2 – ситовидная пластинка; 3 – сопровождающая клетка; 4 – камбий; 5 – сетчато-пористый сосуд

Затем переходят к рассмотрению сосудов. На том же препарате рядом с ситовидными трубками, ближе к центру стебля, можно увидеть сосуды очень большого диаметра. Они обычно не помещаются целиком в толще среза. Под микроскопом при большом увеличении можно наблюдать длинную пустую полость сосуда, ограниченную с двух сторон узкими полосками стенки. В некоторых местах среза видна и поверхность сосуда. Рассматривая ее при большом увеличении, устанавливают, что она имеет сеть утолщений. Такие сосуды называют сетчато-пористыми.

За сетчато-пористыми расположены сосуды меньшего диаметра – пористый, несколько спиральных и один-два малозаметных кольчатых (рис. 11.1, 11.2). Кольчатые сосуды образуются раньше других, они очень тонкие и сильно вытянуты в длину вследствие роста стебля после их возникновения. После кольчатого сосуда и участка мелкоклеточной паренхимы опять лежат ситовидные трубки с сопровождающими клетками.

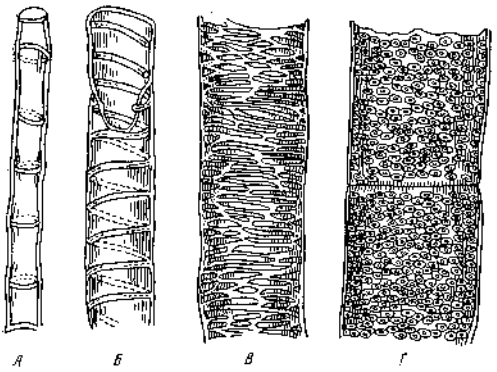


Рис. 11.2. Сосуды стебля тыквы (Cucurbita pepo):
А – кольчатый; Б – спиральный; В – сетчатый; Г – пористый

За сетчато-пористыми расположены сосуды меньшего диаметра – пористый, несколько спиральных и один-два малозаметных кольчатых (рис. 11.1, 11.2). Кольчатые сосуды образуются раньше других, они очень тонкие и сильно вытянуты в длину вследствие роста стебля после их возникновения. После кольчатого сосуда и участка мелкоклеточной паренхимы опять лежат ситовидные трубки с сопровождающими клетками.

Теперь необходимо вернуться к участку среза с сетчато-пористым сосудом. Между этим сосудом и ситовидными трубками находится узкий слой удлиненных клеток. Стенки этих клеток тонкие и с трудом различимы, но ядро и густая цитоплазма видны хорошо. Это клетки камбия – вторичной меристемы, возникшей из прокамбия. Из клеток, отделившихся от камбия к периферии стебля, формируются новые ситовидные трубки, а из отделившихся по направлению к центру стебля – новые сосуды. Кроме того, камбий дифференцируется в паренхимные клетки. Делают обозначения.

2. Трахеиды сосны. При малом увеличении видно, что вся древесина сосны состоит из длинных прозенхимных клеток – трахеид (рис. 11.3).

Более широкие и тонкостенные трахеиды весенней древесины постепенно переходят в толстостенные трахеиды осенней древесины с узкой полостью.

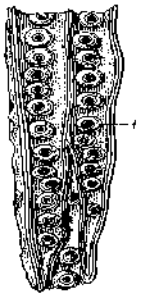


Рис. 11.3. Трахеиды древесины сосны (Pinus sylvestris):
1 – окаймленная пора

Рассматривая весенние трахеиды при большом увеличении обращают внимание на то, что между ними нет перфораций, следовательно, вода проникает из клетки в клетку только через поры, расположенные на их радиальных стенках. Это окаймленные поры, в плане они имеют вид двух концентрических окружностей.

3. Проводящие пучки

а) Закрытый коллатеральный проводящий пучок стебля кукурузы. При малом увеличении видно большое число проводящих пучков, расположенных среди крупных клеток основной паренхимы стебля. Выбирают один из пучков, расположенных ближе к центру стебля, и рассматривают его при большом увеличении. Вокруг пучка или только с наружной его стороны лежат однородные клетки с утолщенными стенками, окрасившимися в результате реакции на лигнин в красный цвет. Это склеренхима (рис. 11.4). Посредине пучка на одной поперечной линии расположены два сетчатых или пористых сосуда большого диаметра и между ними – крупные клетки древесинной паренхимы с одревесневшими стенками и древесинные волокна.

Ближе к центру стебля находят один-три спиральных и кольчатых сосуда меньшего диаметра. Ниже их обычно видно большое межклетное пространство (воздушная полость), образовавшееся благодаря разрушению первых сосудов. Тонкие сосуды и воздушную полость окружает древесинная паренхима, состоящая из мелких клеток с неодревесневшими стенками. Сосуды, древесинные волокна и древесинная паренхима составляют ксилему пучка.

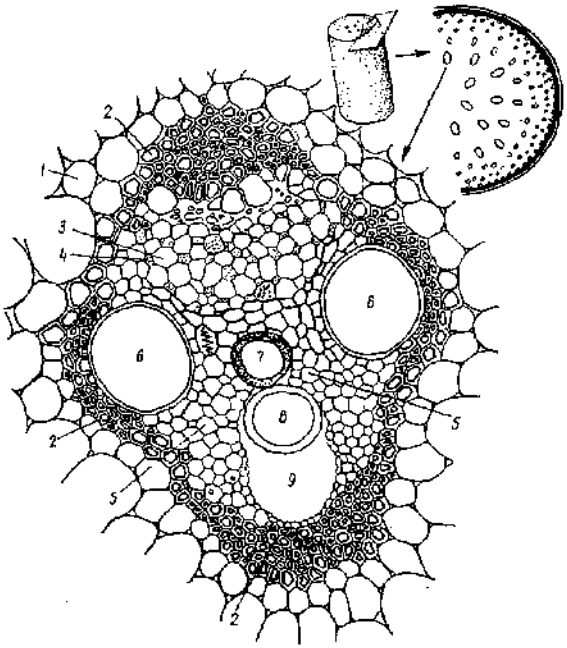


Рис. 11.4. Коллатеральный закрытый проводящий пучок стебля кукурузы (Zea mays):
1 – основная паренхима стебля; 2 – склеренхима; 3 – ситовидная трубка; 4 – сопровождающая клетка; 5 – древесинная паренхима; 6 – сетчатый сосуд; 7 – спиральный сосуд; 8 – кольчатый сосуд; 9 – полость

Снаружи от крупных сосудов находится флоэма. Как и у других мятликовых, она представлена ситовидными трубками и сопровождающими клетками, расположенными более или менее правильно в шахматном порядке. Крупные клетки – это ситовидные трубки. На поперечном срезе мы их видим пустыми, так как содержимое этих клеток обычно вытекает. Мелкие клетки с густым содержимым – сопровождающие клетки.

Лубяной паренхимы во флоэме нет, что характерно для однодольных растений, к которым и принадлежит кукуруза.

Все ткани пучка первичные, так как они возникли из первичной меристемы – прокамбия. Обращают внимание на то, что ксилема на разрезе полукругом охватывает флоэму, что также свойственно однодольным растениям.

Пучки кукурузы несколько вытянуты по радиусу стебля, при этом ксилема расположена ближе к центру, а флоэма – к периферии.

Такие пучки называют коллатеральными. У однодольных растений в пучках нет слоя вторичной меристемы – камбия, следовательно, пучок у них закрытый. Таким образом, рассмотренный пучок коллатеральный, закрытый, сосудисто-волокнистый.

В тетради обозначают: флоэму (ситовидные трубки, сопровождающие клетки), ксилему (сосуды, древесинные волокна, древесинная паренхима, полость) и склеренхиму, окружающую пучок.

б) Открытый коллатеральный проводящий пучок стебля подсолнечника. Примером открытого коллатерального пучка, имеющего камбий между флоэмой и ксилемой, может служить проводящий пучок стебля подсолнечника.

При малом увеличении видна группа клеток склеренхимы, укрепляющих флоэму снаружи. Под склеренхимой находится флоэма, состоящая из ситовидных трубок с сопровождающими клетками и лубяной паренхимы. Из-за присутствия лубяной паренхимы ситовидные трубки и сопровождающие клетки расположены уже не в таком строгом порядке, как это было у кукурузы (рис. 11.5).

Между флоэмой и ксилемой есть слой мелких тонкостенных клеток с густой цитоплазмой – камбиальная зона. Клетки ее лежат одна над другой радиальными рядами. Собственно камбий представляет лишь один слой клеток, остальные – это отложенные им в обе стороны и еще недифференцированные клетки, внешне неотличимые от делящегося слоя. Благодаря деятельности клеток камбия к центру стебля откладываются новые элементы ксилемы, а к его поверхности – элементы флоэмы.

Внутрь от камбия правильными радиальными рядами лежат сосуды ксилемы, а между ними более мелкие клетки с живым содержимым – древесинная паренхима.

Стенки ее клеток постепенно одревесневаются, но протопласт остается живым. Самые первые сосуды, расположенные ближе к центру стебля, первичные, так как возникли из прокамбия.

Все последующие образовались в результате действия камбия и по происхождению вторичные.

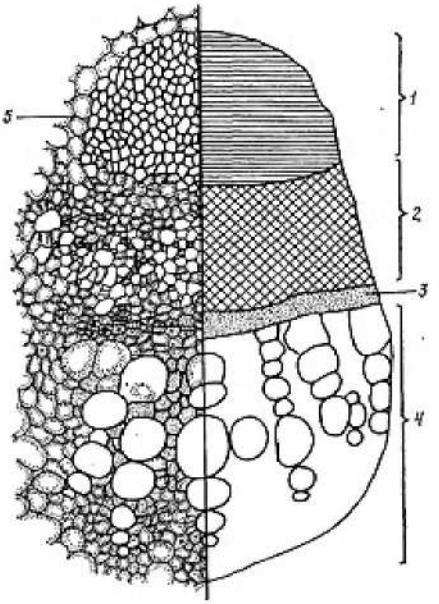


Рис. 11.5. Коллатеральный открытый пучок стебля подсолнечника (Helianthus annuus, слева – детальный рисунок, справа – схематичный): 1 – склеренхима; 2 – флоэма; 3 – камбиальная зона; 4 – ксилема; 5 – основная паренхима стебля

Камбий делится тангенциальными перегородками, и отложенные им элементы ксилемы легко отличить, потому что они расположены правильными рядами. Флоэму, образованную камбием, также называют вторичной. Следовательно, рассмотренный пучок коллатеральный, открытый, сосудисто-волокнистый. В тетради обозначают флоэму (ситовидные трубки, сопровождающие клетки, лубяная паренхима), ксилему (сосуды, древесинная паренхима), камбий, склеренхиму.

в) Открытый биколлатеральный проводящий пучок стебля тыквы. Проводящий пучок стебля тыквы отличается крупными размерами, его легко рассмотреть и при малом увеличении. На участке наружной флоэмы ясно видны более крупные полости ситовидных трубок, иногда попадаются их поперечные стенки с отверстиями – ситовидные пластинки. Рядом с ситовидными трубками лежат очень мелкие сопровождающие клетки с густой

цитоплазмой и клетки лубяной паренхимы (рис. 11.6).

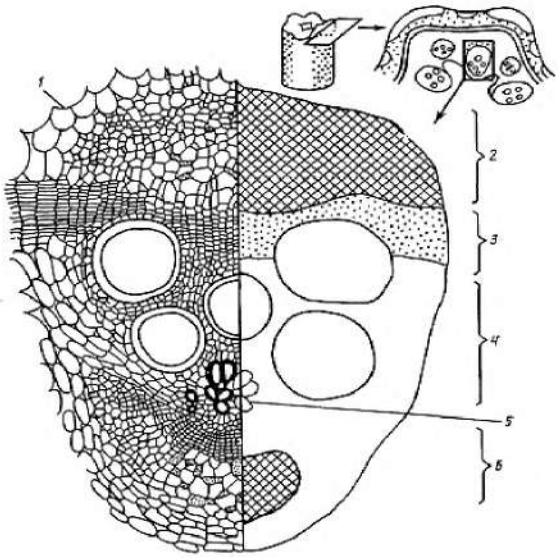


Рис. 11.6. Биколлатеральный открытый проводящий пучок стебля тыквы (Cucurbita repo, слева – детальный рисунок, справа – схематичный):
1 – основная паренхима стебля; 2 – наружная флоэма; 3 – камбиальная зона; 4 – вторичная ксилема; 5 – первичная ксилема; 6 – внутренняя флоэма

Под флоэмой расположен широкий камбиальный слой, состоящий из радиальных рядов мелких клеток, а еще ниже – крупные сетчато-пористые сосуды и паренхима вторичной ксилемы. По направлению к центру стебля ксилема заканчивается группой мелких сосудов (спиральных и кольчатых). Это первичная ксилема.

Под первичной ксилемой находится участок мелких паренхимных клеток, похожих на камбий, но они не так правильно расположены и не являются меристемой. За ними вновь идут ситовидные трубки и другие элементы флоэмы. Этот участок флоэмы, примыкающий к первичной ксилеме, называют внутренней флоэмой. Проводящие пучки с наружной и внутренней флоэмой называют биколлатеральными.

В тетради обозначают: ксилему, наружную и внутреннюю флоэмы, камбий.

г) Концентрический амфивазальный проводящий пучок

корневища ландыша (рис. 11.7). При изучении препарата поперечного среза корневища ландыша видно, что все проводящие пучки собраны в центре органа. Вполне концентрические лишь немногие из них, лежащие в самом центре и окруженные со всех сторон основной паренхимой. Рассматривают такой пучок при малом увеличении.

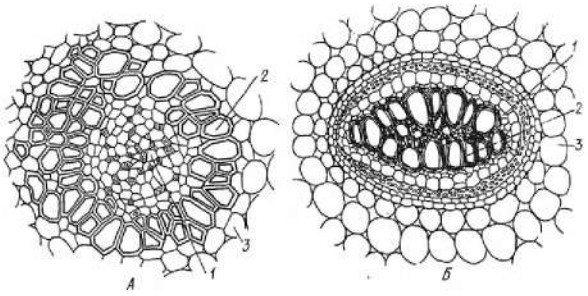


Рис. 11.7. Концентрические проводящие пучки:
А – амфивазальный пучок корневища ландыша (Convallaria majalis);
Б – амфикрибральный пучок корневища папоротника-орляка (Pteridium aquilinum); 1 – флоэма; 2 – ксилема; 3 – основная паренхима стебля

Ксилема, состоящая из крупных пустых клеток с толстыми стенками, окрасившимися под действием реактива в красный цвет, расположена кольцом по периферии пучка. Это сосуды. В центре пучка находится флоэма. В ней можно различить более крупные клетки – ситовидные трубки, а между ними мелкие клетки с густым содержимым – сопровождающие клетки. Концентрические пучки, у которых флоэма окружена ксилемой, называют амфивазальными. Зарисовывают схематично пучок и обозначают ксилему, флоэму. У других растений встречают амфикрибральные концентрические пучки, в них ксилема окружена флоэмой (рис. 11.7).

Вопросы для самоконтроля

1. По каким проводящим тканям осуществляется транспорт органических веществ и по каким – минеральных?
2. В чем сходство генезиса ситовидных трубок и сосудов?
3. Что такое сопровождающая клетка, как она образуется?
4. В чем отличие ситовидных трубок от сосудов?
5. Как долго функционируют ситовидные трубки и сосуды, с чем связано прекращение их деятельности?

6. Чем отличаются сосуды от трахеид?

7. Почему кольчатые и спиральные сосуды свойственны молодым органам растений, а пористые, сетчато-пористые, лестничные – более старым?

8. Какие сосуды имеют наименьший диаметр и какие – наибольший?

9. Какой вид перфораций между члениками сосудов относят к наиболее примитивным?

10. Из каких тканей состоит флоэма, а из каких – ксилема?

11. Почему в одном пучке имеются сосуды различных типов?

12. В чем разница между первичной и вторичной флоэмой и между первичной и вторичной ксилемой?

13. В чем принципиальное отличие открытого проводящего пучка от закрытого?

14. Как классифицируют пучки по расположению флоэмы и ксилемы?

15. Какие пучки характерны для стебля однодольного растения, какие – для стебля двудольного и какие – для корня?

16. Какие проводящие пучки называют простыми, общими, сложными и сосудисто-волокнистыми?

Работа 12. Выделительные ткани

Цель работы: изучить строение и места локализации в растении выделительных тканей; научиться находить их на препаратах.

Материал и оборудование: постоянный микропрепарат поперечного среза ветки сосны (Pinus sylvestris); свежий или фиксированный околоплодник апельсина (Citrus sinensis) или мандарина (C. unshiu); постоянный препарат эпидермы листа герани (Pelargonium roseum).

Выделительные ткани встречают далеко не у всех растений. Их делят на две группы: внутренней секреции и внешней. К первым относят млечники, вместилища выделений, выделительные клетки; ко вторым – разнообразные железистые волоски, нектарии, гидатоды. К продуктам внутренней секреции относят дубильные вещества, смолы, эфирные масла; к продуктам внешней секреции – эфирные масла, нектар, воду.

Задание

1. Изучить постоянный препарат поперечного среза древесины сосны или использовать постоянный препарат. Найти и рассмотреть схизогенные вместилища выделений.
2. Сделать препарат поперечного среза околоплодника мандарина или апельсина и рассмотреть лизигенные вместилища выделений.
3. Изучить постоянный препарат эпидермы листа герани и рассмотреть, строение железистых волосков.
4. Зарисовать и сделать обозначения.

Порядок работы

1. *Вместилища выделений древесины сосны.* При малом увеличении находят среди трахеид, окрасившихся под действием флороглюцина в красный цвет, резко выделяющиеся округлые группы неокрашенных клеток с межклетным пространством в центре (рис. 12.1, А). При большом увеличении видно, что клетки, окружающие межклетник (эпителиальные клетки), живые, так как они заполнены густой цитоплазмой с ясно заметными ядрами. В межклетнике иногда сохраняются капли смолы. Он имеет схизогенное происхождение, т. е. возникает путем разъединения клеток. Межклетное пространство обычно образуется между четырьмя

клетками, куда и поступают выделяемые вещества. Группы эпителиальных клеток с межклетником в центре располагаются друг над другом, образуя длинный выделительный канал. Клетки, окружающие канал, могут делиться, тогда он становится шире.

Зарисовывают смоляной канал с прилегающими клетками и обозначают: схизогенный смоляной канал, эпителиальные клетки, трахеиды.

2. Вместилища выделений околоплодника мандарина. На околоплоднике мандарина или апельсина невооруженным глазом заметны ямки. При сгибании околоплодника из этих ямок брызжет душистое эфирное масло. Бритвой делают несколько тонких поперечных срезов и рассматривают их при малом увеличении.

Близко к поверхности виден ряд больших округлых полостей (рис. 12.1, Б). Клетки, выстилающие их, имеют очень тонкую стенку и крупные вакуоли. Самый внутренний слой клеток обычно полуразрушен, видны остатки клеточных стенок. Здесь происходит постепенное растворение клеток, в которых накапливается эфирное масло. Процесс начинается с небольшой центральной группы клеток и распространяется, захватывая новые концентрические слои клеток и увеличивая таким образом полость вместилища. Вместилища выделений, образовавшиеся путем растворения клеток, называют лизигенными.

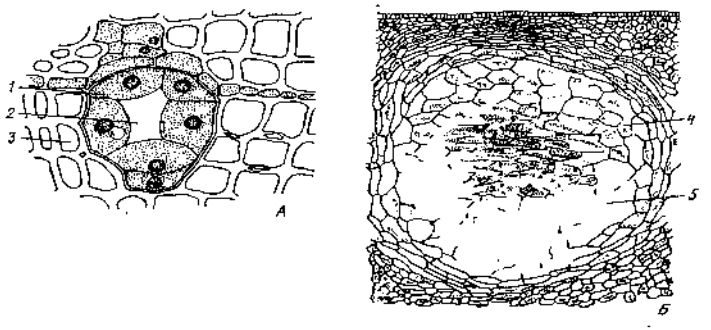


Рис. 12.1. Выделительные ткани:
А – схизогенный смоляной канал древесины сосны (Pinus sylvestris);
Б – лизигенное эфироносное вместилище околоплодника мандарина (Citrus reticulata); 1 – эпителиальные клетки; 2 – межклетник; 3 – трахеиды; 4 – разрушающиеся клетки; 5 – полость

Зарисовывают вместилище эфирного масла, обозначают: полость лизигенного вместилища, разрушающиеся клетки.

3. Железистые волоски эпидермы листа герани. При большом увеличении на краю среза среди длинных остроконечных простых волосков видны маленькие головчатые волоски. Ножка их состоит обычно из двух живых клеток головка – из железистой клетки. Выделяемое последней эфирное масло накапливается под кутикулой, раздувая ее в прозрачный пузырек на верхушке волоска. Затем пузырек лопается и жидкость вытекает. После этого начинает собираться новая капелька эфирного масла (рис. 12.2).

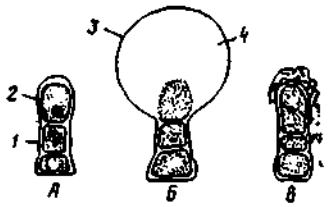


Рис. 12.2. Железистые волоски эпидермы листа герани (Pelargonium roseum):
А – до образования капли эфирного масла; Б – капля эфирного масла приподняла кутикулу; В – кутикула лопнула и капля вытекла; 1 – ножка; 2 – головка; 3 – кутикул; 4 – капля эфирного масла

Зарисовывают несколько железистых волосков на разных этапах накопления эфирного масла и обозначают: ножку, головку, кутикулу, каплю эфирного масла.

Воросы для самоконтроля

1. В чем отличие членистых млечников от нечленистых?
2. Каковы функции млечников?
3. Для представителей каких семейств характерно наличие млечников?
4. Что такое латекс?
5. В чем сходство и различие между схизогенным и лизигенным вместилищами?
6. Каково значение для растения веществ, накапливаемых в выделительных тканях?
7. Какие из выделительных тканей относят к тканям внутренней секреции, а какие – внешней?

Работа 13. Макроморфология проростка

Цель работы: изучить типы прорастания семян и строение проростков растений класса однодольные и двудольные.

Материалы и оборудование: бинокуляры, предметные стекла, препаровальные иглы, проростки пшеницы (Tritticum aestivum), ячменя (Hordeum vulgare), овса (Avena sativa), фасоли (Phaseolus vulgaris), гороха (Pisum sativum), подсолнечника (Helianthus annuus), выращенные в сосудах при разных сроках посева.

Основные вегетативные органы семенных растений – корень, стебель, лист – чаще всего закладываются уже в зародыше семени. С наступлением благоприятных температуры и влажности семена всасывают воду и при достаточном доступе воздуха прорастают, формируя проросток (plantula).

Первым начинает расти корень, благодаря чему молодой проросток укрепляется в почве и поглощает воду с растворенными в ней солями. Из зародышевого корешка образуется главный корень. У большинства растений стебель проростка вначале петлеобразно изогнут и через почву пробивается верхушкой своего изгиба, поэтому почка не повреждается. Позднее стебель распрямляется. При этом у проростков некоторых растений (подсолнечник, фасоль) семядоли выносятся на поверхность почвы, зеленеют и временно выполняют функцию листьев (рис. 13.1, А). Границу между корнем и стеблем называют корневой шейкой. Часть стебля между семядолями и корневой шейкой называют гипокотилем (подсемядольное колено). Однако не у всех двудольных растений гипокотиль хорошо выражен. У некоторых из них длина гипокотиля настолько мала, что он весь остается в почве и семядоли не выносятся на поверхность (горох, дуб) (рис. 13.1, Б). Участок стебля между семядолями и первым настоящим листом называют эпикотилем (надсемядольное колено). Первые настоящие листья проростка не всегда имеют форму, свойственную взрослому растению. Их называют ювенильными.

При прорастании семян мятликовых единственная семядоля остается в семени. Она поглощает питательные вещества эндосперма. Через почву пробивается почка, защищенная зародышевым листом – колеоптилем. Первый настоящий лист выходит наружу через прорыв колеоптиля (рис. 13.2).

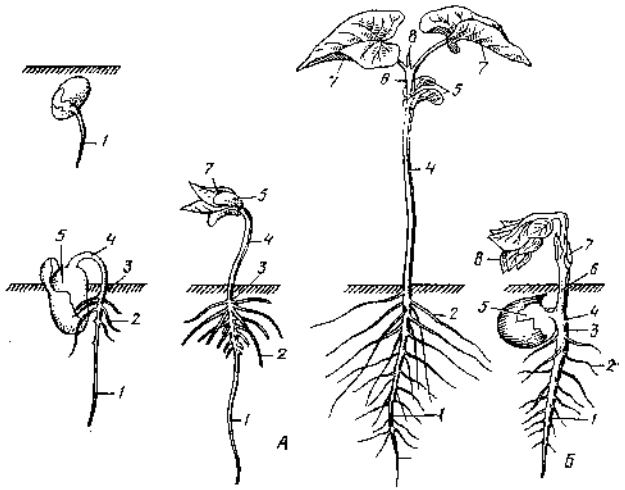


Рис.13.1. Проростки двудольных:
А – фасоль (Paaseolus vulgaris); В – горох (Pisum sativum); 1 – боковые корни; 3 – корневая шейка; 4 – гипокотиль; 5 – семядоля; 6 – эпикотиль; 7 – лист; 8 – почка

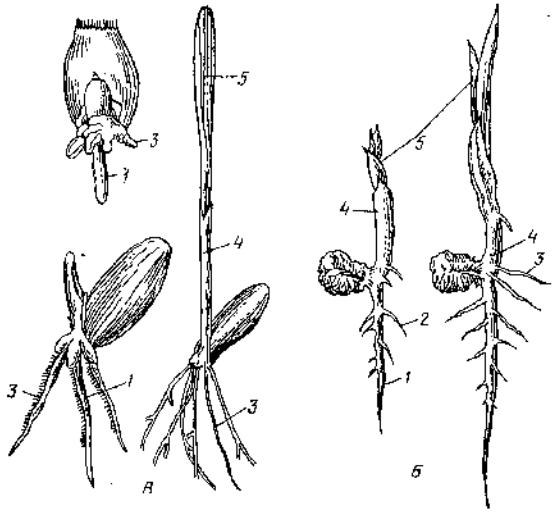


Рис.13.2. Проростки мятликовых:
А – (Triticum aestivum); Б – кукуруза (Zea mays);
1 – главный корень; 2 – боковые корни; 3 – придаточный корень; 4 – колеоптиль; 5 – лист

Задания

1. Изучить структуру разновозрастных проростков пшеницы, ячменя, овса, фасоли, подсолнечника, гороха.

2. Зарисовать этапы прорастания однодольных и двудольных в тетради и сделать обозначения основных частей: главный корень, боковой корень, придаточный корень, гипокотиль, эпикотиль, колеоптиль, корневую шейку, лист.

Порядок работы

1. Для примера рассматривают структуру проростков фасоли и пшеницы, находящихся в разных фазах роста: начало прорастания (весь проросток находится еще в почве), появление всходов, появление первых листьев.

2. Отмечают, что у фасоли корешок зародыша первым прорывает кожуру семени и внедряется в почву. Фасоль прорастает одним корнем.

3. Далее прослеживают рост почки. Вслед за корнем начинает интенсивно расти, изгибаясь петлеобразно, стебель. Обращают внимание на то, что почву раздвигает не почка, а стебель. Распрямляясь, он выносит на поверхность почвы семядоли и почку. Семядоли зеленеют, и некоторое время в них осуществляется фотосинтез. Почка же продолжает расти вверх образуя стебель и первые настоящие листья.

4. Обозначить главные части проростка: главный корень, боковые корни, корневую шейку, гипокотиль, эпикотиль, междоузлие, почку, листья, семядоли.

5. Пшеница прорастает двумя – тремя корнями. Один из них – главный, а другие образуются на гипокотиле. У пшеницы, как и у других мятликовых, почка защищена колеоптилем, под прикрытием которого она проходит слой почвы.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой из вегетативных органов зародыша трогается в рост первым при прорастании семени, какое это имеет биологическое значение?
2. Что такое корневая шейка?
3. Какие части стебля называют гипокотилем и эпикотилем?
4. Всегда ли при прорастании семени семядоли выносятся на поверхность почвы, от чего это зависит?
5. Какие листья называют ювенильными?

Работа 14. Корень. Типы и формы корневых систем

Цель работы: изучить типы корневых систем и виды корней.

Материалы и оборудование: бинокуляры, препаровальные иглы, живые или гербарные образцы корневых систем проростков тыквы (Cucurbita pepo), фасоли (Phaseolus vulgaris), пшеницы (Triticum aestivum), ячменя (Hordeutn vulgare), ржи (Secale cereale).

Корень в типичных случаях является осевым полисимметричным подземным органом, который неопределенно долго нарастает в длину верхушкой, защищенной чехликом, и никогда не образует листьев; ветвление и заложение почек на нем происходит внутриродно, т. е. эндогенно. Корень служит для закрепления растения в почве, поглощения из нее воды с растворенными в ней солями, отложения запасных продуктов, отчасти синтеза органических веществ, вегетативного размножения, связи с микроорганизмами почвы. Корневая система – это совокупность всех корней растения, образующихся в результате их нарастания и ветвления.

По происхождению различают несколько типов корневых систем. Система главного корня образуется из корешка зародыша. Система придаточных корней состоит из корней, образованных стеблем или листом, а смешанная имеет и главный корень, и придаточные (рис. 14.1).

Система главного кормя обычно имеет стержневую или разветвленную форму, а система придаточных корней мочковатую.

Задание

1. Ознакомиться с различными типами корневых систем проростков тыквы, пшеницы и фасоли.
2. Определить форму корневых систем этих проростков.
3. Зарисовать типы корневых систем в тетради и сделать соответствующие обозначения.

Порядок работы

1. Сравнивают между собой корневые системы проростков тыквы, пшеницы и фасоли. У тыквы ясно различим главный корень, который образовался из корешка зародыша. От него отходят разветвления – боковые корни различных порядков. По происхождению это система главного корня.

2. У пшеницы главный корень не выделяется среди других и основная масса корней не является боковыми разветвлениями главного корня, а отходит от нижней части стебля, т. е. состоит из придаточных корней. Такую корневую систему называют системой придаточных корней.

3. Корневая система фасоли поначалу кажется системой главного корня. Однако при внимательном рассмотрении ее видно, что часть корней отходит не от главного корня, а от нижней части стебля (гипокотиля), следовательно, это придаточные корни. Таким образом, у фасоли корневая система смешанного типа.

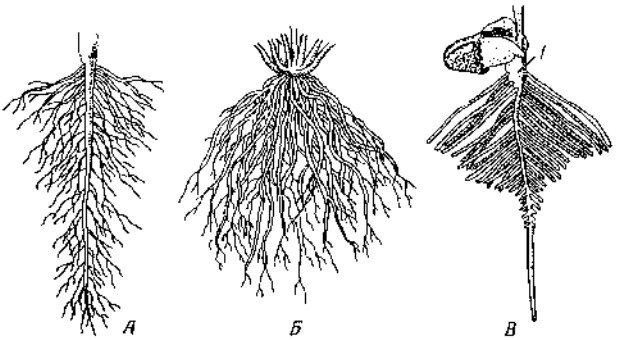


Рис. 14.1. Типы корневых систем по происхождению:
А – ситема главного корня; Б – система придаточных корней; В – смешанная корневая система: 1 – гипокотиль

Следует определить также, какую форму имеют изученные корневые системы. У тыквы и фасоли резко выделяется толщиной и размером корень первого порядка (главный), корни второго порядка (боковые) тоньше и меньше главного, корни третьего порядка тоньше и меньше второго и т. д. Такую форму корневой системы называют стержневой. У пшеницы корневая система состоит из многих корней примерно одинаковой толщины, собранных как бы в пучок. Такую форму называют мочковатой.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково происхождение главного корня, придаточного и бокового?
2. Какие бывают типы корневых систем по происхождению?
3. Какие бывают формы корневых систем и отдельных корней?

Работа 15. Зоны корня

Цель работы: изучить строение растущей части корня, научиться определять значение всех зон корня.

Материалы и оборудование: микроскопы, бинокуляры, предметные стекла, препаровальные иглы, постоянный микропрепарат кончик корня, проростки пшеницы (Triticum aestivum) или другого растения семейства мятликовые.

Корень по длине можно разделить на несколько участков, имеющих неодинаковое строение и выполняющих различные функции (рис. 15.1). Эти участки называют зонами корня. Выделяют зоны: деления клеток, растяжения клеток, всасывания (корневых волосков), проведения (ветвления).

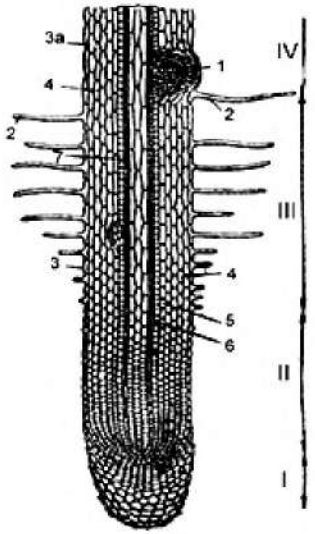


Рис. 15.1. Строение кончика корня:
I – зона деления; II – зона роста и растяжения; III – зона корневых волосков; IV – зона проведения; 1 – боковой корень; 2 – корневой волосок; 3 – клетка эпиблемы корня; 4 – кора корня; 5 – эндодерма; 6 – перицикл; 7 – центральный цилиндр

К зоне деления относят верхушку конуса нарастания, в которой происходит деление клеток, а к зоне растяжения ту часть

конуса нарастания, где идет их растяжение. Иногда эти зоны объединяют в одну зону роста. Зона деления клеток снаружи защищена корневым чехликом, который предохраняет ее от повреждения о частицы почвы и облегчает продвижение корня в почве. В зоне растяжения клеток можно выделить более светлый наружный слой и более темный внутренний. Поверхностные клетки, именуемые дерматогеном, в дальнейшем превратятся в эпиблему поверхностный слой следующей зоны корня. Остальная часть светлого слоя – периблема – в результате быстрого разрастания и дифференциации дает начало первичной коре. Из внутренней темной части – плеромы – образуется центральный цилиндр. Клетки поверхностного слоя зоны всасывания – эпиблемы – образуют выросты, называемые корневыми волосками, которые поглощают из почвы раствор минеральных веществ. Корневые волоски функционируют 10-20 дней. На границе зоны всасывания с зоной проведения они отмирают, а на границе с зоной роста образуются новые. Поэтому зона всасывания как бы перемещается все время и всегда находится вблизи кончика корня. Одновременно с образованием корневых волосков происходит дифференциация внутренних тканей этой зоны корня.

Зона проведения тянется вплоть до корневой шейки и составляет большую часть протяженности корня. Здесь уже нет корневых волосков, на поверхности находится покровная ткань. На этом участке корня происходит ветвление.

Задания

1. Рассмотреть корень при помощи микроскопа, определить границы всех зон, зарисовать и сделать обозначения.

2. Зарисовывают кончик корня и обозначают: корневой чехлик, зоны деления и растяжения клеток и зону всасывания.

3. В зоне растяжения клеток отмечают: дерматоген, периблему, плерому.

4. Зарисовывают также несколько клеток эпиблемы с корневыми волосками при большом увеличении.

Порядок работы

1. Отрывают один из корней проростка пшеницы и рассматривают его при помощи стереоскопического микроскопа. На самом кончике виден небольшой участок с гладкой поверхностью, на

верхушке которого расположен корневой чехлик. Это зоны деления и растяжения клеток.

2. За ним следует участок, покрытый корневыми волосками – маленькими в начале зоны и более длинными по мере приближения к следующей зоне.

Это зона всасывания. Место, где происходит отмирание корневых волосков, является началом зоны проведения. Если проросток достаточно большой, то на этом участке можно увидеть первые боковые корни. Более детально изучают первые три зоны под микроскопом. Для этого осторожно отделяют кончик корня длиной 1-1,5 см, кладут его в каплю воды на предметное стекло и накрывают покровным стеклом, не надавливая. При малом увеличении на кончике корня виден корневой чехлик, состоящий из тонкостенных клеток, мелких у основания и более крупных на вершине. Поверхностные клетки чехлика ослизняются и отслаиваются, выстилая собой путь растущего корня. Взамен отпавших клеток чехлика изнутри все время нарастают новые клетки. Зона деления клеток находится на верхушке конуса нарастания, она состоит из тонкостенных паренхимных клеток первичной меристемы. Затем деление клеток постепенно прекращается, клетки увеличиваются, вытягиваясь в длину.

3. Начинается зона растяжения клеток. Центральную темную часть этой зоны называют плеромой, а наружную светлую – периблемой. Самый поверхностный слой клеток – дерматоген. Протяженность этих двух зон от 0,5 до 2 см.

4. При дальнейшем изучении препарата видно, что за зоной растяжения на поверхности корня появляется множество бугорков. Они вытягиваются и превращаются в корневые волоски. Каждый корневой волосок представляет собой вырост одной из клеток эпиблемы длиной до 1,5 мм, ядро клетки обычно находится на кончике волоска. Это зона всасывания. Протяженность ее 1,5-2 см.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких зон состоит корень?
2. Какую функцию выполняет каждая из зон и каково их строение?
3. Что представляет собой корневой волосок, какова его функция и как долго он ее выполняет?
4. Что помогает продвижению корня в почве?

Работа 16. Микроскопическое строение корня однодольных растений (первичное строение)

Цель работы: изучить особенности строения корня при первичном строении.

Материалы и оборудование: микроскопы, постоянные микропрепараты поперечных срезов корня ириса (Iris germanica) или купены (Poligonatum officinale) этих растений в зоне корневых волосков.

Дифференциация тканей корня происходит в зоне всасывания. По происхождению возникающие при этом ткани первичные, так как образуются из первичной меристемы конуса нарастания. Поэтому микроскопическое строение корня в зоне всасывания называют первичным (рис. 16.1).

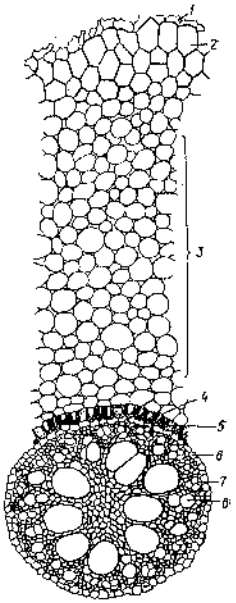


Рис. 16.1. Первичное строение корня ириса (Iris germanika):
1 – остатки эпиблемы; 2 – экзодерма; 3 – мезодерма; 4 – эндодерма;
5 – пропускная клетка эндодермы; 6 – перицикл; 7 – участок флоэмы;
8 – луч ксилемы (2 -5 первичная кора, 6-8 – центральный целиндр)

У однодольных растений первичное строение сохраняется и в зоне проведения. Здесь лишь отсутствует самый поверхностный слой с корневыми волосками – эпиблема. Защитную функцию выполняет ниже лежащая ткань.

Задания

1. Рассмотреть и изучить препарат поперечного среза корня ириса или купены и ознакомиться с первичным строением корня.

2. Зарисовать часть корня в виде сектора и обозначить ткани и комплексы тканей.

3. Зарисовывают центральный цилиндр с прилегающим участком первичной коры.

4. Обозначают: центральный цилиндр, состоящий из радиального проводящего пучка (ксилема, флоэма) и перицикла; первичную кору, состоящую из эндодермы с пропускными клетками, паренхимы первичной коры и экзодермы; эпиблему с корневыми волосками.

Порядок работы

1. На постоянном препарате уже при малом увеличении ясно различимы небольшая внутренняя часть – центральный цилиндр и наружная – первичная кора, покрытая одним слоем клеток с корневыми волосками – эпиблемой.

2. Наружный слой первичной коры – экзодерма, состоит из плотно сомкнутых многоугольных клеток, стенки которых впоследствии опробковевают и выполняют защитную функцию.

3. Затем расположена основная паренхима, составляющая главную массу первичной коры. Эпиблема и паренхима выполняют поглощающую функцию.

4. Внутренний слой первичной коры – эндодерма, состоит из одного ряда клеток, радиальные и внутренняя стенки которых утолщены. Стенки клеток эндодермы более или менее опробковевают, а у некоторых растений, в том числе и у ириса, одревеснеют. Но не все клетки эндодермы имеют непроницаемую стенку, среди толстостенных клеток есть тонкостенные живые клетки, называемые пропускными, так как именно через них вода и минеральные вещества поступают в центральный цилиндр. Цитоплазма пропускных клеток обладает избирательной проницаемостью.

На препарате видно, что пропускные клетки расположены почти напротив участков ксилемы.

5. Наружный слой центрального цилиндра – перицикл, состоит из одного ряда живых паренхимных клеток, обладающих меристематической активностью. Из перицикла образуются боковые корни, поэтому его называют иногда корнеродным слоем.

6. Центральная часть центрального цилиндра занята радиальным проводящим пучком. Ксилема расположена в его центре и образует ряд острых лучеобразных выступов, заканчивающихся снаружи более мелкими сосудами. На поперечном разрезе ксилема имеет вид звезды, окрасившейся под действием реактива в красный цвет. Между выступами ксилемы лежат участки флоэмы. Радиальные пучки с многолучевой ксилемой называют полиархными.

Вопросы для самоконтроля

1. В какой зоне корня можно наблюдать первичное строение и почему его так называют?
2. Какие комплексы тканей можно выделить, рассматривая первичное строение корня, из каких слоев первичной меристемы они дифференцируются?
3. Какой тип проводящего пучка свойствен корню при первичном строении и где он расположен?
4. Как называют радиальные пучки корней в зависимости от числа лучей ксилемы?
5. Какова роль перицикла?
6. Что такое пропускная клетка?
7. Какова роль, паренхимы и эпиблемы, как долго функционирует эпиблема?
8. Каково строение зоны проведения у однодольных растений?

Работа 17. Микроскопическое строение корня двудольных растений (вторичное строение)

Цель работы: изучить особенности строения корня двудольных растений; закрепить знания по предыдущему материалу.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, постоянный микропрепарат поперечного среза молодого корня тыквы (Cucurbita pepo) в месте появления камбия, постоянный микропрепарат поперечного среза корня в зоне проведения.

Поскольку у однодольных растений не образуется вторичная меристема, первичное строение корня у них сохраняется и в зоне проведения. Поэтому корни однодольных не могут достигать большой толщины. Напротив, у двудольных растений уже в раннем возрасте в центральном цилиндре корня между ксилемой и флоэмой появляется камбий, деятельность которого приводит ко вторичным изменениям и значительному утолщению корня.

Задания

1. Изучить постоянный препарат поперечного среза молодого корня тыквы и ознакомиться с началом деятельности камбиального слоя.

2. Рассмотреть постоянный препарат поперечного среза корня тыквы в зоне проведения и изучить вторичное строение корня.

3. Сделать схематичный рисунок и обозначить; ксилему (первичная и вторичная, радиальный луч), камбиальную зону, вторичную кору (вторичная и первичная флоэмы, паренхима), пробку.

Порядок работы

Переход от первичного строения ко вторичному в молодых корнях тыквы.

1. На постоянном препарате поперечного среза молодого корня тыквы находят при малом увеличении центральный цилиндр с четырьмя лучами первичной ксилемы (тетрархный пучок). Эндодерма заметна плохо, так как у ее клеток утолщены лишь радиальные стенки. Когда эти утолщения опробковевают, их называют поясками Каспари. При большом увеличении видно, что клетки прокамбия, лежащие между ксилемой и флоэмой, разделены тангенциальными перегородками, а в некоторых местах внутрь от

этого слоя заметны только что образовавшиеся и еще не одревеневшие сосуды. Делящийся слой и есть вторичная меристема – камбий, который к центру откладывает клетки, дифференцирующиеся в элементы вторичной ксилемы, а наружу – клетки, дифференцирующиеся в элементы вторичной флоэмы (рис. 17.1).

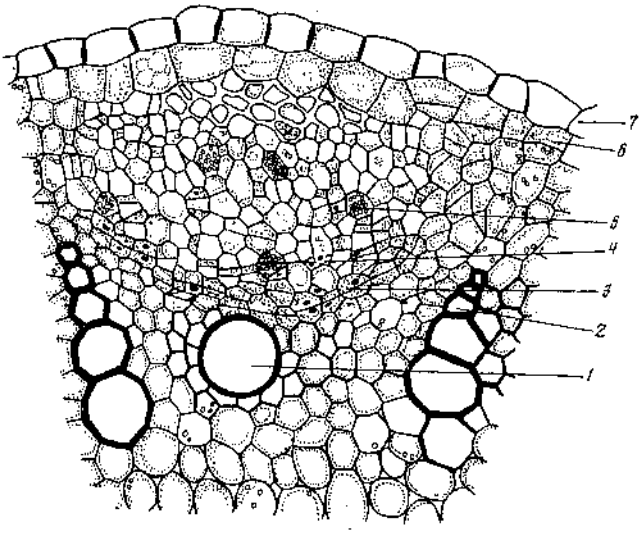


Рис. 17.1. Часть центрального цилиндра молодого корня тыквы (Cucurbita pepo):
1 – вторичная ксилема; 2 – первичная ксилема; 3 – камбий; 4 – вторичная флоэма; 5 – первичная флоэма; 6 – перицикл; 7 – эндодерма с поясками Каспари

В тех местах, где сосуды первичной ксилемы соприкасаются с перициклом, клетки последнего также превращаются в камбий, который теперь образует сплошной слой, окружающий первичную ксилему. Первоначально слой камбия на поперечном разрезе имеет извилистую форму, а затем округляется и отодвигается от центра благодаря разрастанию отложенной им внутрь вторичной ксилемы. По мере увеличения вторичной ксилемы и вторичной флоэмы первичная флоэма отодвигается на периферию.

На некоторых препаратах видно, что клетки перицикла делятся по всей окружности, образуя пробковый камбий, который

дифференцируется наружу в слой пробки. Благодаря этому первичная кора изолируется от центрального цилиндра, отмирает и отпадает. Остается только центральный цилиндр, одетый пробкой (рис. 17.2).

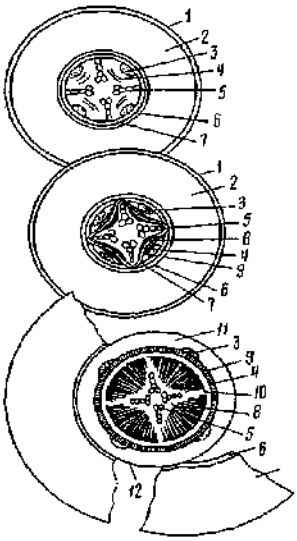


Рис. 17.2. Схема изменений происходящих в корне двудольных растений припереходе от первичного ко вторичному строению:
1 – эпиблема; 2 – первичная кора; 3 – первичная флоэма; 4 – камбий; 5 – первичная ксилема; 6 – эндодерма; 7 – перицикл; 8 – вторичная ксилема; 9 – втоичная флоэма; 10 – радиальный луч; 11 – паренхима вторичной коры; 12 – пробка

2. При малом увеличении находят в середине корня четырехлучевую более крупным центральным сосудом даже слабо заметными элементами ксилемы в ее лучах (рис. 17.3). От лучей первичной ксилемы начинаются радиальные лучи – участки тонкостенной живой паренхимы. Они образованы камбием, возникшим из перицикла. С радиальными лучами чередуются широкие участки вторичной ксилемы с крупными сосудами и мелкоклеточной древесинной паренхимой.

На границе вторичной ксилемы хорошо заметна камбиальная зона – обычно широкий слой мелких тонкостенных клеток, расположенных правильными рядами в радиальном направлении.

К периферии от нее против каждого участка вторичной ксилемы находят вторичную флоэму, которую легко узнать по крупным ситовидным трубкам и иногда встречающимся ситовидным пластинкам. Камбий, производящий паренхиму радиальных лучей, у тыквы мало заметен. Наружу он откладывает также основную паренхиму. На поверхности корня виден сравнительно тонкий слой пробки. Ткани, расположенные кнаружи от камбия (флоэма, основная паренхима, феллодерма и пробковый камбий), называют вторичной корой.

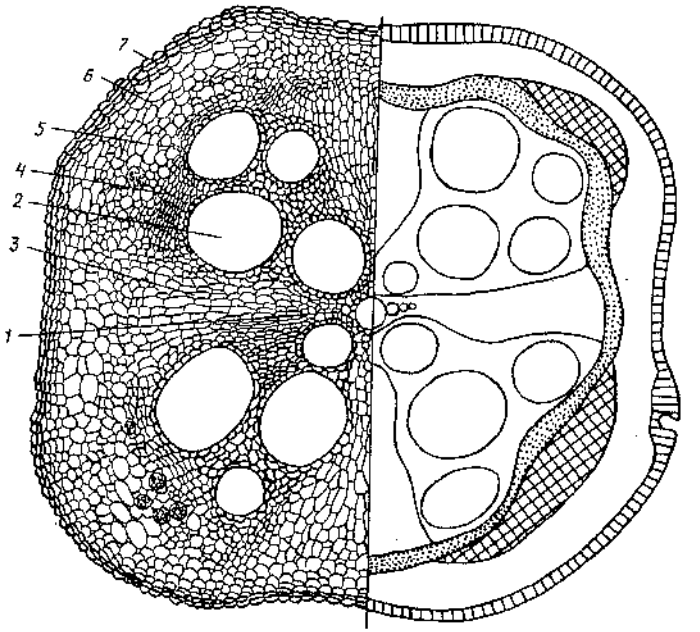


Рис. 17.3. Вторичное строение корня тыквы (Cucurbita repo, слева – детальный рисунок, справа – схематический):
1 – первичная ксилема; 2 – вторичная ксилема; 3 – радиальный луч; 4 – камбиальная зона; 5 – первичная и вторичная флоэма; 6 – основная паренхима вторичной коры; 7 – пробка

Таким образом, можно сказать, что корень при вторичном строении состоит из ксилемы с радиальными лучами, камбиальной зоны, вторичной коры и пробки.

Вопросы для самоконтроля

1. Корни каких растений имеют только первичное строение, а каких – переходят во вторичное?

2. В какой зоне корня у двудольных растений можно наблюдать первичное строение, а в какой вторичное?

3. С чем связан переход корня от первичного строения ко вторичному?

4. Где закладывается слой камбия при переходе корня ко вторичному строению и каково его происхождение?

5. Какие ткани дифференцируются из камбия на всем его протяжении?

6. Что происходит с первичной корой при переходе корня ко вторичному строению?

7. Из каких комплексов тканей состоит корень при вторичном строении?

Работа 18. Запасающие корни – корнеплоды

Цель работы: изучить морфологическое строение корнеплода; рассмотреть типы строения корнеплодов; определить места локализации запасных веществ.

Материалы и оборудование: микроскопы, бинокуляры, постоянные микропрепараты корня моркови, редьки, свеклы, нарезанные кружками корнеплоды моркови (Daucus carota), редьки (Raphanus sativus), свеклы (Beta vulgaris).

Корнеплоды формируются из главного корня, в котором разрастается запасающая паренхима, благодаря чему он достигает значительной толщины. При этом утолщение захватывает не только корень, но и часть стебля, главным образом гипокотиль. Корнеплоды бывают монокамбиальные и поликамбиальные.

Если запасные продукты откладываются не в главном корне, а в боковых или придаточных, образуются корневые клубни.

Задания

1. Рассмотреть внешнее строение корнеплода свеклы или другого растения.

2. Зарисовывают корнеплод и отмечают головку, шейку, с собственно корень.

3. Сравнить между собой поперечные разрезы корнеплодов моркови, редьки, свеклы.

4. Изучить постоянные препараты поперечных срезов корней моркови, редьки и свеклы.

5. Схематично зарисовывать поперечный разрез корней: моркови, редьки, свеклы и обозначают: первичную ксилему, вторичную ксилему, радиальный луч, камбий, вторичную флоэму, покровную ткань.

Порядок работы

1. *Макроскопическое строение корнеплодов.* Рассматривают корнеплод свеклы и находят: головку – укороченную стеблевую часть с листьями, шейку – наиболее толстую часть корнеплода, образующуюся за счет утолщения гипокотиля, и собственно корень с двумя продольными бороздками, от которых отходят боковые корни (рис. 18.1). Длина шейки у корнеплодов разных видов растений может быть неодинаковой.

На поперечном разрезе корнеплода моркови можно различить светлое кольцо, отделяющее более широкую наружную часть от меньшей внутренней. Это камбиальная зона. С внешней стороны от нее находится вторичная кора, а с внутренней – ксилема. Следовательно, запасные продукты в корнеплоде моркови откладываются главным образом во вторичной коре.

При рассмотрении поперечного разреза корнеплода редьки видно, что камбиальная зона расположена на периферии, очень близко от поверхности корня. Вторичная кора тонкая, а вторичная ксилема, напротив, заполняет почти весь корнеплод, в паренхиме ее накапливаются запасные продукты.

Строение корнеплода свеклы отличается от строения корнеплодов моркови и редьки. На поперечном разрезе видны чередующиеся концентрические слои: узкие жесткие и широкие сочные.

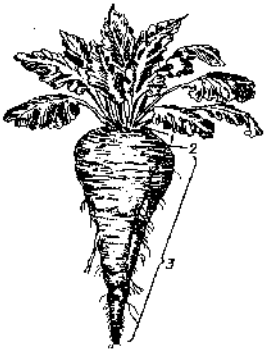


Рис. 18.1. Корнеплод свеклы (Beta vulgaris):
1 – головка; 2 – шейка; 3 – собственно корень

Чтобы более детально разобраться в строении корнеплодов, изучают постоянные препараты их поперечных срезов.

2. *Микроскопическое строение корнеплодов.* На постоянном препарате поперечного среза молодого корня моркови при малом увеличении в самом центре обычно хорошо видна двулучевая первичная ксилема (диархный пучок). От лучей первичной ксилемы отходят два радиальных луча паренхимы, а между ними размещаются два веерообразных участка вторичной ксилемы. Вокруг вторичной ксилемы расположен слой мелких клеток. Это камбиальная зона. С внешней стороны от нее – широкий слой

вторичной коры, состоящий главным образом из паренхимы и небольшого числа ситовидных трубок с сопровождающими клетками. Паренхима вторичной коры и служит основным вместилищем запасных продуктов в корне моркови (рис. 18.2).

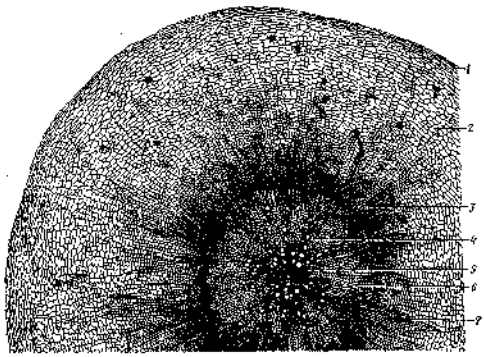


Рис. 18.2. Вторичное строени корня моркови (Daucus carota):
1 – пробка; 2 – паренхима первичной коры; 3 – камбиальная зона; 4 – вторичная ксилема; 5 – первичная ксилема; 6 – радиальный луч;
7 – первичная и вторичная флоэма

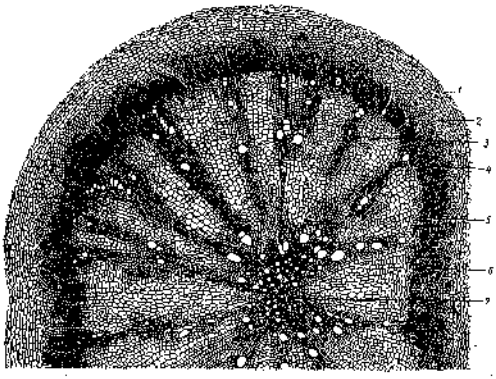


Рис. 18.3. Вторичное строение корня редьки (Raphanus sativus):
1 – пробка; 2 – паренхима первично коры; 3 – вторичная ксилема;
4 – первичная и вторичная флоэма; 5 – камбиальная зона; 6 – радиальный луч;
7 – первичная ксилема

При рассмотрении постоянного препарата поперечного среза молодого корня редьки находят в центре двулучевую первичную ксилему. От ее концов отходят два радиальных луча паренхимы,

затем два участка вторичной ксилемы, камбиальная зона и, наконец, вторичная кора. Отмечают, что наибольшую площадь на поперечном срезе занимает неодревесневшая паренхима. Она лежит с внутренней стороны от камбиальной зоны, т. е. это паренхима ксилемы и радиальных лучей. В ней и находятся запасные продукты. Сосуды, окруженные кольцом одревесневшей паренхимы, расположены разрозненными группами по радиусам среди запасающей ткани (рис. 18.3).

Сравнивая между собой вторичную структуру корнеплодов моркови и редьки, делают вывод, что оба они монокамбиальные. Однако у моркови большую часть корнеплода занимает вторичная кора, в которой накапливаются запасные продукты. У редьки же вторичная кора маленькая, а основная масса корнеплода представлена ксилемой, состоящей в основном из неодревесневшей паренхимы, в которой откладываются запасные продукты.

На постоянном препарате поперечного среза молодого корня свеклы при малом увеличении в самом центре корня видна двулучевая первичная ксилема, к которой прилегают два участка вторичной ксилемы, разделенных радиальными участками паренхимы (рис. 18.4).

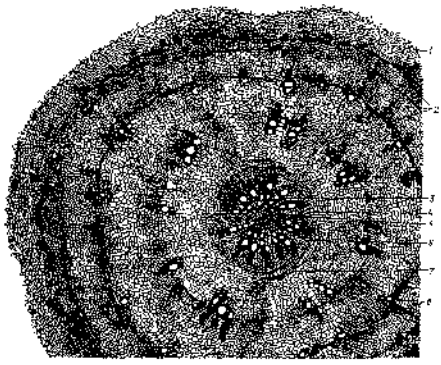


Рис. 18.4. Строение поликамбиального корня свеклы (Beta vugaris):
1 – покровная ткань; 2 – добавочные слои камбия; 3 – вторичная ксилема; 4 – радиальный луч; 5 – первичная ксилема; 6 – камбиальная зона; 7 – первичная и вторичная флоэма; 8 – колатеральные проводящие пучки

Камбий вокруг ксилемы обычно уже незаметен, а прилегающие участки вторичной флоэмы видны довольно отчетливо. Таким

образом, вторичное строение корня свеклы такое же, как и у других корнеплодов. Но вслед за вторичным наступает так называемое третичное изменение. Вокруг вторичной флоэмы по периферии корня образуется благодаря делению клеток перицикла слой паренхимных клеток.

В нем один ряд клеток начинает делиться тангенциальными перегородками и становится новым слоем камбия, откладывающим внутрь клетки ксилемы, а наружу – флоэмы в виде коллатеральных пучков, отделенных друг от друга прослойкой тонкостенной паренхимы. Одновременно в периферическом слое паренхимы образуется новое кольцо камбиальных клеток и т.д. (рис. 18.5).

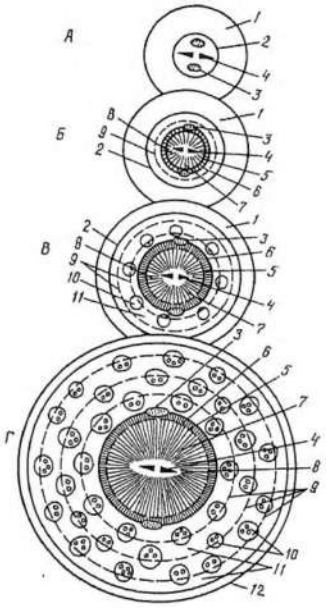


Рис. 18.5. Схема вторичных и третичных образований в корне свеклы (Beta vulgaris):

А – первичное строение; Б – вторичное строение; В – начало развития третичного строения; Г – третичное строение; 1 – первичная кора; 2 – эндодерма первичной коры; 3 – первичная флоэма; 4 – первичная ксилема; 5 – камбий; 6 – вторичная флоэма; 7 – вторичная ксилема; 8 – радиальный луч; 9 – добавочные слои камбия; 10 – проводящие пучки; 11 – запасающая паренхима; 12 – покровная ткань

Камбий вокруг ксилемы обычно уже незаметен, а прилегающие участки вторичной флоэмы видны довольно отчетливо. Таким образом, вторичное строение корня свеклы такое же, как и у других корнеплодов. Но вслед за вторичным наступает так называемое третичное изменение. Вокруг вторичной флоэмы по периферии корня образуется благодаря делению клеток перицикла слой паренхимных клеток.

В нем один ряд клеток начинает делиться тангенциальными перегородками и становится новым слоем камбия, откладывающим внутрь клетки ксилемы, а наружу – флоэмы в виде коллатеральных пучков, отделенных друг от друга прослойкой тонкостенной паренхимы. Одновременно в периферическом слое паренхимы образуется новое кольцо камбиальных клеток и т.д. (рис. 18.5).

Таким образом, жесткие слои, замеченные на поперечном разрезе корнеплода, являются ксилемой концентрических рядов, проводящих пучков, а сочные широкие слои состоят из камбиальной зоны, флоэмы и запасающей паренхимы. Корнеплод свеклы является поликамбиальным (рис. 18.4).

Вопросы для самоконтроля

1. В чем отличие корнеплода от корневого клубня?
2. Из каких частей растения образуется корнеплод?
3. В чем сходство и отличие в строении корнеплодов моркови и редьки?
4. В чем отличие в строении между корнеплодами моркови и свеклы?
5. В каких частях корнеплода откладываются запасные продукты у моркови, редьки, свеклы?

Работа 19. Побег и стебель. Строение почки

Цель работы: изучить строение побега, научиться определять типы ветвления и листорасположения, виды побегов; изучить строение расположение почек.

Материалы и оборудование: живые или гербарные образцы побегов плауна (р. Lycopodium), сосны (р. Pinus) или ели (р. Picea), вишни (р. Cerasus), сливы (р. Prunus), липы (р. Tilia), сирени (р. Syringa), каштана конского (Aesculus hyppo-castanum), яблони (р. Malus), дуба (р. Quercus), смородины (р. Ribes), березы (р. Betula), ольхи (р. Alnus), льна (р. Linum), тополя (р. Populus), а также пшеницы (р. Triticum), ржи (р. Secale) или другого растения из семейства мятликовые.

Побег – это орган, который формируется из верхушечной меристемы и расчленяется на раннем этапе морфогенеза на специализированные части: стебель, листья, почки. Основная функция побега – фотосинтез. Части его могут служить также для вегетативного размножения, накопления запасных продуктов и воды.

При характеристике побега обращают внимание на следующие особенности: тип стебля и форму его поперечного сечения, способ нарастания, положение в пространстве, тип ветвления, длину междоузлий, расположение листьев, тип почек, расположение почек.

Различают два типа стеблей. Деревянистый стебель живет много лет. Он характерен для деревьев, кустарников и полукустарников. Полукустарники отличаются от кустарников тем, что верхняя часть их стебля не одревеснеет, а ежегодно отмирает, например у полыни (р. Artemisia). Стебель травянистого типа живет один вегетационный период, он характерен для однолетних, двулетних и многолетних трав.

Обычно стебель нарастает верхушкой – верхушечный рост. Однако у некоторых растений наблюдают вставочный (интеркалярный) рост, при котором меристема расположена не на верхушке, а у основания каждого междоузлия.

Наиболее типичен вставочный рост для мятликовых (рожь, кукуруза и др.). Верхушечное нарастание может быть моноподиальным, если верхушечная меристема функционирует неопределенно долгое время, и симподиальным, если она существует ограниченное время, обычно один вегетационный период, и рост побега продолжается за счет ближайшей боковой почки

(перевершинивание).

По очертанию поперечного разреза различают стебли округлые, ребристые, трехгранные, четырехгранные и др. (рис. 19.1).

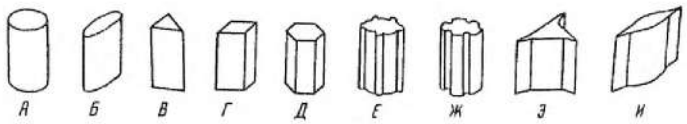


Рис. 19.1. Формы стебля на поперечном разрезе:
А – округлый; Б – сплюснутый; В – трехгранный; Г – четырехгранный; Д – многогранный; Е – ребристый; Ж – борздчатый; З, И – крылатые

Довольно разнообразны побеги по положению в пространстве: прямостоячие, восходящие, стелющиеся, цепляющиеся, вьющиеся и др. (рис. 19.2).

Выделяют два способа ветвления побега: верхушечное (дихотомическое) и боковое. При верхушечном конус нарастания (раздваивается, в результате чего от самой верхней части оси первого порядка отходят две оси второго порядка, которые, в свою очередь, также раздваиваются (рис. 19.3). Такое ветвление свойственно примитивным растениям.

Основной способ ветвления современных растений – боковой. При этом система осей может быть моноподиальной (при моноподиальном нарастании) с очередным, супротивным или мутовчатым расположением осей или симподиальной (при симподиальном нарастании) с расположением осей в виде монохазия, дихазия, плейохазия. Особого внимания заслуживает способ ветвления побега, называемый кущением. Ветвление при этом происходит только у основания стебля вследствие развития приземных и подземных почек. Этот участок называют зоной кущения. Кущение свойственно кустарникам, многолетним, а иногда и однолетним травам. У мятликовых в зависимости от длины горизонтально расположенной части побега, различают виды плотнокустовые, рыхлокустовые и корневищные. У плотнокустовых видов разветвления растут вертикально. У рыхлокустовых они сначала растут горизонтально или под углом, а затем загибаются вверх.

У корневищных разветвления растут горизонтально (рис. 19.4).

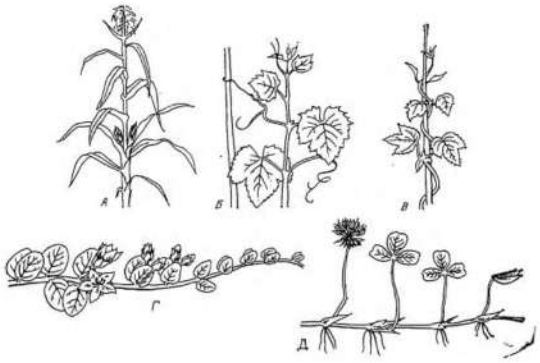


Рис. 19.2. Положение стебля в пространстве:
А – прямостоячий (кукуруза – Zea mais), Б – цепляющийся (виноград – Vitis vinifera), В – вьющийся (хмель – Humulus lupulus), Г – стелящийся (вербейник – Lysimachia nummularia), Д – ползучий (клевер – Trifoliym repens)

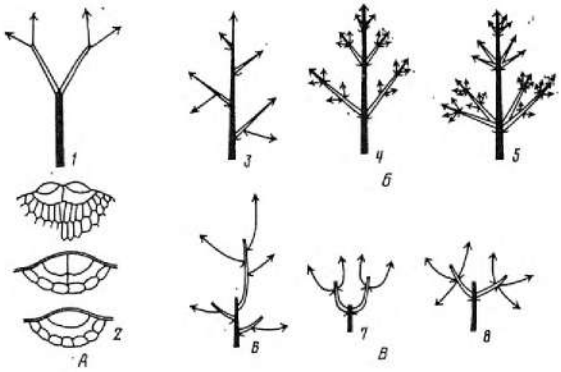


Рис. 19.3. Схема типов ветвления стебля и систем осей:
А – верхушечное ветвление; Б – боковое ветвление, моноподиальная система; В – боковое ветвление, симподиальная система; 1 – дихотомия, 2 – раздвоение верхушечной клетки (водоросль); 3 – очередное расположение осей; 4 – супротивное; 5 – мутовчатое; 6 – монохазий; 7 – дихазий; 8 – плейохазий

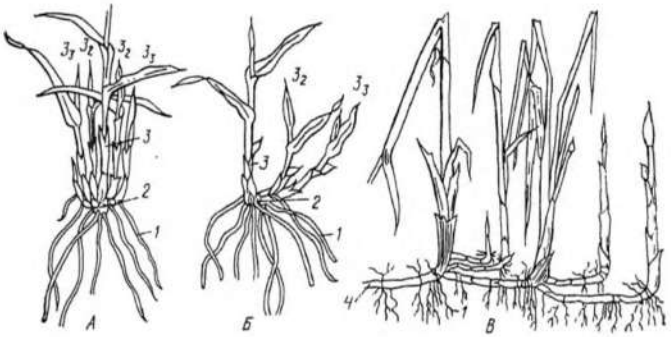


Рис. 19.4. Ветвление мятликовых:
А – плотнокустовое (белоус – Nardus stricta); Б – рыхлокустовое (мятлик – Poa annua); В – корневищное (пырей – Eletrigia repens); 1 – придаточные корни; 2 – зона кущения; 3 – побег первого порядка; 3_2-3_3 – боковые побеги второго и последующих порядков; 4 – корневище

Известны растения с неветвящимся стеблем. У таких форм боковые почки на оси первого порядка не развиваются (рис. 19.5).

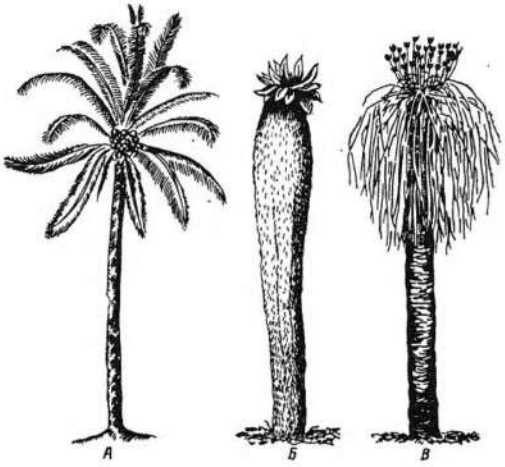


Рис. 19.5. Неветвящиеся стебли:
Ф – пальма (Cocos nucifera); Б – крестовник (Senecio friesiorum); В – кингия (Kingia australis)

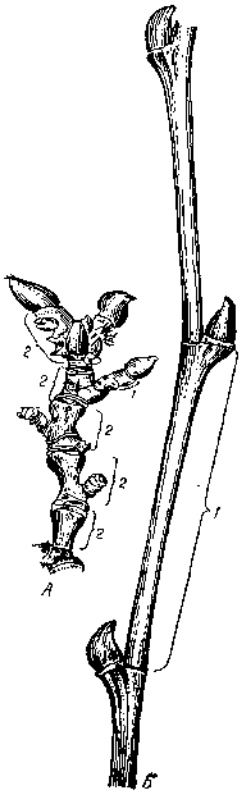


Рис. 19.6. Побеги платана (Platanus orientalis): А – укороченный; Б – удлиненный; 1 – междоузлие; 2 – годичный прирост

Побеги различают также по длине междоузлий. При ясно выраженных междоузлиях побег называют удлиненным. Если узлы сближены и междоузлия практически незаметны – это укороченный побег (плодушка, розетка) (рис. 19.6).

Существуют три основных типа листорасположения: супротивное, мутовчатое и спиральное (очередное) (рис. 19.7). Наиболее сложное и наиболее распространенное у покрытосеменных спиральное листорасположение.

У некоторых растении сочетаются различные типы листорасположения, например, на нижнем (базальном) участке стебля может быть хорошо выражено супротивное, а на верхнем – спиральное листорасположение, или наоборот. Даже при однотипном спиральном листорасположении на ортотропных и плагиотропных побегах многих древесных пород можно наблюдать разные варианты цикличности.

Порядок заложения зачатков листьев на конусе нарастания зависит от генетических факторов и является наследственным признаком, характерным для вида, а иногда и для рода или даже семейства. Однако на расположение листьев на побеге могут оказывать влияние и факторы внешней среды – освещение, сила тяжести и другие. В конечном итоге листья располагаются на стебле так, что их пластинки оказываются в наиболее благоприятных условиях освещения. Кроме того, при сохранении симметрии размещения оснований листьев на стебле, черешки их могут изгибаться и поворачивать пластинки так, что уже не удается определить исходную формулу листорасположения. При этом пластинки листьев образуют единую плоскость, в которой нет просветов, так как пустые места

между большими листьями занимают более мелкие. В результате возникает листовая мозаика, которую чаще всего можно наблюдать на горизонтальных ветвях и на вертикальных укороченных побегах (розетках), например, у липы, ели, герани и других.

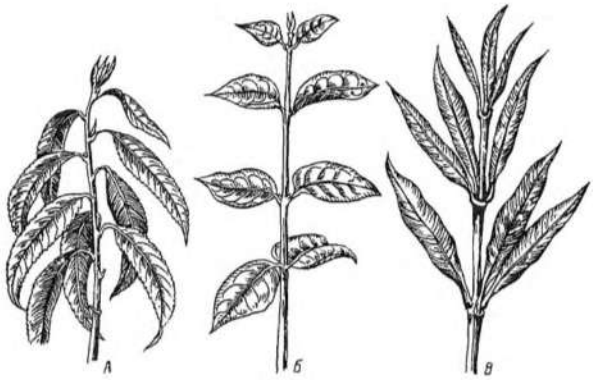


Рис. 19.7. Листорасположение:
А – спиральное, или очередное (персик – Persica vulgaris); Б – супротивное (бирючина – Ligustrum ovalifolium); В – мутовчатое (олеандр – Nerium oleander)

Иногда стебель бывает лишен листьев. В таких случаях он часто имеет зеленую окраску, т. е. ассимилирует. Зеленый, способный к фотосинтезу стебель, увенчанный цветком или соцветием, называют стрелкой. Побег образуется из почечки зародыша семени или почки на стебле.

Почка, как и зародыш, содержит в зачаточном состоянии все органы будущего побега: зачаточный стебель с конусом нарастания, зачаточные листья (примордии).

У большинства деревьев и кустарников умеренной зоны (дуб, береза, липа, ольха, ива, лещина, бузина и др.), а также у некоторых многолетних трав (копытень, грушанка и др.) почки снаружи защищены кроющими чешуйками (видоизмененными листьями), которые предохраняют их от усыхания, ярких лучей солнца, холода. Число чешуй у разных видов колеблется: иногда их более 20 (дуб), а иногда всего две (ива).

Однако у некоторых растений почки лишены чешуек и защищены лишь волосяным покровом (голые почки). Такие

почки характерны для гордовины (Viburnum lantana), крушины ломкой: (Frangula alnus), барбариса обыкновенного (Berberis vulgaris) и др.

По положению на стебле различают верхушечные и боковые почки (рис. 19.8).

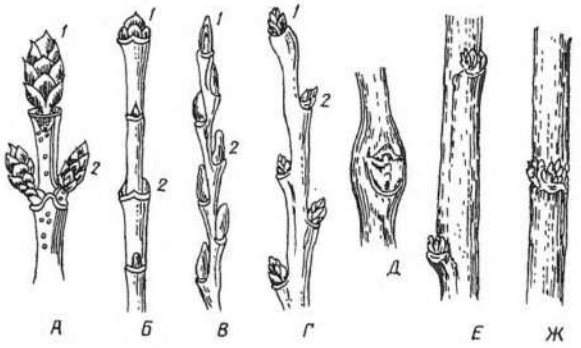


Рис. 19.8. Типы расположения одиночных (А-Г) и групповых (Д-Ж) почек:
А, Б – верхушечное и пазушное супротивное: А – каштан конский (Aesculus hyppocastanum); Б – клен (Acer platanoides); В, Г – верхушечное и пазушное очередное: В – ива (Salix alba), Г – ильм (Ulmus scarba); Д – пазушное сериальное – сифизия (Aristolochia sicho); Е – пазушное коллатеральное – волчье лыко (Daphne mezereum); Ж – пазушное мутовчатое – слива (Prunus domestica); 1 – верхушечная почка; 2 – пазушная почка

Боковые почки бывают пазушными, если расположены в пазухах листьев, и придаточными, если расположены в любом месте стебля, корня и других органов. Пазушные почки, длительное время не дающие побегов, называют спящими. Иногда придаточные почки на листьях сразу же дают маленькие побеги с придаточными корнями (р. бриофиллум – Bryopliyllum) или луковички (лук луковичконосный – Allium cearuleutn var. bulbiferum). Такие почки называют выводковыми. Пазушные почки могут быть как одиночными, так и групповыми.

В последнем случае название почек соответствует их взаиморасположению: сериальные (вертикально-рядовые), в том случае когда почки расположены в один ряд по длине побега; коллатеральные (горизонтально-рядовые), если они размещаются в

ряд поперек побега; мутовчатые, они расположены кружком.

По назначению различают вегетативные почки, репродуктивные (цветочные) и вегетативно-репродуктивные.

Задания

1. Определить тип ветвления побегов различных растений: плауна, сосны или ели, вишни или липы, сирени или конского каштана. Зарисовать схемы ветвления этих растений, как было показано на рисунке 19.3.

2. Познакомиться с особенностями зоны кущения мятликовых на примере пшеницы или ржи. Зарисовать зону кущения и сделать обозначения.

3. Проанализировать спиральное листорасположение.

4. Рассмотреть внешний вид и внутреннее строение вегетативной, генеративной и смешанной почек. Зарисовать продольный разрез всех изученных почек и обозначить их части.

5. Рассмотреть почки на побегах различных растений: тополя, дуба, сливы и др. Описать их особенности и классифицировать.

6. Изучить и зарисовать побег с удлиненными и укороченными междоузлиями.

Порядок работы

1. В качестве примера рассматривают ветвь широко распространенного кустарника – сирени обыкновенной. Уже при беглом взгляде на стебли видно, что они деревянистые, прямостоячие. Разрезав стебель при помощи ножа или скальпеля, отмечают, что в поперечном сечении он округлый.

2. Особенно внимательно изучают характер нарастания и ветвления, т. е. расположение осей разных порядков по отношению друг к другу. Определив ось первого порядка, устанавливают, что она, как правило, довольно скоро заканчивает свой рост. Одновременно начинают расти две оси второго порядка, отходящие ниже верхушки оси первого порядка и расположенные супротивно. В свою очередь, на осях второго порядка после прекращения их роста образуются оси третьего порядка, также расположенные супротивно. Таким образом, нарастание побега будет верхушечным симподиальным, а ветвление – боковым с симподиальной системой осей (дихазий). Побеги сирени летом хорошо облиственны, зимой же о листорасположении можно судить по отчетливо

заметным листовым рубцам. Листорасположение у сирени супротивное, от каждого узла отходит по два листа. Междоузлия хорошо заметны, следовательно, это типичные удлиненные побеги. На верхушке побега и в пазухе каждого листа расположено по одной почке. Почка покрыта сверху почечными чешуйками.

Итак, стебель сирени обыкновенной деревянистый, прямостоячий, с верхушечным симподиальным нарастанием и боковым ветвлением. Система осей симподиальиая, дихазий. В поперечном сечении стебель округлый. Побеги облиственные, удлиненные, с супротивным листорасположением и пазушными одиночными почками. Все почки защищенные.

3. Рассматривают почки побега сирени обыкновенной или другого растения и устанавливают, что они покрыты плотными чешуями бурого цвета, расположенными черепитчато. Скальпелем или бритвой делают продольный разрез более крупной боковой почки, выросшей под отмершей верхушкой побега. Изучают ее при помощи лупы или бинокуляра. Находят довольно кроткий зачаточный стебель с конусом нарастания, превратившимся в зачаточное, соцветие, и листья. Следовательно, это вегетативно-репродуктивная почка.

4. Затем изучают боковую почку со средней части побега. Она не имеет зачаточного соцветия. Это вегетативная почка.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем отличие деревянистого стебля от травянистого?
2. Стебли каких растений имеют в основном вставочный (интеркалярный) рост?
3. Чем отличается ползучий побег от стелющегося, вьющийся от цепляющегося, прямостоячий – от всех указанных выше?
4. В чем принципиальное отличие верхушечного ветвления от бокового?
5. Чем отличается моноподиальная система боковых осей от симподиальной?
6. В чем отличие главной оси растения с монолодиальным верхушечным нарастанием от главной оси растения с симподиальным верхушечным нарастанием?
7. Почему симподиальное нарастание более прогрессивно, чем моноподиальное?
8. В чем отличие укороченного побега от удлиненного?
9. Как определить листовой цикл при спиральном листорасположении?

10. Всегда ли почки защищены почечными чешуйками?

11. Какая разница между пазушными и придаточными почками?

12. Какова характерная особенность вегетативно-репродуктивных почек?

13. Какие почки называют спящими?

14. В чем отличие сериального расположения групповых почек от коллатерального и мутовчатого?

Работа 20. Микроскопическое строение стебля голосеменных и древесных покрытосеменных (двудольных) растений – непучковое строение

Цель работы: изучить особенности строения различных древесных растений; научиться определять на срезах виды тканей и возраст растения.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы бинокуляры, распилы многолетних стволов сосны (Pinus sylvestris), ели (Picea abies), дуба (p. Quercus), липы (Tilia cordata), березы (Betula verrucosa) и др., постоянные микропрепараты их поперечных срезов.

Стебель в типичных случаях – это осевой полисимметричный орган неограниченного роста, несущий листья и почки; увеличение его в длину происходит за счет верхушечного и вставочного роста, ветвление и заложение почек осуществляются наружно (экзогенно). Стебель обеспечивает связь между надземными ассимилирующими органами (воздушное питание) и подземными органами (почвенное питание) обусловливает образование большого числа листьев с мощной ассимиляционной поверхностью и наилучшее размещение их по отношению к свету, является вместилищем запасных продуктов.

У стебля, как и у корня, ниже конуса нарастания в зоне зачаточных (примордиальных) листьев происходят дифференциация клеток первичной меристемы и формирование первичного строения. У голосеменных и большинства двудольных покрытосеменных растений впоследствии появляется латеральная меристема – сплошной камбиальный цилиндр, образующий вторичные ткани и обусловливающий таким образом рост стебля в толщину.

У древесных растений прокамбий закладывается сплошным цилиндром и вскоре преобразуется в камбий. Прокамбий и камбий на всем протяжении дифференцируются в элементы флоэмы и ксилемы. Следовательно, и при первичном, и при вторичном строении флоэма и ксилема представляют собой сплошной цилиндр. Так возникает непучковое строение.

Задания

1. Рассмотреть распилы многолетних стволов двух-трех видов растений, схематично зарисовать один из них и сделать обозначения.

2. Изучить постоянный микропрепарат поперечного среза стебля сосны. Ознакомиться с его общей структурой, а затем обозначить ткани и их комплексы в тетради. Можно воспользоваться готовым препаратом.

3. Изучить постоянный микропрепарат поперечного среза стебля липы. Ознакомиться с его общей структурой, а затем обозначить ткани и их комплексы в тетради. Можно воспользоваться готовым препаратом.

Порядок работы

1. Рассматривают два-три распила многолетних стволов, желательно не моложе 30-35 лет. Обращают внимание на то, что на распиле березы вся древесина (первичная и вторичная ксилемы) более или менее однородна, тогда как на остальных хорошо выражена слоистость. Причем последовательно чередуются более широкие светлые кольца и более узкие темные. Светлое кольцо формируется при интенсивном росте. Оно состоит из элементов ксилемы, которые имеют относительно тонкие стенки и большие полости. Темное кольцо формируется осенью при замедленном росте. Оно состоит из сходных элементов ксилемы, но более толстостенных, с небольшими полостями. Светлое и темное кольца составляют годичное кольцо древесины. Таким образом, слоистость древесины определяется периодичностью функционирования камбия. У березы же камбий в течение всего вегетационного периода образует более или менее одинаковые элементы ксилемы, поэтому слоистость у нее выражена слабо, однако под микроскопом она заметна. По числу колец можно установить приблизительный возраст ствола, ветви.

В центре распила находится сердцевина, иногда слабо выраженная, иногда более или менее разрушенная. При рассмотрении распилов невооруженным глазом или при помощи лупы видно, что на некоторых из них по радиусам, т. е. в направлении от сердцевины к коре, идут светлые линии. Это сердцевинные лучи. Они состоят из тонкостенных паренхимных клеток.

Даже при беглом взгляде на распилы видов некоторых родов (дуб, тисс и др.) хорошо заметна окрашенная центральная часть ствола. Это ядровая древесина, светлый же массив древесины, расположенный между ядровой древесиной и корой, называют заболонью (рис. 20.1). Ткани ядровой древесины выполняют

не проводящую функцию, а только скелетную (механическая опора). В ее клеточных стенках и полостях откладываются дубильные вещества, смолы, камеди, соли и другие продукты метаболизма.

По периферии распила хорошо обособлена кора (ткани, расположенные между камбием и коркой). Между корой и древесиной функционировал тонкий камбиальный слой. Его отмечают на рисунке условно. Самый наружный слой распила – корка.

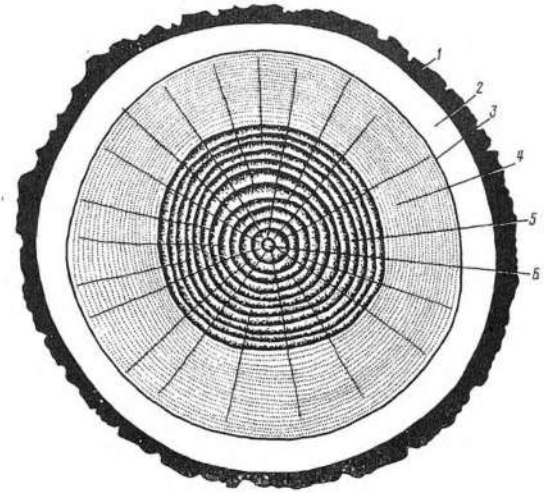


Рис. 20.1. Распил ствола дуба (Quercus longipes):
1 – корка; 2 – кора; 3 – камбий; 4 – заболонь; 5 – ядро (4-5 древесина); 6 – сердцевина

2. *Стебель сосны.* В центре стебля находят небольшой участок тонкостенных паренхимных клеток. Это сердцевина стебля (рис. 20.2).

К периферии от нее концентрическими слоями лежат годичные кольца древесины (ксилемы). Они составляют основной массив стебля. В древесине повсюду, но преимущественно в более темных (осенних) участках годичных колец, находятся смоляные каналы. Это схизогенные вместилища выделений. Стенки смоляных каналов выстланы живыми тонкостенными клетками. При большом увеличении отчетливо видно, что древесина состоит из однородных элементов – трахеид. Различия в пределах каждого

кольца наблюдаются лишь в размерах трахеид: в светлой части кольца расположены трахеиды тонкостенные, с большой полостью (работа камбия весной); в более темной части кольца – толстостенные, с малой полостью, сжатые в радиальном направлении (работа камбия летом и осенью). Первые из них выполняют проводящую функцию, вторые – главным образом механическую. На радиальных стенках крупных трахеид имеются окаймленные поры. Они свойственны только проводящим элементам.

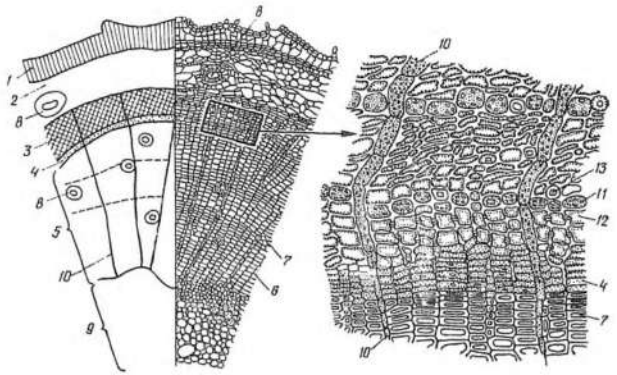


Рис. 20.2. Стебель сосны (Pinus sylvestris) на поперечном разрезе:
1 – покровная ткань; 2 – паренхима первичной коры; 3 – флоэма; 4 – камбиальная зона; 5 – ксилема; 6 – весенние трахеиды; 7 – осенние трахеиды; 8 – смоляной канал; 9 – сердцевина; 10 – сердцевинный луч; 11 – лубяная паренхима; 12 – ситовидная клетка; 13 – клетка с кристаллом

В общей массе трахеид легко обнаружить радиальные полоски – сердцевинные луча. Их образуют живые удлиненные паренхимные клетки, расположенные в один ряд. Одни сердцевинные лучи идут от сердцевины до коры (первичные лучи), другие начинаются от какого-либо годичного кольца древесины и иногда не достигают коры (вторичные лучи). По сердцевинным лучам осуществляется передвижение веществ в горизонтальном направлении.

Таким образом, древесина сосны, как и других хвойных, имеет весьма однородную и поэтому примитивную организацию: ни сосудов, ни специализированных механических элементов (либриформа) у хвойных нет, а древесинная паренхима представлена

только клетками сердцевинных лучей и эпителиальными клетками смоляных каналов. Границей между древесиной и вторичной корой является камбиальная зона.

Вторичная кора состоит из вторичной и первичной флоэмы и перициклической зоны. Хорошо заметна довольно четкая граница между камбиальной зоной и ксилемой, в то время как между камбиальной зоной и флоэмой переход постепенный. Клетки камбия внешне сходны с ситовидными трубками. Последние во флоэме сосны не имеют сопровождающих клеток. Однако их можно отличить от камбия по отсутствию содержимого, большим размерам и утолщениям на радиальных стенках – это дополнительные ситовидные пластинки, которые имеются не только на поперечных, но и на боковых стенках ситовидных трубок. Ситовидные трубки, располагающиеся радиальными рядами по периферии флоэмы, облитерированы, т. е. смяты. Между слоями мелких ситовидных трубок видны более крупные округлые клетки лубяной паренхимы. Они содержат крахмал и другие запасные продукты.

Сердцевинные лучи и во флоэме состоят из одного ряда клеток, однако более крупных, чем в ксилеме. С внешней стороны от флоэмы располагаются крупные клетки паренхимы первичной коры, среди которых заметны большие смоляные каналы.

Покровная ткань образована слоями клеток с тонкими опробковевшими стенками, чередующимися со слоями клеток с толстыми одревесневшими стенками.

В результате исследования можно отметить две важные структурные особенности коры у сосны: отсутствие сопровождающих клеток у ситовидных трубок и наличие в первичной коре, как и в древесине, смоляных каналов.

Выполняют два рисунка. Схематично зарисовывают сектор поперечного среза при малом увеличении и обозначают: сердцевину; древесину с годичными кольцами, смоляными каналами и сердцевинными лучами; камбиальную зону; вторичную кору со вторичной и первичной флоэмой, сердцевинными лучами и перициклической зоной; первичную кору с паренхимой, смоляными каналами, живыми элементами перидермы; покровную ткань. Детально зарисовывают участок среза на границе флоэмы и ксилемы при большом увеличении, обозначив: клетки камбиальной зоны, элементы флоэмы с ситовидными трубками, лубяной паренхимой, клетками сердцевинного луча, а также элементы ксилемы

(трахеиды, клетки сердцевинного луча).

3. *Стебель липы.* Стебель липы имеет типичное для двудольных древесных растений строение. Сначала знакомятся с общим планом строения- стебля на поперечном срезе при малом увеличении. На препарате видно, что вокруг небольшого центрального участка сердцевины располагаются концентрическими кругами годичные слои древесины, окрасившиеся от реактива в малиново-красный цвет (рис. 20.3). Вокруг древесины ясно заметна темная полоска камбия. За камбием лежит ряд трапециевидных участков флоэмы, обращенных широким основанием к камбию.

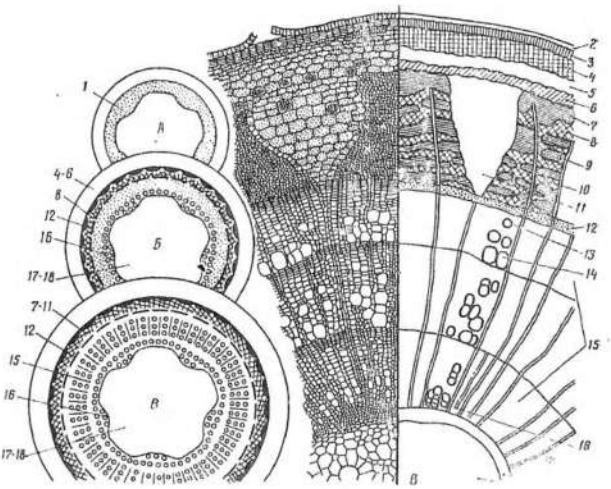


Рис. 20.3. Схема строения стебля липы (Tilia cordata на разных уровнях (слева) и поперечный разрез стебля на уровне сформированной структуры (справа):

А – срез на уровне появления прокамбия; Б – на уровне появления камбия; В – на уровне сформированной структуры; 1 – прокамбий; 2 – остатки эпидермы; 3 – пробка; 4 – коленхима; 5 – паренхима коры, 6 – эндодерма (4-6 – первичная кора); 7 – перицеклическая зона; 8 – первичная флоэма; 9 – твердый луб; 10 – мягкий луб (вторичная флоэма); 11 – сердцевинный луч (7-11 – вторичная кора); 12 – камбиальная зона; 13 – осенняя древесина; 14 – весенняя древесина (1-14 – годичное кольцо древесины); 15 – вторичная древесина; 16 – первичная древесина (15, 16 – древесина); 17 – перимедулярная зона; 18 – основная паренхима (17, 18 – сердцевина, 7-18 – центральный цилиндр)

Они рассечены поперек прослойками склеренхимы,

окрасившейся под действием реактива в розовый цвет. Между участками флоэмы видны участки паренхимы треугольной формы, обращенные вершиной к камбию, а основанием – к периферии. От вершины такого треугольника в древесину тянется радиальный ряд клеток с темным содержимым. Это сердцевинный луч. В ксилеме он представлен одним рядом клеток.

Участки флоэмы, паренхима сердцевинных лучей, разделяющая участки флоэмы, и перициклическая зона, расположенная под эндодермой, составляют вместе вторичную кору. С наружной стороны от нее начинается первичная кора, в состав которой входят: эндодерма, паренхима и пластинчатая колленхима. У древесных растений эндодерма выражена слабо, по форме клеток она почти не отличима от следующей за ней паренхимы, представляющей собой более или менее растянутые в тангенциальном направлении крупные клетки, в которых нередко попадаются друзы оксалата кальция; снаружи от паренхимы видна мелкоклеточная ткань с густым темным содержимым – пластинчатая колленхима. Сверху стебель покрыт пробкой, которая кажется сплошной благодаря темно-коричневой окраске клеточных стенок.

Когда общий план строения стебля хорошо усвоен, переходят к более детальному изучению основных его блоков. Их рассматривают последовательно от периферии к центру, сначала при малом, затем при большом увеличениях. При этом обращают внимание на ткани, из которых они состоят.

Покровная ткань. Самая наружная часть среза наиболее пигментирована. Только на тонких участках при большом увеличении хорошо видна клеточная структура. Зарисовывают рядом с общей схемой небольшой участок пробки, состоящий из плотно сомкнутых радиальных рядов клеток. Иногда на поверхности пробки сохраняются остатки отмершей первичной покровной ткани – эпидермы.

Первичная кора. К пробке примыкает слой мелких клеток с блестящими белыми стенками. Обращают внимание на то, что тангенциальные стенки явно утолщены. Это живые клетки механической ткани – пластинчатой колленхимы. Под колленхимой лежит хорошо обособленный и легко наблюдаемый слой крупных клеток паренхимы первичной коры. Эти клетки имеют живое содержимое, а в некоторых есть друзы. Наиболее глубокий слой клеток первичной коры – эндодерма, выражен слабо. Зарисовывают

рядом с соответствующими участками схемы по нескольку клеток колленхимы и паренхимы.

Вторичная кора. Это хорошо обособленная морфологически и постоянно функционирующая часть стебля. Вторичная кора представляет собой один из трех крупных блоков, формирующих центральный цилиндр.

Наружный слой вторичной коры, расположенный под эндодермой, называют перициклической зоной. Обращают внимание на то, что она многослойна. Здесь чередуются по кругу группы клеток склеренхимы и паренхимы. К центру от перициклической зоны хорошо заметны участки флоэмы. На поперечном срезе стебля они имеют форму трапеций, расширяющихся в сторону камбия и древесины и суженных к периферии. При большом увеличении видно, что горизонтальные прослойки слабо одревеснев шей ткани состоят из плотно примыкающих друг к другу клеток склеренхимы – лубяных волокон. Стенки этих клеток настолько утолщены, что полости их наблюдают лишь в виде точек.

Между слоями лубяных волокон, называемых часто твердым, или толстостенным, лубом, расположены остальные элементы флоэмы, называемые все вместе мягким, или тонкостенным, лубом. К мягкому лубу относят также паренхиму сердцевинных лучей. Ситовидные трубки липы имеют наклонные ситовидные пластинки, поэтому на поперечном срезе они не видны полностью. Их отрезки можно заметить только в виде темных пятен. Ситовидные трубки легко узнать по их относительно крупным размерам и отсутствию содержимого (жидкое содержимое вытекает при поперечном разрезе). Рядом с ситовидными трубками находятся мелкие сопровождающие клетки с темным густым содержимым. Лубяная паренхима состоит из мелких клеток, похожих на сопровождающие клетки, также с густым содержимым. Она лежит более или менее правильными рядами вокруг ситовидных трубок.

Камбий. Пограничной зоной флоэмы и древесины служит камбий – латеральная меристема. Он состоит из типичных мелких тонкостенных клеток, крупноядерных, заполненных цитоплазмой, не имеющих больших вакуолей. Откладывая новые клетки древесины, слой камбия отодвигается тем самым к периферии, а вместе с ним отодвигаются и все ткани, лежащие снаружи от этого слоя. К осени деятельность камбия приостанавливается, а с началом весеннего роста возобновляется.

Древесина. Древесина – второй крупный блок центрального цилиндра. Вторичная древесина, как и у сосны, представлена годичными кольцами. Неоднородное строение древесины образуется в результате периодичности функционирования камбия. Весенняя древесина состоит преимущественно из больших по диаметру сосудов. Причем сосуды максимального диаметра сосредоточены у границы предыдущего годичного кольца. Такую древесину называют кольцесосудистой. Летнее – осенняя древесина состоит из сосудов малого диаметра с преобладанием трахеид и либриформа, которые как бы сплюснуты. За мелкими элементами осенней древесины на следующий год опять образуются сосуды большого диаметра. Этот резкий переход от мелкоклеточной осенней древесины к крупноклеточной весенней и создает видимые простым глазом границы слоев годичного прироста древесины. Детально знакомятся с общей структурой вторичной древесины и отдельными элементами одного из годичных колец при большом увеличении. На границе с сердцевиной заметны небольшие выступы – участки первичной древесины. На продольных срезах видно, что они состоят главным образом из кольчатых и спиральных сосудов.

Сердцевина. В центре стебля размещается тонкостенная паренхимная ткань – сердцевина. Она состоит из неоднородных клеток, различающихся по размерам и характеру содержимого. Некоторые, более крупные, не имеют живого содержимого, стенки их одревесневают. Вокруг них располагаются еще живые клетки, но обычно с темным содержимым, богатым дубильными веществами. Ближе к древесине видны более мелкие клетки сердцевины, часто богатые крахмалом. Это так называемая перимедуллярная зона.

В заключение отмечают, что при переходе ко вторичному строению первичная кора у стебля сохраняется. В центре лежит основная паренхима, составляющая сердцевину. У некоторых растений клетки сердцевины разрушаются, образуя полость. У корня же при переходе ко вторичному строению первичная кора сбрасывается, а в центре сохраняется ксилема (первичная и вторичная).

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности структуры флоэмы и ксилемы у хвойных растений?
2. По каким элементам можно отличить стебель голосеменного растения от стебля древесного покрытосеменного?

3. Какой тип строения имеют стебли древесных растений? Как закладывается в них прокамбий?

4. Что такое вторичная кора?

5. Каковы различия в происхождении первичной и вторичной коры? Из каких тканей они состоят?

6. Сколько колец камбия имеют стебли древесных растений?

7. Какими элементами представлена перициклическая зона у липы?

8. С чем связано образование годичных колец вторичной древесины? От чего зависит их толщина?

9. Какую древесину называют кольцесосудистой и какую рассеянно-сосудистой? Какая из них свойственна липе и яблоне?

10. Что такое заболонь?

11. Что такое ядровая древесина? Как она образуется?

12. Из каких элементов состоят сердцевинные лучи и какую функцию они выполняют? Как отличить первичный сердцевинный луч от вторичного?

13. Что такое перимедуллярная зона?

14. Из каких блоков состоит центральный цилиндр стебля при вторичном строении?

Работа 21. Микроскопическое строение стебля травянистых двудольных растений

Цель работы: изучить все типы анатомического строения стебля травянистых растений, класса двудольные.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, постоянные микропрепараты поперечных срезов стеблей льна (Linum usitatissimum), подсолнечника (Helianthus annuus), кирказона (Aristolochia clematitis), лютика ползучего (Ranunculus repens).

Происхождение камбия у травянистых двудольных растений может быть различным. У одних видов он возникает очень рано из сплошного кольца прокамбия вслед за появлением первичных элементов ксилемы и флоэмы. В этом случае первичное и вторичное строение стебля будет непучковым. У других растений прокамбий закладывается тяжами и камбий возникает не только из прокамбия, но и из паренхимы между уже сформировавшимися проводящими пучками. В этом случае первичное строение стебля будет пучковым, а вторичное – либо пучковым, либо переходным. Пучковое строение будет в том случае, если межпучковый камбий дифференцируется только в паренхиму; переходное – если межпучковый камбий, как и пучковый, образует элементы флоэмы и ксилемы. Лишь у немногих травянистых двудольных не образуется сплошной камбиальный цилиндр, а камбий остается только внутри пучков, между которыми расположена паренхима. У таких растений стебель не может сильно утолщаться.

При пучковом строении стебля у двудольных растений пучки расположены в один ряд по окружности параллельно поверхности стебля. Разнообразие строения стеблей двудольных чрезвычайно велико. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся типы строения.

Задания

1. Изучить поперечный срез стебля льна и ознакомиться с непучковым строением, а также со строением лубяных волокон этого растения.
2. Ознакомиться с переходным строением стебля подсолнечника.
3. Изучить пучковое строение стебля кирказона.

4. На примере стебля лютика ползучего познакомиться с пучковым строением стебля без межпучкового камбия.

5. Обозначить ткани и комплексы всех изученных типов строения стеблей в рабочей тетради.

Порядок работы

1. *Стебель льна (непучковое строение).* При малом увеличении обращают внимание на сплошной мощный слой *ксилемы*, элементы которой у льна расположены правильными радиальными рядами (рис. 21.1).

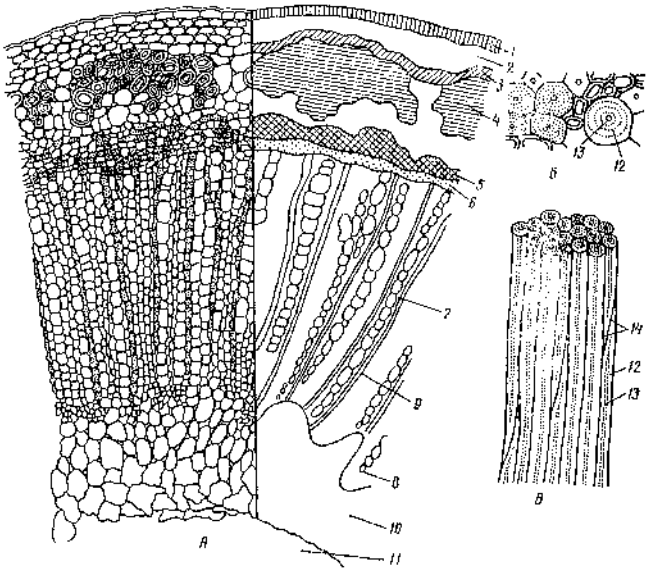


Рис. 21.1. Стебель льна (Linum usitatissmum) на поперечном разрезе (Л) и лубяные волокна на поперечном (Б) и продольном (В) разрезах:
1 – эпидерма; 2 – паренхима первичной коры; 3 – эндодерма; 4 – лубяные волок; 5 – флоэма; 6 – камбиальная зона; 7 – вторичная ксилема; 8 – первичная ксилема; 9 – сердцевинный луч; 10 – паренхима сердцевины; 11 – полость; 12 – стенка клетки; 13 – полость клетки; 14 – заостренные концы клетки

К центру от ксилемы находят сердцевину, как правило, с большой полостью. Флоэма, как и ксилема, располагается одним непрерывным слоем.

Ознакомившись с общим планом строения стебля,

пространственным расположением и соотношением его отдельных блоков, отыскивают наиболее тонкий сектор и ставят объектив большого увеличения.

У поверхности стебля видны сравнительно крупные клетки эпидермы, покрытые желтоватой кутикулой. За эпидермой лежит небольшой слой мелких клеток хлорофиллоносной паренхимы коры. Первичная кора заканчивается волнистым рядом более крупных клеток эндодермы, называемой иногда крахмалоносным влагалищем, так как в клетках ее накапливается вторичный крахмал. Эндодерма будет видна лучше, если подействовать па срез раствором йода в йодиде калия.

Под эндодермой расположены плотные группы толстостенных сравнительно крупных клеток, округлых или многогранных, причем в более толстых местах среза стенки их остались белыми и блестящими, а в тонких местах пропитываются хлор – цинк – йодом и принимают фиолетовую окраску. Это лубяные волокна перициклического происхождения, ради которых главным образом и возделывают лен. Пользуясь микрометренным винтом, можно увидеть слоистость стенок. Внутрь от лубяных волокон расположен тонкий слой флоэмы, а за ней – камбий.

Рассматривая ксилему при большом увеличении, замечают, что между довольно крупными элементами без протопластов располагаются радиальные ряды мелких клеток, заполненных цитоплазмой и от этого имеющих более темный цвет. Это сердцевинные лучи, состоящие из живых паренхимных клеток с одревесневшими стенками. Расположенные ближе к центру мелкие первичные элементы ксилемы не одревесневают. Определить, из каких элементов состоит ксилема, можно только при исследовании продольных срезов стебля. Первичная ксилема содержит кольчатые и спиральные сосуды, а вторичная – пористые сосуды, трахеиды и либриформ. Ниже ксилемы расположена крупноклеточная паренхима сердцевины.

Микроскопический анализ поперечных срезов стеблей льна осуществляют при определении качества волокна в селекционной работе. Плотные группы лубяных волокон с толстыми стенками и маленькими полостями представляют собой хорошее техническое волокно, а рыхло расположенные, разрозненные лубяные волокна с относительно тонкими стенками и большими полостями дают техническое волокно плохого качества.

2. *Стебель подсолнечника (переходное строение).* Проводящие пучки на срезе расположены близко к поверхности стебля в один ряд. Все пучки как бы связаны волнистой полоской очень мелких клеток с более темным содержимым. Это и есть образовавшийся из паренхимы межпучковый камбий. Из него дифференцируются новые проводящие пучки, которые расположены между более крупными пучками (рис. 21.2).

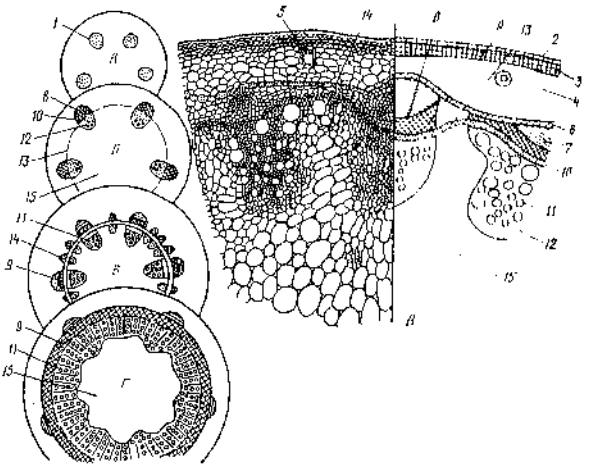


Рис. 21.2. Схемы строения стебля подсолнечника (Helianthus annuus) на разных уровнях (слева) и поперечный разрез стебля на уровне перехода к пучковому строению (справа):
А – срез на уровне появления прокамбия; Б – на уровне появления камбия; В – на уровне перехода к непучковому строению; Г – на уровне сформированной структуры; 1 – прокамбий; 2 – эпидерма; 3 – колленхима; 4 – паренхима коры; 5 – смоляной канал; 6 – эндодерма (3-6 – первичная кора); 7 – склеренхима; 8 – первичная флоэма; 9 – вторичная флоэма; 10 – пучковой камбий; 11 – вторичная ксилема; 12 – первичная ксилема; 13 – межпучковый камбий; 14 – пучок из межпучкового камбия; 15 – паренхима сердцевины (7-15 – центральный цилиндр)

Затем рассматривают ткани стебля при большом увеличении. Снаружи стебель покрыт эпидермой, на которой образуются крупные многоклеточные волоски. Под эпидермой расположена механическая ткань – колленхима. Ближе к периферии находятся слои пластинчатой колленхимы, а глубже – уголковой. Обращают

внимание на то, что клетки колленхимы имеют живое содержимое, в том числе ядро и хлоропласты.

Под колленхимой лежит небольшой слой паренхимы первичной коры, заканчивающийся извилистым слоем из цепочки клеток, прилегающих к участкам склеренхимы. Это эндодерма. Однако крахмал в клетках разрушен действием соляной кислоты. Он виден на срезах, на которые подействовали раствором йода в йодиде калия. В основной паренхиме изредка встречаются схизогенные смоляные каналы. Таким образом, первичная кора состоит из колленхимы, основной паренхимы, эндодермы.

Сразу же за первичной корой расположен центральный цилиндр. Он начинается хорошо обособленными группами толстостенных клеток склеренхимы с одревеснеющими стенками (на продольном срезе они представляют собой тяжи) перициклического происхождения. Отмечают, что у стебля подсолнечника, как и у стеблей древесных растений, перициклическая зона состоит из участков склеренхимы, чередующихся по кругу с паренхимой. Здесь также изредка встречают смоляные каналы.

Важно отметить, что тяжи склеренхимы разбросаны не произвольно, а в комплексе с коллатеральными пучками всегда прилегают к флоэмной части пучка. Пучки открытые, размещены равномерно по окружности стебля.

Несколько изогнутая зона пучкового камбия, выходя за пределы пучка, формирует выпуклую дугу межпучкового камбия. Широкая камбиальная зона – свидетельство активной деятельности камбия. За два месяца стебель подсолнечника утолщается в 8-10 раз. Межпучковый камбий возникает из основной паренхимы, после того как из прокамбия сформируются проводящие пучки и начнется деятельность пучкового камбия. Межпучковый камбий образует элементы нового проводящего пучка: ксилему внутрь от камбия и флоэму наружу от него. Постепенно новые и старые пучки разрастаются и сливаются. В итоге деятельности межпучкового камбия в нижней части стебля образуется сплошной слой ксилемы с острыми выступами, вдающимися в сердцевину. Снаружи к ксилеме примыкает непрерывный слой камбия, а за ним слой флоэмы.

С внутренней стороны от пучков видна крупноклеточная паренхима сердцевины, составляющая основную массу стебля. Молодые клетки паренхимы прозрачны, имеют целлюлозные стенки и сохраняют живое содержимое.

3. Стебель кирказона (пучковое строение). При малом увеличении хорошо видны основные блоки стебля: эпидерма, первичная кора и центральный цилиндр, который начинается широким кольцом склеренхимы перициклического происхождения (рис. 21.3). Внешняя граница этого кольца ровная, а внутренняя – волнистая. над пучками она приподнимается, между пучками опускается. Стенки клеток склеренхимы окрашены в красный цвет в результате действия реактива. Однако у верхней границы кольца стенки клеток окрашены более интенсивно, чем у нижней, так как содержат больше лигнина. Если для исследования взята довольно молодая часть стебля, то стенки клеток, расположенных у внутренней границы кольца, могут еще не содержать лигнина и имеют серый цвет.

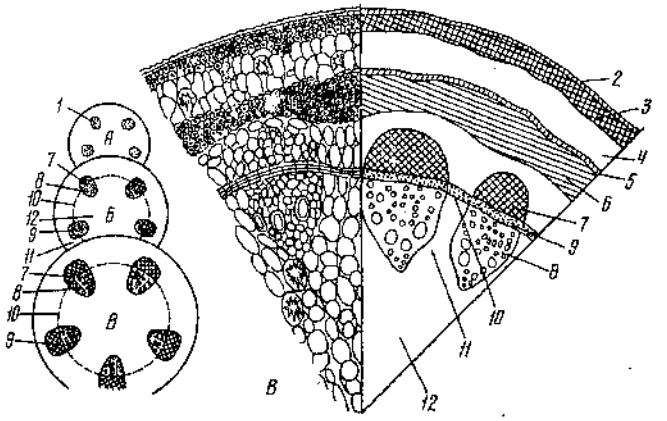


Рис. 21.3. Схемы строения стебля кирказона (Aristolochia clematitis) на разных уровнях (слева) и поперечный разрез стебля на уровне сформированной структуры (справа):
А – срез на уровне появления прокамбия; Б – на уровне появления камбия; В – на уровне сформированной структуры; 1 – прокамбий; 2 – эпидерма; 3 – колленхима; 4 – паренхима коры; 5 – эндодерма (3-5 – первичная кора); 6 – склеренхима перицикла; 7 – флоэма; 8 – ксилема; 9 – пучковый камбий (7-9 – открытый коллатеральный пучок); 10 – межпучковый камбий; 11 – сердцевинный луч; 12 – паренхима сердцевины (6-12 – центральный цилиндр)

Однако внутренняя граница склеренхимного кольца всегда хорошо видна, так как под ним лежит крупноклеточная

тонкостенная паренхима. Обращают внимание на то, что проводящие пучки расположены в один ряд по кругу. Это коллатеральные пучки. Ксилема окрасилась под действием реактива в красный цвет. Флоэма отличается от окружающей ее паренхимы более мелкими клетками. Пучки разделены первичными сердцевинными лучами. В центре стебля расположен большой участок паренхимы, представляющий собой сердцевину.

После этого переходят к изучению препарата при большом увеличении. Начинают с поверхности стебля. Отмечают, что эпидерма состоит из прямоугольных, плотно сомкнутых клеток. Наружная стенка их гораздо толще боковых и внутренней. Эпидерма покрыта слоем кутикулы. Под эпидермой виден слой мелких клеток с утолщенными стенками. При внимательном рассмотрении можно установить, что это колленхима, чаще пластинчатая, иногда уголковая. Далее расположен слой крупноклеточной тонкостенной паренхимы. В некоторых клетках имеются кристаллы оксалата кальция в виде друз. Самый внутренний слой паренхимы состоит из более мелких клеток. Это эндодерма. Ею заканчивается первичная кора.

Клетки первого слоя центрального цилиндра – склеренхимы – на поперечном разрезе многоугольные, плотно прилегают друг к другу, стенки их толстые, пронизаны простыми порами. На продольном разрезе эти клетки длинные, прозенхимные. Следовательно, это древесинные волокна.

Далее изучают структуру проводящих пучков. Первичная ксилема размещается на границе с сердцевиной и состоит из небольшого числа кольчатых и спиральных сосудов малого диаметра и трахеид. Вторичная ксилема, образованная камбием, включает сосуды большого диаметра (сетчато-пористые), древесинные волокна и древесинную паренхиму. Вторичную флоэму образуют ситовидные трубки и сопровождающие клетки. Первые – крупные, вторые – мелкие, с густым содержимым. Кроме того, во флоэме имеется тонкостенная лубяная паренхима. Первичная флоэма расположена в наружной части пучка и состоит из Деформированных клеток,

Между ксилемой и флоэмой лежит камбиальная зона, состоящая из прямоугольных клеток, расположенных правильными радиальными рядами. Она состоит из камбия (один слой клеток) и его производных, не утративших еще сходства с ним. Участок

камбия между флоэмой и ксилемой называют пучковым. На более поздних фазах роста в паренхиме, разделяющей пучки, также образуется камбий, который называют межпучковым. Участки межпучкового камбия примыкают к пучковому камбию, образуя сплошной камбиальный цилиндр. Межпучковый камбий дифференцируется только в паренхиму сердцевинных лучей.

Сердцевина представляет собой рыхло сложенную паренхимную ткань. В некоторых ее клетках также есть друзы.

4. Стебель лютика ползучего (пучковое строение без межпучкового камбия). Изучение общего плана строения проводят при малом увеличении, а детали структуры отдельных частей стебля проводят при большом увеличении в той же последовательности, что и при изучении предыдущего объекта.

Даже при беглом взгляде на препарат при малом увеличении заметно, что структура стебля у лютика значительно проще, чем у кирказона. Основная масса стебля представлена рыхлой паренхимой. По окружности расположены открытые коллатеральные проводящие пучки. Они небольшие, поскольку работа камбия очень быстро прекращается. Сплошного слоя камбия не образуется, поэтому стебли с возрастом почти не утолщаются (рис. 21.4).

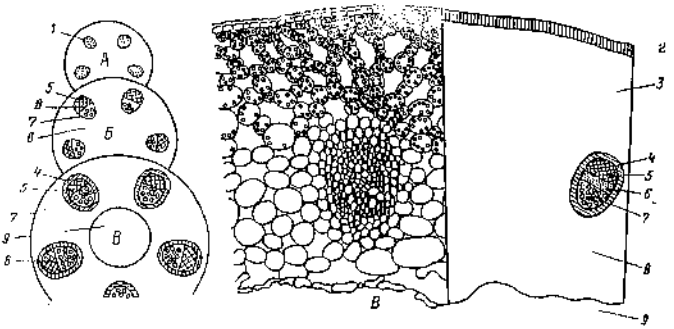


Рис. 21.4. Схемы строения стебля лютика (Ranunculus repens) на разных уровнях и поперечный разрез стебля на уровне сформированной структуры:

А – срез на уровне появления прокамбия; Б – на уровне появления камбия; В – на уровне сформированной структуры: 1 – прокамбий; 2 – эпидерма; 3 – паренхима коры (хлоренхима и аэренхима); 4 – склеренхима; 5 – флоэма; 6 – пучковый камбий; 7 – ксилема (5-7 – коллатеральный пучок); 8 – паренхима сердцевины; 9 – полость

При большом увеличении рассматривают хлорофиллоносную паренхиму первичной коры. Обращают внимание на то, что между клетками имеются большие межклетники, типичные для аэренхимы. Следовательно, хлоренхима является одновременно и аэренхимой. Граница между первичной корой и центральным цилиндром выражена слабо, а местами даже условна.

При изучении структуры проводящих пучков видно, что каждый пучок окружен склеренхимой. Однако механических тканей настолько мало, что они не поддерживают стебель в вертикальном положении. Поэтому он лежит на земле, укореняясь в узлах. Посредине пучка, снаружи от окрасившейся под действием реактива в красный цвет ксилемы, заметен слой камбия, следовательно, пучки здесь открытые, но разрастаются они очень слабо. Межпучковый камбий совсем не образуется. Поэтому стебли имеют в основном первичное строение и хорошо выраженных структур вторичного строения в них нет. Пучки разделены основной паренхимой, которая даже в наиболее старых участках стебля не одревеснеет. В центре стебля паренхима разрушается, образуя полость.

Вопросы для самоконтроля

1. В какой части стебля двудольного растения можно увидеть первичное строение, а в какой – вторичное?
2. Чем обусловлено образование непучкового, переходного и пучкового типов вторичного строения стебля?
3. Как закладывается прокамбий при непучковом, переходном и пучковом типах строения стебля?
4. Как дифференцируется камбий при непучковом, переходном и пучковом типах строения стебля?
5. Как расположены проводящие пучки в стебле двудольных при пучковом и переходном типах строения?
6. Какова особенность структуры стебля лютика?
7. В чем разница между структурой травянистого стебля и древесного?
8. Какие различия имеются между стеблем и корнем при переходе от первичного строения ко вторичному?
9. Какая разница между расположением механических и проводящих тканей в стебле и корне?
10. По каким признакам микроскопической структуры можно отличить стебель от корня?

Работа 22. Микроскопическое строение стебля однодольных растений

Цель работы: изучить анатомическое строение стебля травянистых растений, класса однодольные.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, постоянные микропрепараты поперечного среза стеблей ириса (Iris germanica), спаржи (Asparagus officinalis), ржи (Secale cereate), пшеницы (Triticum aestivum), кукурузы (Zea mays).

Стебли однодольных растений имеют пучковое строение. Пучки распределены по всему поперечному сечению стебля беспорядочно. Такое расположение пучков, называемое пальмовым, возникает в связи с тем, что все они представляют собой листовые следы и при прохождении по междоузлию изгибаются. Наиболее распространены два типа пучкового строения стебля: первый – с хорошо выраженной первичной корой, второй – с отсутствием отчетливых границ между первичной корой и центральным цилиндром. В стеблях большинства однодольных, как и в корнях, не образуется камбий, поэтому они не имеют вторичного утолщения. Механическую прочность обеспечивают проводящие пучки и одревесневающие эпидерма и паренхима.

У немногих однодольных, в основном древовидных, вторичное утолщение стебля возникает за счет образования (вероятно, из перицикла) меристемы – кольца утолщения. Из него дифференцируются в центробежном направлении основная паренхима и закрытые проводящие пучки.

Задания

1. Изучить препарат поперечного среза стебля ириса или спаржи и изучить структуру стебля с хорошо выраженной первичной корой.
2. На примере ржи или пшеницы изучить строение стебля мятликовых – соломины – с плохо выраженной первичной корой и большой полостью в центре.
3. Изучить строение стебля кукурузы.
4. Сделать рисунки изученных срезов и обозначить основные их части.

Порядок работы

1. Стебель ириса. На препарате при малом увеличении хорошо видно окрасившееся под действием реактива в красный цвет кольцо склеренхимы, внутрь от которого среди крупных паренхимных клеток сердцевины расположены небольшие коллатеральные пучки (рис. 22.1). Слой склеренхимы представляет собой многорядный перицикл и является наружным слоем центрального цилиндра.

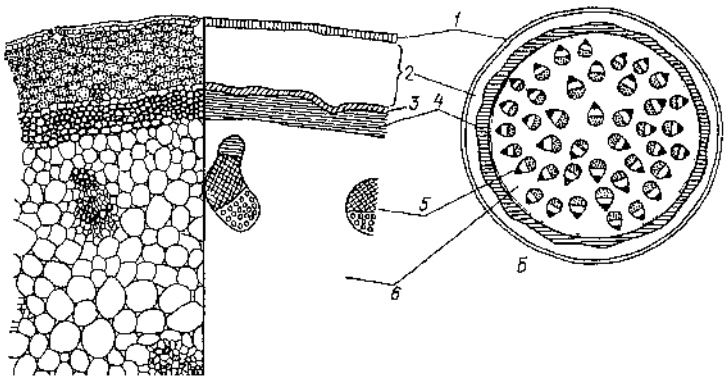


Рис. 22.1. Стебель ириса (Iris germanika) на поперечном разрезе (А) и схема поперечного разреза (Б):
1 – эпидерма; 2 – хлоренхима; 3 – эндодерма (2-3 – первичная кора); 4 – склеренхима перицикла; 5 – закрытый коллатеральный пучок; 6 – основная паренхима (4-6 – центральный цилиндр)

Ткани, лежащие с наружной стороны от него, принадлежат первичной коре. Снаружи стебель покрыт эпидермой с толстой кутикулой и небольшим числом устьичных аппаратов.

При большом увеличении видно, что основную часть первичной коры составляет хлоренхима. Внутренний ряд более крупных клеток паренхимы коры, прилегающий к склеренхиме, – это эндодерма. Клетки ее обычно содержат крахмал. Гранулы крахмала хорошо видны на срезах, на которые подействовали раствором йода в йодиде калия.

Затем рассматривают строение центрального цилиндра. Все пространство внутрь от склеренхимного кольца перициклического происхождения занято основной паренхимой, среди которой

повсюду рассеяны проводящие пучки. Проводящие пучки располагаются в кажущемся беспорядке: на периферии их больше, но они мелкие, в центре стебля – меньше, но они крупнее. Отмечают, что проводящий пучок состоит только из ксилемы и флоэмы и не содержит камбия, т. е. является закрытым. В более старой части стебля пучки окружены склеренхимой.

Таким образом, при первичном строении стебля ириса, как и его корня, можно различить центральный цилиндр и первичную кору. Однако в корне центральный цилиндр занимает в несколько раз меньший объем, чем кора. В стебле же основная часть принадлежит центральному цилиндру, а кора представлена сравнительно тонким слоем.

3. *Стебель ржи (соломина).* При малом увеличении обращают внимание на мощный слой механической ткани. Выступы ее доходят до эпидермы. Между этими выступами лежат участки хлоренхимы, над ними можно заметить устьичные аппараты (рис. 22.2). В более старых стеблях хлорофиллоносную паренхиму заметить почти невозможно, так как стенки ее клеток постепенно одревесневаются, как и стенки клеток эпидермы. Первичная кора не выражена.

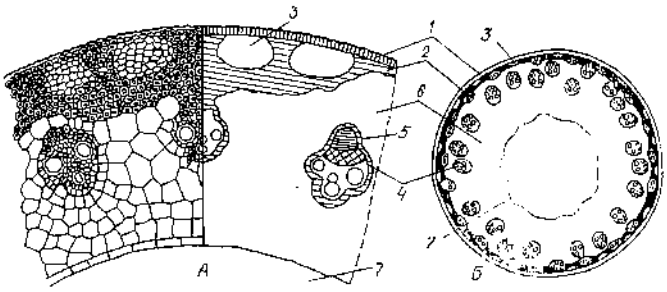


Рис. 22.2. Стебель ржи (Secale cereale) на поперечном разрезе (А) и схема поперечного разреза (Б):
1 – эпидерма; 2 – механическая ткань; 3 – хлоренхима; 4 – закрытый коллатеральный пучок; 5 – склеренхима; 6 – основная паренхима; 7 – полость

Рассматривая срез при большом увеличении, можно заметить, что к механической ткани примыкают небольшие закрытые коллатеральные проводящие пучки. Ближе к центру расположены более

крупные пучки. Они окружены склеренхимой. Между пучками находится крупноклеточная паренхима.

В центре стебля сердцевина не сохранилась. При росте его в длину клетки ее разрываются, и образуется полость, свойственная стеблям большинства мятликовых. Поэтому у растений этого семейства значительно меньше проводящих пучков, чем у ириса, и располагаются они более или менее в шахматном порядке в два, реже в три ряда.

3. Стебель кукурузы. При малом увеличении отмечают, что стебель не имеет полости. Центральная его часть заполнена основной паренхимой. Проводящие пучки расположены так же, как в стебле ириса. Хлорофиллоносная паренхима представляет собой тонкий слой клеток под эпидермой. В более старых стеблях стенки ее клеток одревеснеют (рис. 22.3). Первичная кора, как и у ржи, не выражена.

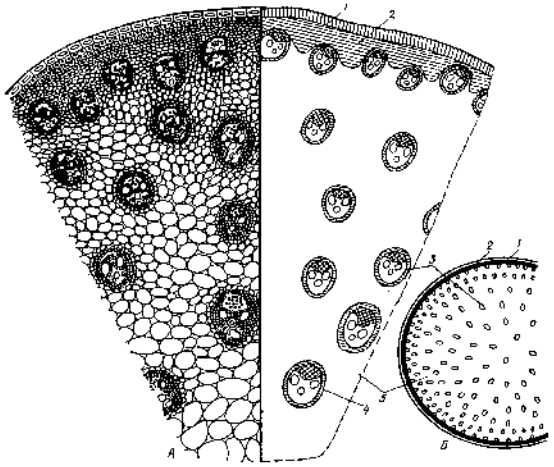


Рис. 22.3. Стебель кукурузы (Zea mays) на поперечном разрезе (А) и схема поперечного разреза (Б):
1 – эпидерма; 2 – механическая ткань; 3 – закрытый коллатеральный пучок; 4 – склеренхима; 5 – основная паренхима

Рассматривают при большом увеличении проводящий пучок. Он имеет характерное строение, свойственное однодольным. Отмечают, что во флоэме отсутствует лубяная паренхима.

Ситовидные трубки и сопровождающие их клетки имеют вид сеточки. Ксилема содержит два крупных сосуда и несколько более мелких, расположенных радиальным рядом. С внутренней стороны от ксилемы есть полость. Флоэма полуокружена ксилемой. Камбий отсутствует. Пучок окружен слоем склеренхимы.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности структуры стебля однодольных растений?
2. Почему стебель большинства однодольных не утолщается?
3. С чем связано вторичное утолщение стебля некоторых древовидных однодольных?
4. В связи с чем возникает пальмовый тип расположения пучков в стебле, свойственный большинству однодольных?
5. Какие два типа пучкового строения стебля наиболее распространены у однодольных?
6. Что такое соломина?
7. Каково отличие по строению стебля однодольных от стебля травянистых двудольных?
8. В чем разница между первичным строением стебля и первичным строением корня?

Работа 23. Морфология и анатомия листа

Цель работы: изучить морфологическое и анатомическое строение листа, научиться определять тип листовой пластины.

Материалы и обрудование: микроскопы, лампы, бинокуляры, гербарные образцы листьев яблони (р. Malus), фиалки трех-цветной (Viola tricolor), мака (р. Papaver), ячменя (р. Hordeutn), кукурузы (Zea mays), элодеи (р. Elodea), плауна (Lycopodium clavatum), пихты (р. Abies), ландыша (Convallaria majalis), винограда (р. Vitis), клена (р. Acer), сосны (р. Pinus), пшеницы (р. Triticum) олеандра (Nerium oleander), ивы (р. Salix), граба (р. Carpinus), подорожника (Plantago major), осины (Populus tremula), копытня (Asarum europaeum), сирени (р. Syringa), вьюнка (Convolvulus arvensis), стрелолиста (р. Sagittaria), настурции (р. Tropaeolum), дуба (р. Quercus), одуванчика (р. Taraxacum), инжира (Ficus carica), клещевины (Ricinus communis), редьки (р. Raphanus), лютика (р. Ranunculus), тысячелистника (Achillea millefolium), моркови (р. Daucus), караганы (р. Caragana), шиповника (р. Rosa), каштана конского (Aesculus hippocastanum), лимона (Citrus limon), лебеды (р. Chaenapodium), бука (р. Fagus).

Лист – это боковой орган ограниченного роста, нарастающий у однодольных растений у основания путем вставочного роста, у двудольных – всей поверхностью; у деревьев и кустарников это временный орган. Основные функции листа – фотосинтез, транспирация и газообмен. В листьях могут откладываться запасные продукты, иногда этот орган служит для вегетативного размножения.

Перечисленным функциям отвечает внешнее и внутреннее строение листа. У большинства растений он состоит из более или менее широкой пластинки, прикрепленной к стеблю при помощи гибкого черешка.

Черешок может и отсутствовать, тогда листья называют сидячими. Если пластинка сидячего листа прирастает к стеблю на некотором протяжении, образуется нисбегающий лист. Часто у основания черешка (по бокам его) имеются прилистники, зеленые или пленчатые. Они чаще всего бывают меньше пластинки листа, хотя у некоторых растений могут превосходить ее по величине. Иногда основание черешка расширяется во влагалище, охватывающее стебель. У мятликовых лист состоит из длинного трубчатого влагалища и узкой пластинки. У основания пластинки есть пленчатый

придаток язычок, а иногда еще два выроста по бокам ушки (рис. 23.1).

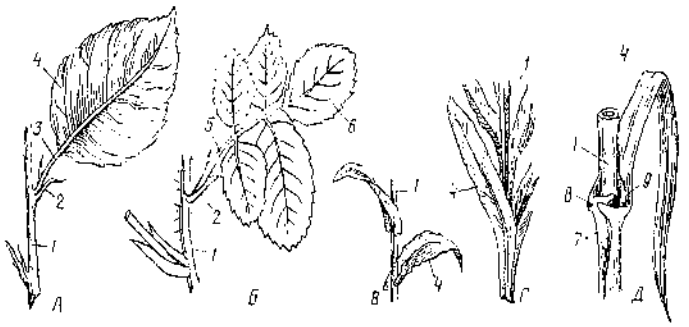


Рис. 23.1. Типы листьев:
А, Б – черешковые с прилистниками: А – простой – у яблони (Malus domestica); Б – сложный – у шиповника (Rosa canina); В – сидячий – у ирутки (Thlaspi arvenste); Г – нисбегающий у василька (Centaurea montano); Д – влагалищный – у ячменя (Hordeun vulgare); 1 – стебель; 2 – прилистники; 3 – черешок; 4 – листовая пластинка; 5 – рахис; 6 – листочек; 7 – влагалище; 8 – ушки; 9 – язычок

Листья бывают простые и сложные. Простые листья состоят из одной пластинки, цельной или расчлененной более или менее глубокими выемками. У древесных растений такие листья опадают осенью вместе с черешком, а у травянистых отмирают вместе со стеблем. Сложные листья состоят из нескольких (два или более) листочков, прикрепленных к общему черешку – рахису – короткими черешочками, образующими сочленения. Благодаря такому строению листочки сложного листа опадают осенью отдельно, а после них отпадает и рахис. Формы листовых пластинок чрезвычайно разнообразны. Поэтому будут рассмотрены лишь наиболее распространенные из них.

Постоянные микропрепараты поперечных срезов листьев камелии (Camellia japonica), кукурузы (Zea mays); сосны (Pinus sylvestris).

Задания

1. Изучить строение листьев: черешкового, сидячего, влагалищного.

2. Изучить жилкование листьев.

3. Ознакомиться с наиболее распространенными формами листовой пластинки простых цельных листьев.

4. Ознакомиться с наиболее распространенными формами листовой пластинки простых, расчлененных выемками листьев.

5. Ознакомиться с формами сложных листьев.

6. Ознакомиться с формами изрезанности края листовой пластинки.

7. Зарисовать строение трех типов листьев, типы жилкования листьев, простые листья разной формы с цельной и расчлененной выемками пластинкой, сложные листья разной формы, типы края листовой пластинки и сделать обозначения.

8. Изучить микроскопическое строение листа камелии, лимона, фикуса.

9. Изучить строение листа ковыля или кукурузы.

10. Изучить строение листа сосны – хвои.

11. Сделать обозначения на схематических рисунках в рабочей тетради.

Порядок работы

1. Рассматривают строение черешкового листа – простого (яблоня, фиалка трехцветная) и сложного (шиповник). Зарисовывают их и обозначают: у простого листа – черешок, пластинку, прилистники; у сложного – рахис, листочки, прилистники. Зарисовывают также сидячий лист (мак). У влагалищного листа (ячмень, кукуруза) находят пластинку, влагалище и в месте перехода влагалища в листовую пластинку язычок и ушки. Зарисовывают и делают обозначения.

2. Далее рассматривают и зарисовывают листья с простым жилкованием (элодея, плаун, пихта), параллельным (кукуруза, ячмень), дуговым (ландыш), сетчатым перистым (яблоня) и сетчатым пальчатым (виноград, клен) (рис. 23.2).

3. Затем переходят к изучению форм листовой пластинки простого цельного листа (рис. 23.3): игольчатой (сосна), линейной (пшеница, ячмень), ланцетной (ива, олеандр, плаун), яйцевидной (граб, подорожник), округлой (осина), почковидной (копытень), сердцевидной (сирень), копьевидной (вьюнок), стреловидной (стрелолист), щитовидной (настурция). Зарисовывают их и делают обозначения.

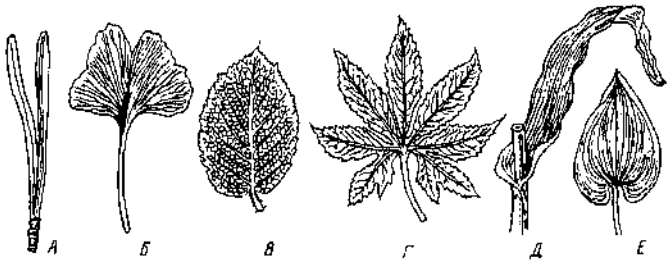


Рис. 23.2. Жилкование листьев:
А – простое: Б – дихотомическое: В, Г – сетчатое (В – перистое, Г – пальчатое):
Д – параллельное: Е – дуговое

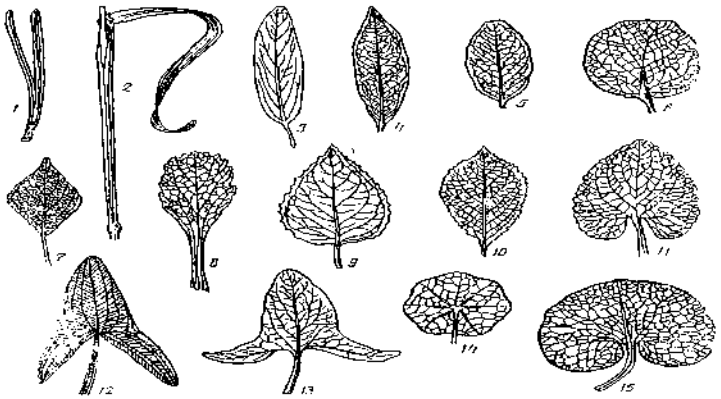


Рис. 23.3. Простые листья с цельной пластинкой:
1 – игольчатый; 2 – линейный; 3 – продолговатый; 4 – ланцетный; 5 – овальный;
6 – округлый; 7 – ромбический; 8 – лопаточный; 9 – яйцевидный;
10 – обратнояйцевидный; 11 – сердцевидно-яйцевидный; 12 – стреловидный;
13 – копьевидный; 14 – щитовидный; 15 – почковидный

4. Рассматривают простые листья с расчлененной выемками пластинкой (рис. 23.4) – лопастные (с выемками не глубже 1/3 расстояния от края пластинки до средней жилки): перистолопастный (дуб), пальчатолопастный (виноград, клен); раздельные (с выемками, равными 2/3 расстояния от края пластинки до средней жилки): перистораздельный (одуванчик), пальчатораздельный (инжир, клещевина); рассеченные (с выемками, доходящими до средней жилки): перисторассеченный (редька),

пальчаторассеченный (лютик), многократноперисторассеченный (тысячелистник, морковь).

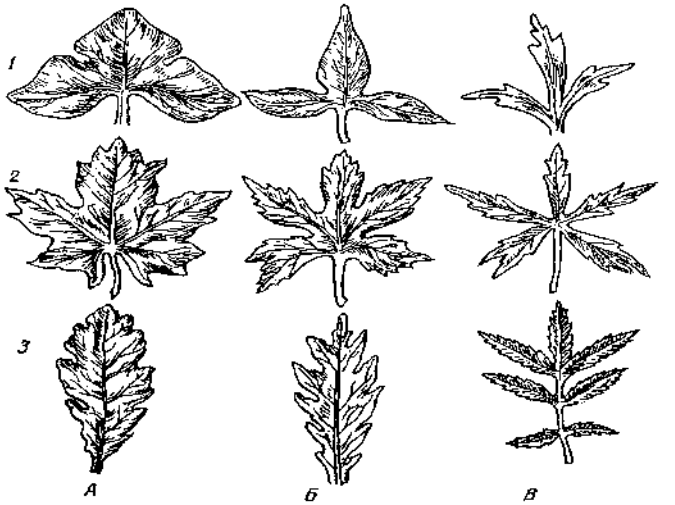


Рис. 23.4. Простые листья с расчлененной выемками пластинкой:
А – лопастные; Б – раздельные; В – рассеченные:
1 – тройчато-рассеченные; 2 – пальчато-рассеченные; 3 – перисто-рассеченные

5. Изучают формы сложных листьев (рис. 23.5) – перистосложные: парноперистосложный (карагана), непарноперистосложный (шиповник), пальчатосложный (каштан конский). Зарисовывают их и обозначают.

6. Рассматривают и зарисовывают формы края листовой пластинки: цельную (лимон), пильчатую (ива), зубчатую (лебеда), городчатую (бук) (рис. 23.6).

7. Лист камелии. Рассматривают препарат при малом увеличении, отмечают, что снаружи лист покрыт эпидермой. Между верхней и нижней эпидермой находится ткань, которая состоит из клеток, содержащих хлорофилл. Это ассимиляционная паренхима – мезофилл. Между клетками мезофилла на некотором расстоянии друг от друга расположены сосудисто-волокнистые пучки (рис. 23.7).

Затем переходят к детальному изучению тканей листовой пластинки при большом увеличении. Сначала рассматривают верхнюю эпидерму листа и сравнивают ее с нижней эпидермой.

Отмечают, что клетки первой имеют более толстые наружную стенку и кутикулу и у нее почти полностью отсутствуют устьичные аппараты. На ранее сделанную схему врисовывают несколько клеток верхней и нижней эпидермы так, чтобы захватить хотя бы один устьичный аппарат.

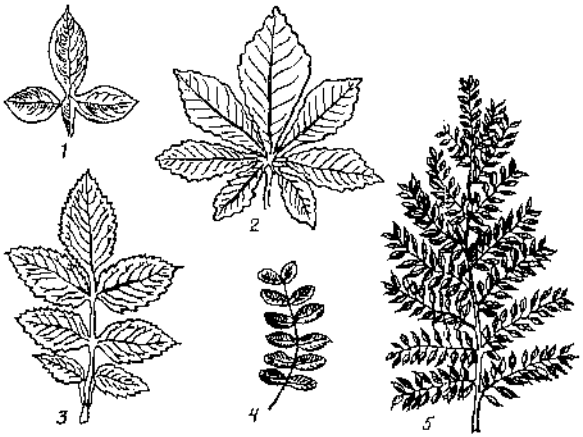


Рис. 23.5. Сложные листья:
1 – тройчатый; 2 – пальчатосложный; 3 – непарноперистоаложный;
4 – парноперистосложный; 5 – двояконеристосложный

Рис. 23.6. Форма края листовой пластинки:
1 – пильчатая; 2 – двоякопильчатая; 3 – зубчатая; 4 – колючезубчатая (шиповатая); 5 – городчатая; 6 – выемчатая

Далее изучают мезофилл. Обращают внимание на то, что под верхней эпидермой его клетки имеют вытянутую форму, плотно сомкнуты, без межклетников, расположены в два слоя. Это столбчатая (палисадная) паренхима. В ней в основном происходит

фотосинтез. У нижней эпидермы расположены более округлые клетки с крупными межклетниками – губчатая паренхима. Листья, у которых мезофилл дифференцирован на столбчатую и губчатую паренхиму, называют дорсивентральными. Главная функция нижней стороны листа – газообмен и транспирация. При внимательном изучении губчатой паренхимы можно в некоторых клетках заметить друзы оксалата кальция, а также крупные разветвленные механические клетки – склереиды, выполняющие опорную функцию.

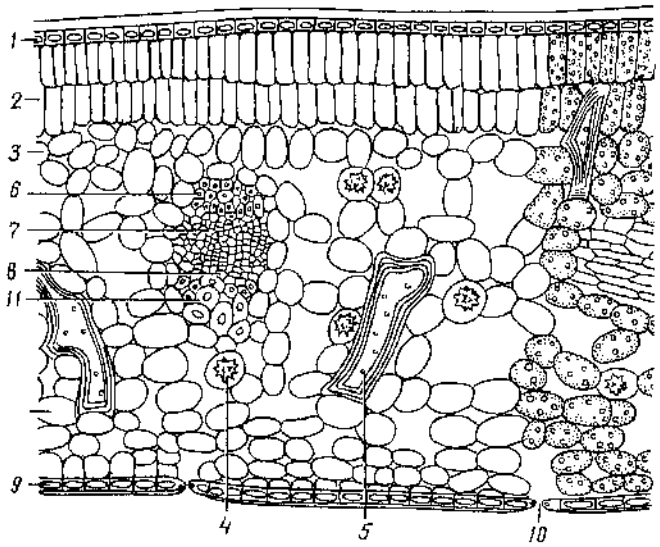


Рис. 23.7. Лист камелии (Camellia japonica):
1 – верхняя эпидерма; 2 – столбчатая паренхима; 3 – губчатая паренхима; 4 – клетка с друзой; 5 – склереида; 6 – склеренхима; 7 – ксилема; 8 – флоэма (6-8 – закрытый коллатеральный проводящий пучок); 9 – нижняя эпидерма; 10 – устьичный аппарат; 11 – колленхима

Строение сосудисто-волокнистого пучка лучше изучать на главной жилке, так как с увеличением порядка ветвления постепенно исчезает флоэмная часть, и пучок становится простым. Главная жилка занимает почти всю толщу листа от верхней до нижней эпидермы. При малом увеличении хорошо видна мощная ксилема. Она состоит из правильных рядов проводящих элементов, которые чередуются с древесинной паренхимой.

К ксилеме примыкает флоэма. Отмечают, что ксилема обращена к верхней стороне листа, а флоэма – к нижней. Только при таком расположении ксилемы и флоэмы проводящий пучок листа может сомкнуться с проводящим пучком стебля, у которого ксилема всегда обращена к центру стебля, а флоэма – к поверхности. Проводящий пучок окружен склеренхимой. Паренхимная обкладка состоит из одного слоя тонкостенных клеток. Она отделяет проводящий пучок от мезофилла. Обращают внимание на то, что выше и ниже его лежит колленхима, примыкающая к эпидерме. Таким образом, рассмотренный проводящий пучок закрытый, коллатеральный, сосудисто – волокнистый.

8. Лист и кукурузы. Строение листьев мятликовых изучают на примере кукурузы (рис. 23.8).

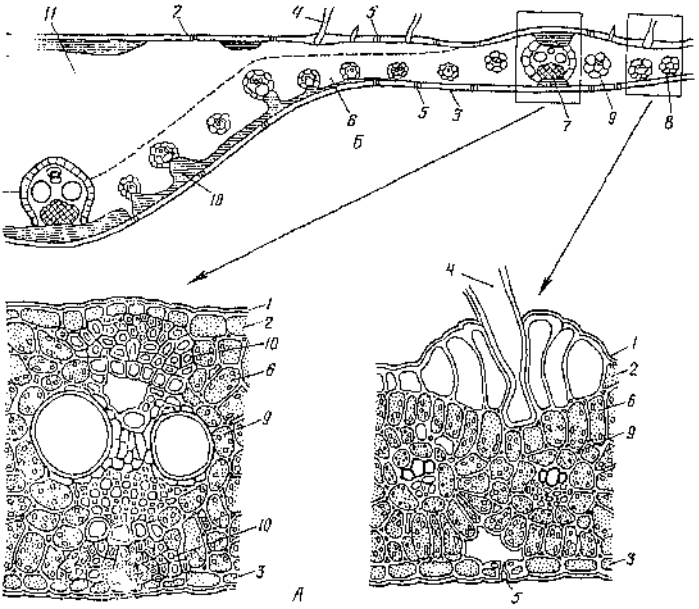


Рис. 23.8. Лист кукурузы (Zea mays):
А – поперечный разрез; Б – схема строения листа в районе главной жилки;
1 – кутикула; 2 – верхняя эпидерма; 3 – нижняя эпидерма; 4 – волосок;
5 – устьичный аппарат; 6 – мезофилл; 7 – крупный проводящий пучок; 8 – мелкий проводящий пучок; 9 – обкладка; 10 – склеренхима; 11 – бесцветная паренхима

При малом увеличении на постоянном препарате видно, что клетки эпидермы верхней его стороны образуют простые волоски двух видов: короткие шиловидные и длинные нитевидные. У основания длинных волосков видны пузыревидные клетки, возвышающиеся над поверхностью листа. Эпидерма покрыта кутикулой. Устьичные аппараты есть в эпидерме верхней и нижней сторон листа. Проводящие пучки закрытые, коллатеральные, ксилема обращена к верхней стороне листа, флоэма к нижней. Проводящие пучки двух размеров: крупные и мелкие. Каждый из них окружен тонкостенными обкладочными клетками. Предполагают, что последние играют роль физиологического барьера, регулирующего передвижение веществ подобно эндодерме осевых органов.

Мезофилл состоит из более или менее однородных клеток, расположенных венцом вокруг мелких пучков. В средней утолщенной части пластинки мезофилл есть лишь у нижней стороны листа, остальное пространство заполнено крупными клетками, не содержащими хлоропластов. В этой же части листа под эпидермой видны тяжи одревесневающей склеренхимы, которые на нижней стороне пластинки образуют выступы, доходящие до пучков. В остальной части пластинки субэпидермальные тяжи склеренхимы примыкают с обеих сторон к крупным проводящим пучкам. Лист кукурузы, как и ковыля, является изолатеральным.

9. Лист сосны – хвоя. Сначала рассматривают постоянный срез при малом увеличении и зарисовывают его контуры. В центральной части листа, окруженной эндодермой, расположены два проводящих пучка (рис. 23.9). Мезофилл пронизан смоляными каналами.

Защитный покров состоит из двух слоев клеток: эпидермы и гиподермы. Эпидерма покрыта толстым слоем кутикулы. Клетки эпидермы в сечении почти квадратной формы. Все стенки клеток сильно утолщены, в углах есть поровые каналы. Полость клетки округлой формы. В углублениях на уровне гиподермы расположены устьичные аппараты, под которыми видны большие воздушные полости. У старых листьев стенки клеток эпидермы одревесневают. Гиподерма состоит из одного, а в углах – из двух-трех слоев клеток с менее утолщенными одревесневшими стенками.

Под гиподермой находится мезофилл, состоящий из однородных клеток. Обращают внимание на то, что стенки клеток местами врастают в ее полость, образуя складки (складчатая паренхима).

Это значительно увеличивает площадь прилегающего к стенке слоя цитоплазмы с хлоропластами, а, следовательно, и ассимилирующую поверхность. В каждой клетке видно ядро.

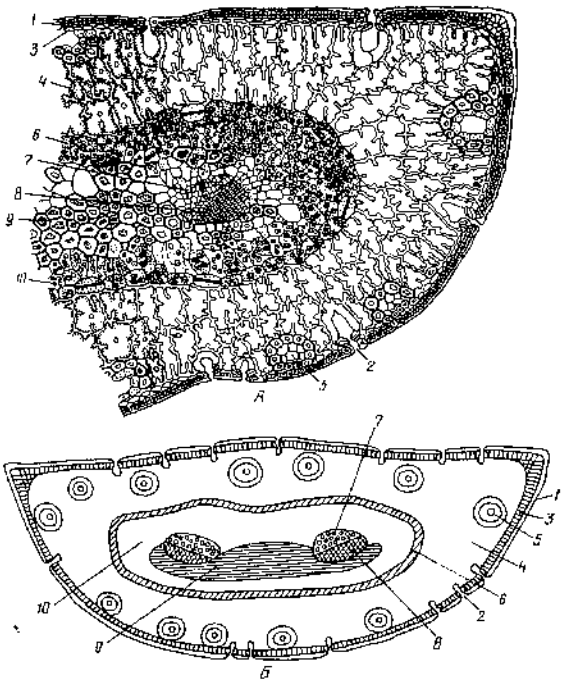


Рис. 23.9. Хвоя сосны (Pinus sylvestris):
А – поперечный разрез; Б – схема строения хвои сосны:
1 – эпидерма; 2 – устьичный аппарат; 3 – гиподерма; 4 – складчатая паренхима;
5 – смоляной канал; 6 – эндодерма; 7 – ксилема; 6 – флоэма;
7-8 –проводящий пучок; 9 – склеренхима; 10 – паренхима

Смоляные каналы, пронизывающие складчатую паренхиму, внутри выстланы тонкостенными клетками, выделяющими внутрь смолу, а снаружи имеют обкладку из толстостенных клеток. Это каналы схизогенного происхождения. Особенно внимательно изучают эндодерму. На радиальных стенках ее клеток видны утолщения – пояски Каспари.

Проводящие пучки коллатерального типа. Ксилемная часть, обращена к плоской стороне листа, флоэмная – к выпуклой. Следовательно, плоская сторона хвои является верхней, а выпуклая –

нижней. Между проводящими пучками расположена механическая ткань – склеренхима. Остальное пространство центральной части занято трансфузионной тканью, по-видимому, участвующей в перемещении веществ между проводящими пучками и мезофиллом.

Вопросы для самоконтроля

1. Как отличают черешковый лист от сидячего?
2. Что такое нисбегающий лист?
3. Какие листья называют влагалищными, где у них образуются ушки и язычок?
4. Какие типы жилкования бывают у листьев?
5. В чем отличие простого листа от сложного?
6. Как классифицируют простые листья с цельной пластинкой?
7. Какие два признака положены в основу классификации простых листьев с расчлененной выемками пластинкой?
8. В чем отличие парноперистосложного листа и двоякоперистосложного?
9. Чем отличается перистосложный лист от пальчатосложного?
10. Чем отличается по микроскопическому строению дорсивентральный лист от изолатерального?
11. Где располагаются устьичные аппараты у листьев этих типов?
12. В чем различие между столбчатой и губчатой паренхимой листа?
13. Чем обусловлено их расположение?
14. Каково строение проводящих пучков листа?
15. Чем отличаются крупные пучки от мелких?
16. Почему ксилема в пучке обращена к верхней стороне листа?
17. Какова роль пузыревидных клеток эпидермы?
18. Какую функцию выполняют обкладочные клетки?
19. В чем особенность строения мезофилла хвои?
20. Как по микроскопическому строению определить верхнюю сторону листа?
21. Какие признаки в микроскопической структуре листа свидетельствуют о ксерофитности растения?

Работа 24. Цветок. Строение околоцветника

Цель работы: изучить особенности строения цветка покрытосеменных растений, назначение и функции основных его частей.

Материалы и оборудование: бинокуляры, препаровальные иглы, живые или фиксированные в спирте цветки капусты (Brassica oleracea), лютика едкого (Ranunculus acris), яблони (Malus domestica), гороха (Pisum sativum), сирени (p. Syringa), картофеля (Solanum tuberosum), цикория (Cichorium inthybus), льнянки (Linaria vulgaris), сокирки (Consolida regalis).

Репродуктивные, или генеративные, органы растений предназначены для полового или собственно бесполого размножения. У покрытосеменных к ним относят цветок и его производные – семя и плод.

Цветок (flos) – это видоизмененный укороченный побег, приспособленный к образованию спор и гамет, для полового процесса, в результате которого образуются семена и плод.

Стеблевая часть цветка представлена цветоножкой и цветоложем (рис. 24.1). Цветоложе может иметь разнообразную форму – от конической до плоской и даже вогнутой в виде бокала (рис. 24.2). К цветоложу прикрепляются видоизмененные листья – цветолистики: чашелистики, лепестки, тычинки, пестики. Чаще всего они располагаются кругами (мутовками). Цветки с таким размещением цветолистиков называют циклическими.

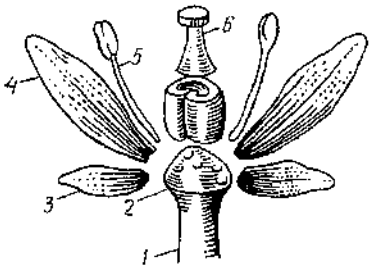


Рис. 24.1. Схема строения цветка:
1 – цветоножка; 2 – цветоложе; 3 – чашелистик; 4 – лепесток; 5 – тычинка; 6 – пестик

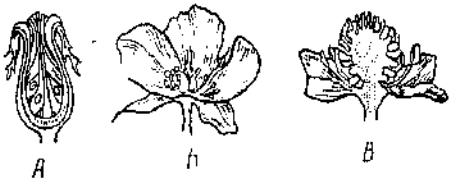


Рис. 24.2. Формы цветоложа:
А – вогнутое – у шиповника (Rose canina); Б – плоское – у пиона (р. Paeonia);
В – выпуклое – у лютика (Ranunculus sceleratus)

В большинстве случаев цветок имеет пять (или четыре) кругов: чашелистики – один круг (чашечка), лепестки – один круг (венчик), тычинки – два круга или один (андроцей), пестики – один круг (гинецей). У некоторых групп растений, например у бобовых, в процессе образования цветка наблюдают иное число кругов, чем у распустившихся цветков.

При спиральном расположении цветолистиков цветок называют ациклическим. В таком цветке число членов каждой из частей обычно неопределенное. Промежуточное положение занимают цветки гемициклические, у которых круговое расположение одних цветолистиков сочетается со спиральным других. В этом случае цветок, например, может иметь два круга околоцветника и множество тычинок и пестиков, расположенных по спирали. Чашечка и венчик вместе составляют покров цветка, или околоцветник. Околоцветник, дифференцированный на различно окрашенные чашечку и венчик, называют двойным, а окрашенный одинаково – простым (рис. 24.3). Простой чашечковидный околоцветник обычно имеет зеленый цвет (свекла, щавель). Простой венчиковидный околоцветник окрашен ярко (тюльпан, гречиха).

Цветки, не имеющие околоцветника, называют голыми (ясень, белокрыльник, рис. 24.4).

Чашечка (calyx) состоит из более или менее плотных цветолистиков, обычно зеленых, называемых чашелистиками (sepalum). Иногда чашечка ярко окрашена (борец, фуксия, сокирки). В этом случае она выполняет или усиливает роль венчика в привлечении насекомых – опылителей.

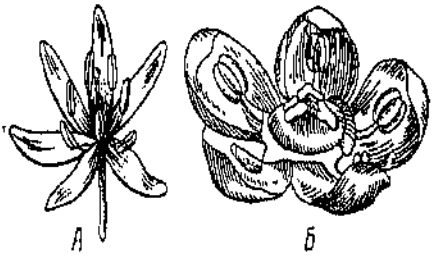


Рис. 24.3. Простые околоцветники:
А – венчиковидный у лука гусиного (Gagea lutea); Б – чашечковидный у свеклы (Beta vulgaris)

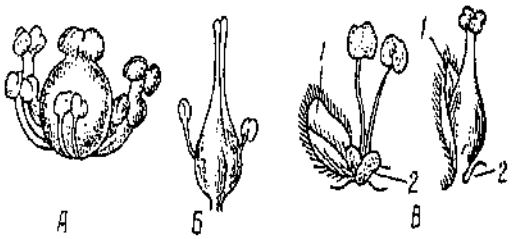


Рис. 24.4. Цветки без околоцветника, (голые):
А – белокрыльника (Calla palustris); Б – ясеня (р. Fraxinus); В – ивы (р. Salix);
(А, Б – обоеполые, В – раздельнополые): 1 – кроющий лист; 2 – нектарий

Чаще всего чашечка состоит из одного круга чашелистиков. Иногда же снаружи от чашечки расположена как бы вторая чашечка, именуемая подчашием (рис. 24.5). Подчашие образуется из прицветников (мальвовые), а иногда из прилистников (розановые: лапчатка, земляника, сабельник).

Чашелистики бывают свободными (чашечка свободнолистная, или раздельнолистная) или более или менее сросшимися (чашечка сростнолистная, или спайнолистная). В зависимости от степени срастания чашелистиков различают: рассеченные чашечки – чашелистики срастаются лишь основаниями; раздельные – чашелистики срастаются примерно до половины или немного меньше; лопастные – срастание достигает примерно 2/3 длины чашелистиков;

зубчатые – остаются свободными только верхушки чашелистиков.

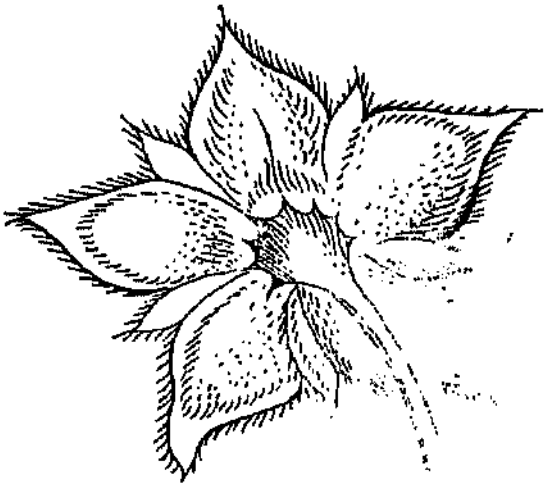


Рис. 24.5. Чашечка сабельника (Comarum palustre):
1 – подчашие

Чашечка выполняет защитную функцию, она предохраняет цветок от усыхания, а иногда и от низких температур.

Венчик (corolla) состоит из более или менее окрашенных лепестков (petalum), которые образуют чаще всего второй, а иногда и третий круг цветка. Изредка лепестки бывают окрашены в зеленый цвет, например у винограда (р. Vitis). У некоторых видов растений окраска венчика может меняться в течение суток. Так, у декоративного растения гибискуса переменчивого утром лепестки белые, вечером ярко-розовые, а днем бледно-розовые. У незабудки альпийской во время распускания цветков лепестки розовые, а со временем они приобретают ярко-голубую окраску. Разнообразие венчиков очень велико. Их различают как по цвету и интенсивности окраски, так и по числу лепестков, их форме, величине, взаиморасположению, степени срастания. В зависимости от срастания венчики бывают двух типов: свободнолепестные (раздельнолепестные) и сростнолепестные (спайнолепестные). Срастание лепестков, равно как и других членов цветка, определяют следующим образом: тянут за один из лепестков и следят, не отрывается ли при этом весь венчик или хотя бы два или больше лепестков.

При исследовании свободнолепестного венчика внимательно рассматривают строение отдельных лепестков. Определяют, есть ли ноготок и цельный лепесток или разветвленный. Если лепесток к основанию ясно сужен, как лист в черешок, то лепесток ноготковый (гвоздичные, капустные и др.). Если основание широкое, округлое, лепесток называют сидячим (лютиковые, розановые и др.). Нередко встречают и промежуточные формы лепестков. Разветвление лепестков бывает двух типов: в направлении продольной оси тогда говорят о форме зубчатости, или надрезанности, лепестков (двунадрезанные, многораздельные и пр.); в направлении, перпендикулярном поверхности лепестка, такое разветвление нередко приводит к образованию на границе ноготка и пластинки лепестка разнообразных выростов, которые в совокупности дают особое образование, называемое придаточным венчиком, или привенчиком (рис. 24.6).

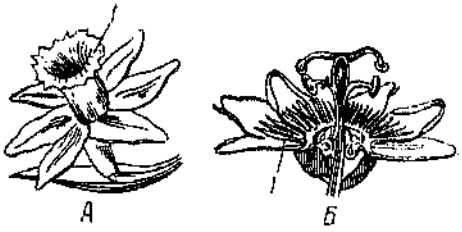


Рис. 24.6. Цветки с привенчиком:
А – сидячий – у лютика (Ranunculus acris); Б – ноготковый – у гвоздики (р. Dianthus): 1 – привенчик

У одних растений (нарцисс, пассифлора) придаточный венчик выражен хорошо (рис. 24.7), у других же (яснотка пурпуровая) он состоит лишь из кольца волосков, погруженных в трубку венчика, и почти незаметен.

У сростнолепестного венчика различают: трубку (трубковидно сросшаяся нижняя, а иногда и средняя часть венчика), отгиб (верхняя часть венчика, обычно сильно расширенная и отогнутая, расположенная перпендикулярно трубке), зев (часть венчика, которая лежит на границе отгиба и трубки) (рис. 24.8).

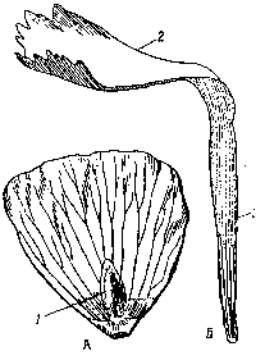


Рис. 24.7. Формы лепестков:
А – нарцисс (Narcissus pseudonarcissus); Б – пассифлюра (р. Passiflora):
1 – чешуйка, прикрывающая нектарную ямку; 2 – пластинка; 3 – ноготок

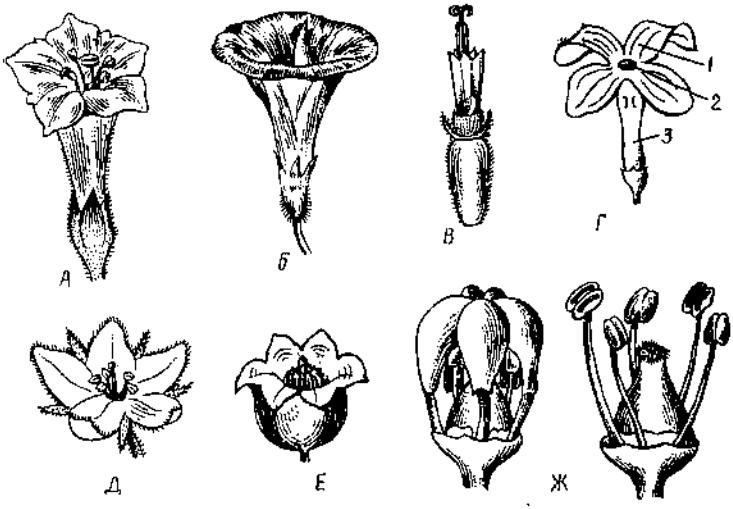


Рис. 24.8. Формы сростнолепестных актиноморфных венчиков:
А, Б – воронковидный [А – у табака (Nicotiana tabacum). Б – у вьюнка (Convolvulus arvense)]; В – трубковидный – у подсолнечника (Helianthus annuus);
Г – блюдцевидный – у сирени (р. Syringa); Д – колесовидный – у вербейника (р. Lysimachia); Е – колокольчатый – у ландыша (Convallaria majalis);
Ж – колпачковый – у винограда (Vitis vinifera); 1 – отгиб; 2 – зев; 3 – трубка

По типу симметрии венчики, как и чашечки, можно разделить на две группы: актиноморфные (полисимметричные, правильные), когда через венчик можно провести две или более плоскостей симметрии, и зигоморфные (моносимметричные, неправильные, рис. 24.9), когда через него можно провести только одну плоскость симметрии.

Актиноморфные свободнолепестные венчики: классифицируют по числу лепестков, их форме, наличию или отсутствию коготка и другим признакам.

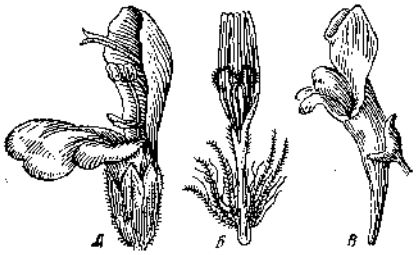


Рис. 24.9. Формы сростнолепестных зигоморфных венчиков:
А – двугубый – у шалфея (р. Salvia); Б – язычковый – у тау-сагыза (Scorzonera tau saghyz); В – шпористый – у льнянки (р. Linaria)

Актиноморфные сростнолепестные венчики классифицируют в зависимости от соотношения длины трубки, формы и величины отгиба (рис. 24.8):

✓ колесовидный – трубка мала или отсутствует, а отгиб развернут почти в одной плоскости (незабудка, вербейник);

✓ воронковидный – трубка крупная воронковидная, отгиб сравнительно небольшой (табак, дурман);

✓ колокольчатый – трубка сферическая, чашеобразная, постепенно переходящая в малозаметный отгиб (ландыш, колокольчик);

✓ трубковидный – трубка цилиндрическая с прямостоячим, более или менее коротким отгибом (подсолнечник и другие астровые);

✓ блюдцевидный – близок к трубковидному, но имеет широкий отгиб, придающий цветку блюдцевидную форму (сирень);

✓ колпачковый – лепестки срастаются верхушками (виноград);

✓ шпористый – лепестки образуют полый вырост, именуемый шпорцем (водосбор).

Зигоморфные венчики нередко имеют своеобразную форму, которую берут за основу при выделении той или иной таксономической группы растений (вид, род и даже семейство), например мотыльковый венчик у бобовых.

Среди зигоморфных сростнолепестных венчиков наиболее часто встречаются (рис.24.9):

- двугубый – отгиб состоит из двух неравноценных частей; верхней и нижней губ (яснотковые, многие норичниковые);
- язычковый – от трубки отходят сросшиеся лепестки, имеющие вид язычка (астровые);
- шпористый – лепестки образуют шпорец (льнянка, сокирки).

Различают еще асимметричные венчики, если через венчик нельзя провести даже одну плоскость симметрии (орхидея, каштан конский (рис. 24.10)).

Рис. 24.10. Асимметричный венчик цветка каштана конского (Aesculus pavia)

Задания

1. Проанализировать строение и зарисовать околоцветники цветков следующих растений: капусты, гороха или фасоли, сирени, картофеля, цикория, льнянки и сокирок.

2. Сравнить между собой чашечки цветков капусты, гороха, и дать им названия исходя из степени срастания чашелистиков; дать названия венчикам цветков картофеля, цикория, сирени, льнянки.

3. Обозначить на рисунке части сростнолепестного венчика: трубку, зев, отгиб, губу.

4. Составить краткую общую характеристику изученных и зарисованных околоцветников: тип симметрии, двойной или простой, свободный или сросшийся, форма, число членов.

Порядок работы

1. В качестве образца исследуют околоцветник цветка капусты (рис. 24.11). Отмечают, что через цветок можно провести две и более плоскостей симметрии, следовательно, он актиноморфный.

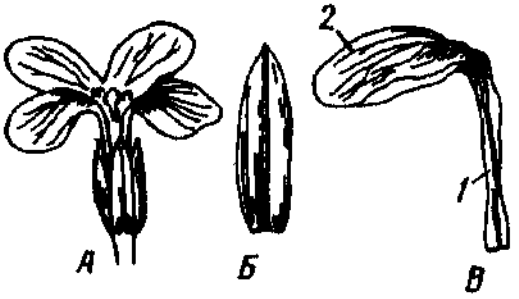


Рис. 24.11. Цветок капусты (Brassica oleracea):
А – общий вид; Б – чашелистик; В – лепесток: 1 – ноготок; 2 – пластинка

2. Рассматривая далее цветок в лупу, устанавливают, что листочки околоцветника расположены в два круга, причем у наружного круга они зеленые и явно отличаются от листочков внутреннего круга. Поэтому совершенно очевидно, что околоцветник капусты двойной, т. е. состоит из чашечки и венчика. Потянув за чашелистик, а потом за лепесток, убеждаются, что они легко отрываются по одному, следовательно, чашечка и венчик свободные. Зарисовывают чашелистик и лепесток. Особое внимание уделяют форме лепестка, отмечают, что он имеет хорошо выраженные: нижнюю суженную часть – ноготок – и верхнюю широкую часть – пластинку.

3. Итак, околоцветник капусты актиноморфный, двойной, чашечка и венчик вполне свободные, четырехчленные, лепестки с хорошо выраженными ноготками. Такой околоцветник типичен для растений из семейства капустные.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое цветок?
2. Какие части цветка имеют стеблевое происхождение, а какие – листовое?
3. Каких типов бывают цветоложа?
4. В чем различие между циклическим, ациклическим и гемициклическим цветками?
5. Какими кругами представлен пятикруговой цветок?
6. В чем отличие двойного околоцветника от простого?
7. Как различают простой венчиковидный и чашечковидный околоцветники?
8. Какие цветки называют голыми?
9. Что такое подчашие?
10. В чем различие между сидячим и ноготковым лепестками?
11. Что такое трубка, отгиб, зев?
12. Что такое прицветник?
13. Какие венчики называют актиноморфными, зигоморфными, асимметричными?
14. Каковы основные типы сросшихся актиноморфных и зигоморфных венчиков?

Работа 25. Андроцей

Цель работы: изучить типы и строение андроцея в цветке покрытосеменных растений, его значение и функции.

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, живые или фиксированные в спирте цветки лютика (p. Ranunculus) или розы (p. Rosa), тюльпана (p. Tulipa) или лилии (p. Lilium), льнянки (p. Linaria), горчицы (p. Sinapis), подсолнечника (Helianthus annuus), гороха (p. Pisum), лука (p. Allium), клещевины (p. Ricinus), пшеницы (p. Triticum), барбариса (p. Berberis), омелы (p. Viscum), фиалки (p. Viola), постоянный микропрепарат поперечного среза пыльника.

Тычинки (микроспорофиллы) служат для образования микроспор, из которых формируется пыльца (мужской гаметофит). Совокупность тычинок называют андроцеем (androeceum).

Нередко число тычинок равно числу листочков околоцветника (лилия). В других случаях число тычинок в два или более раз превышает число лепестков или долей околоцветника (лютик, шиповник, груша, лавр благородный). Иногда число тычинок минимальное: одна (цинна, канна), или две (сирень, душистый колосок).

Часто цветки имеют не сросшиеся между собой тычинки – свободный андроцей (рис. 25.1).

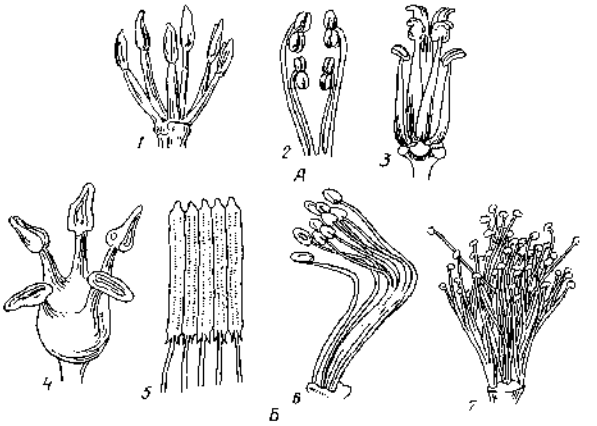


Рис. 25.1. Типы андроцея:
А – свободный: 1 – тюльпана (p. Tulipa); 2 – двусильный яснотковых (сем. Lamiaceae); 3 – четырехсильный капустных (сем. Brassicaceae);
Б – сросшийся: 4 – однобратственный вербейника (p. Lysimachia);
5 – однобратственный астровых (сем. Asteraceae); 6 – двубратственный бобовых (сем. Fabaceae); 7 – многобратственный зверобоя (p. Hypericum)

При рассмотрении андроцея такого типа важно установить, все ли тычинки одинаковой длины. У норичниковых и некоторых яснотковых тычинок всего четыре (пятая задняя тычинка редуцирована), причем две из них (чаще передние) длиннее остальных. Это двусильный андроцей. У капустных соотношение длинных и более коротких тычинок другое: общее число тычинок шесть, из них четыре длинные и две короткие. Такой андроцей называют четырехсильным. Если тычинки срастаются между собой, андроцей называют сросшимся (рис. 25.1, Б). Различают однобратственный андроцей, у которого срастаются все тычинки (астровые, вербейник); двубратственный, у которого одна тычинка остается свободной (многие бобовые); многобратственный, у которого тычинки срастаются в несколько групп (зверобой).

В типичном случае каждая тычинка состоит из тычиночной нити и пыльника (рис. 25.2). Тычиночные нити имеют разнообразное строение. Так, у шиповника тычиночная нить цилиндрическая, достигает 10-12 мм в длину. У других растений она бывает на поперечном разрезе узкоовальной формы (лук, кувшинка белая), более длинной или более короткой. Иногда тычиночная нить почти отсутствует, тогда тычинку, вернее пыльник, называют сидячим (фиалка). У большинства растений тычиночные нити простые, неветвящиеся. Однако у некоторых видов (лук круглоголовый) от тычиночной нити отходят боковые выросты – придатки разнообразных формы и назначения. Иногда наблюдают ветвление тычиночной нити, причем каждая из ветвей увенчана пыльником. Разветвление нити приводит к образованию сложных тычинок (клещевина, береза, лещина).

У большинства растений пыльник состоит из двух половинок – тек, соединенных связником. Каждая из тек, в свою очередь, включает два гнезда (пыльцевые мешки), являющихся гомологами микроспорангиев, где образуются микроспоры, а затем пыльца. Разветвления сложных тычинок несут половинное число гнезд, так как они имеют только одну теку. Иногда и на простых тычинках образуется только два гнезда (барбарис). Рекордно большое число гнезд – 50 имеет тычинка омелы.

Некоторые ботаники – морфологи с не меньшим основанием полагают, что тычинка несет не один, а два пыльника: по одному с каждой стороны связника. Иногда связник рассматривают как самостоятельную третью часть тычинки, однако под микроскопом

ткань его не отличима от ткани пыльника.

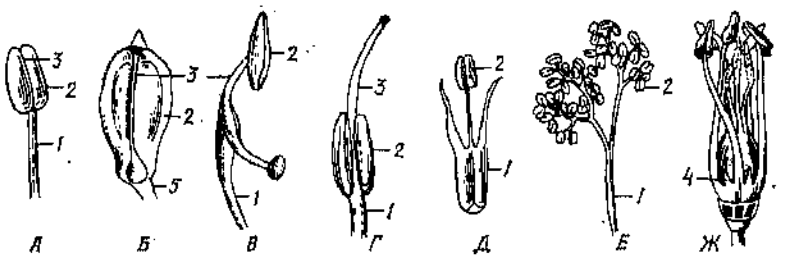


Рис. 25.2. Формы тычинок:
А – с неподвижным пыльником – у шиповника (Rosa rugosa); Б – с сидячим пыльником – у фиалки (р. Viola); В – со связником в виде коромысла – у шалфея (р. Salvia); Г – с длинным связником – у вороньего глаза (Paris quadrifolia); Д – с боковыми выростами тычиночной нити – у лука круглоголового (Allium sphaerocephalum); Е – с разветвленной тычиночной нитью у клещевины (Ricinus communis); Ж – стаминодий – у льна (Linum usitatissimum); 1 – тычиночная нить, 2 – пыльник, 3 – связник, 4 – стаминодий, 5 – цветоложе

По строению пыльца довольно однородна, но структура ее покрова – спородермы – отличается большим разнообразием (рис. 25.3). Одноборозлчатые пыльцевые зерна бывают у голосеменных, примитивных покрытосеменных (магнолиевые, перечные) и многих однодольных; трехборозлчатые – только у покрытосеменных, преимущественно двудольных; многопоровые – у примитивных двудольных и однодольных (барбарисовые, лютиковые, сусаковые, частуховые); многоборозлчатые – у двудольных.

У некоторых видов часть тычинок не имеет пыльников и представлена лишь тычиночными нитями. Такие бесплодные тычинки называют стаминодиями (аистник, лен). Они могут приобретать вид ярко окрашенных лепестковидных пластинок (канна, имбирь). Иногда по строению андроцея можно определить, к какому семейству принадлежит растение.

Задания

1. Рассмотреть и дать краткую характеристику строения андроцея следующих растений: лютика или шиповника, тюльпана или лилии, льнянки, горчицы, подсолнечника и гороха. Особое

внимание обратить как на число тычинок и их взаимное расположение, так и на их положение по отношению к лепесткам и чашелистикам, длину тычиночных нитей, их срастание.

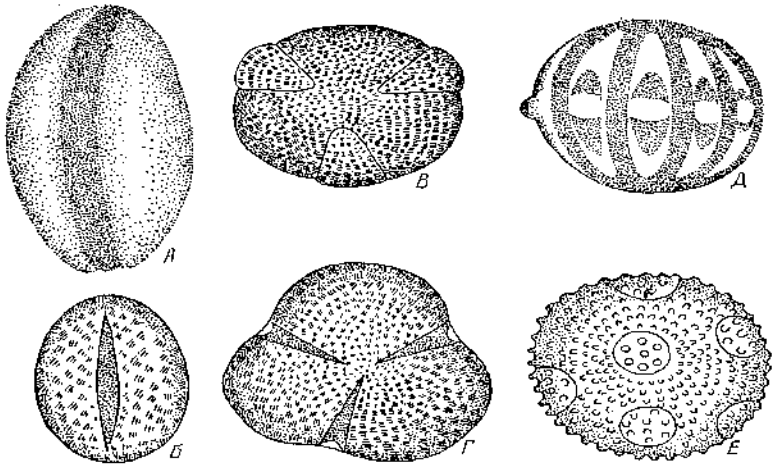


Рис. 25.3. Типы пыльцевых зерен:
А, Б – одноборозднатые [А – у магнолии (Magnolia grandiflora). Б – у сусака (Butomus umbellatus)]: В. Г – трехборозднатые [В – у джизгуна. (Calligonum polygonoides). Г – у пиона (Paeonia vittmaniana)]; Д – многоборозднатое – у истода (Polygola comosa): Е – многопоровое – у лютика (Ranunculus asiatica)

У некоторых видов часть тычинок не имеет пыльников и представлена лишь тычиночными нитями. Такие бесплодные тычинки называют стаминодиями (аистник, лен). Они могут приобретать вид ярко окрашенных лепестковидных пластинок (канна, имбирь). Иногда по строению андроцея можно определить, к какому семейству принадлежит растение.

Задания

1. Рассмотреть и дать краткую характеристику строения андроцея следующих растений: лютика или шиповника, тюльпана или лилии, льнянки, горчицы, подсолнечника и гороха. Особое внимание обратить как на число тычинок и их взаимное расположение, так и на их положение по отношению к лепесткам и чашелистикам, длину тычиночных нитей, их срастание.

2. Проанализировать и зарисовать одну из тычинок цветков лютика, лука, клещевины, пшеницы, барбариса, омелы, фиалки, подсолнечника. Обратить внимание на число пыльцевых гнезд, а также на форму пыльника и способ его прикрепления к тычиночной нити.

3. Рассмотреть в микроскоп поперечный срез пыльника (постоянный препарат).

Порядок работы

1. В качестве образца рассматривают строение андроцея у лука круглоголового. Пользуясь стереоскопическим микроскопом и препаровальными принадлежностями, обнаруживают, что в цветке лука шесть тычинок. Они свободные, расположены в двух кругах и противостоят листочкам околоцветника. Обращают внимание на то, что тычинки первого круга противостоят листочкам околоцветника внешнего круга, а тычинки второго круга – листочкам внутреннего круга. Тычиночная нить уплощенная, с боковыми выростами, особенно у тычинок внутреннего круга.

2. В заключение знакомятся с микроскопическим строением пыльника. Для этого рассматривают при малом и большом увеличениях постоянный препарат поперечного среза пыльника (рис. 25.4).

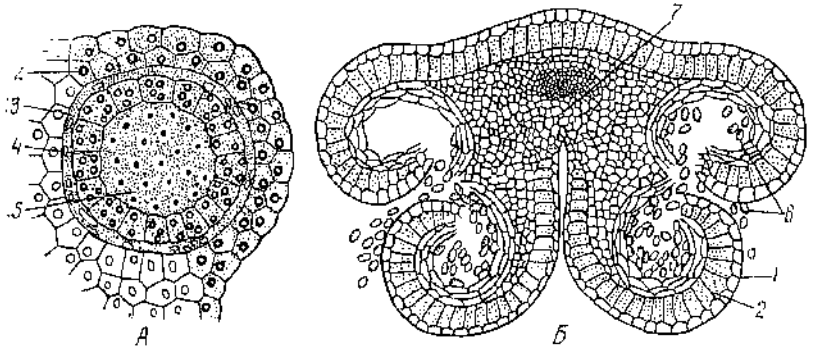


Рис. 25.4. Поперечный разрез пыльника:
А – пыльцевое гнездо молодого пыльника; Б – зрелый пыльник; 1 – эпидерма; 2 – эндотеций; 3 – средний слой; 4 – тапетум; 5 – спорогенная ткань; 6 – пыльца; 7 – связник

При малом увеличении зарисовывают контуры пыльника и отмечают: две теки, соединенные связником, четыре гнезда и пыльцу в них.

3. Далее рассматривают строение одного из гнезд при большом увеличении. Наружный слой пыльника – это эпидерма. Субэпидермальный слой называют эндотецием. Он состоит из крупных, рано теряющих содержимое клеток, у которых обращенная внутрь стенка несет утолщения – фиброзные пояски, способствующие вскрыванию пыльника. За эндотецием расположен средний слой. Самый внутренний слой пыльника – выстилающий, или тапетум. Клетки его крупные, с густой цитоплазмой и с несколькими ядрами. По мере созревания пыльника клетки тапетума и среднего слоя частично или полностью исчезают, так как их содержимое используется для питания растущими микроспорами и пыльцой.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое андроцей? Каких типов он бывает?
2. Какой андроцей называют двусильным, четырехсильным?
3. В чем различия между миогобратственным, двубратственным и однобратственным андроцеями?
4. Из каких частей состоит тычинка?
5. Какой формы может быть тычиночная нить?
6. Что такое стаминодий?
7. Что такое тека, гнездо?
8. Из каких тканей состоит стенка гнезда пыльника?
9. Из какой ткани и в результате какого деления образуются микроспоры?
10. Как образуется пыльца, из каких клеток она состоит, чем покрыта?
11. Содержимое клеток каких тканей идет па питание пыльцы?
12. Какова роль эндотеция?
13. Каких типов бывают пыльцевые зерна?

Работа 26. Гинецей

Цель работы: изучить типы и строение гинецея в цветке покрытосеменных растений, его значение и функции.

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, преапровальные иглы, живые или фиксированные в спирте цветки моркови (Daucus carota), настурции (Tropaeolum majus), ивы (р. Salix), подсолнечника (Helianthus annuus), гороха (Pisum sativum), лилии (р. Lilium), пролески (р.Scilla), крыжовника (Grossularia reclinata), белладонны (Atropa belladonna), дремы (Melandrium album), дурмана (Datura stramonium), льна (Linum usitatissimum); плоды чернушки (Nigella damascena).

Постоянные микропрепараты поперечных срезов завязей гороха, лилии, пролески, мака (р. Papaver), белладонны, дремы, крыжовника.

Гинецеем (gynoeceum) называют совокупность плодолистиков (мегаспорофиллов) одного цветка, образующих один или несколько пестиков. Гинецей, состоящий из одного плодолистика, образующего один пестик, называют одночленным, а состоящий из нескольких плодолистиков – многочленный гинецей может быть апокарпным, если плодолистики не срастаются между собой и образуют много пестиков, и ценокарпным, если они срастаются в один пестик (рис. 26.1).

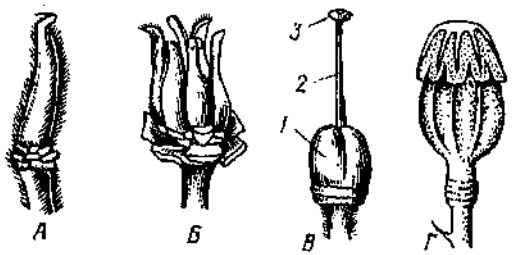


Рис. 26.1. Типы гинецеев:
А – одночленный – у сокирки (Consoli – da regalis); Б – многочленный апокарпный – у сусака (р. Butomus); В, Г – многочленный ценокарпный [Г – мак (Papaver somni – ferum); В – махорка (Nicotiana rustica)];
1 – завязь; 2 – столбик; 3 – рыльце

В зависимости от способа срастания плодолистиков, а также от числа гнезд завязи выделяют следующие типы ценокарпного

гинецея (рис. 26.2):

синкарпный – имеет многогнездную завязь, формирующуюся в результате срастания пестиков боковыми стенками (белладонна);

паракарпный – имеет одногнездную завязь, образующуюся вследствие срастания плодолистиков краями (крыжовник);

лизикарпный – образуется из синкарпного гинецея путем растворения перегородок внутри завязи, при этом возникает одногнездная завязь, в центре которой сохраняется колонка из остатков краев плодолистиков.

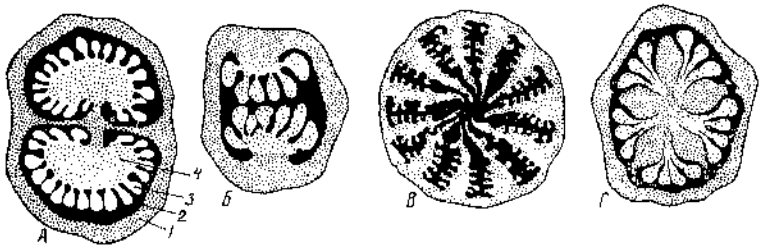


Рис. 26.2. Типы ценокарпного гинецея (поперечные разрезы на уровне завязи):
А – синкарпный у белладонны (Atropa bella – donna); Б, В – паракарпный [Б – у крыжовника (Grossularia reclinata), В – у мака (Papaver somniferum)]; Г – лизикарпный – у дремы (Melandrium album); 1 – стенка завязи; 2 – гнездо; 3 – семязачаток; 4 – плацента

При исследовании ценокарпного гинецея важно установить, из какого числа плодолистиков он состоит. Можно с уверенностью сказать, что пестик состоит из стольких плодолистиков, сколько отдельных столбиков несет завязь или лопастей – рыльце и сколько гнезд или швов имеет завязь. Нужно, однако, иметь в виду, что один из этих признаков не всегда точно указывает на число плодолистиков, слагающих пестик. Поэтому при определении числа плодолистиков учитывают всю совокупность перечисленных признаков.

Строение гинецея указывает на эволюционный уровень данной группы растений и является важным систематическим признаком.

Пестик – закрытое вместилище для семязачатков, образованное вследствие срастания одного или нескольких плодолистиков. Он состоит из завязи – вздутой части, в которой находятся

семязачатки; столбика (одного или нескольких) и рыльца, воспринимающего пыльцу (рис. 26.1). Иногда столбик отсутствует, например у мака, тогда рыльце сидит на завязи (сидячее рыльце).

В зависимости от положения по отношению к другим частям цветка и срастания с ними различают верхнюю, нижнюю и полунижнюю завязи.

Верхняя завязь располагается свободно на плоском выпуклом или вогнутом цветоложе. Она образована только плодолистиками (рис. 26.3 А, Б). Такую завязь легко отделить от цветоложа препаровальной иглой (лютик, спирея, горох). Цветки с верхней завязью обычно подпестичные, поскольку у них тычинки и другие части прикрепляются ниже пестика.

В образовании нижней завязи, кроме плодолистиков, принимают участие и другие части цветка, чаще всего – основания чашелистиков, лепестков и тычинок, с которыми она срастается (яблоня, огурец). Поэтому отпрепарировать иглой нижнюю за вязь невозможно (рис. 26.3 В, Г). Цветки с нижней завязью обычно надпестичные.

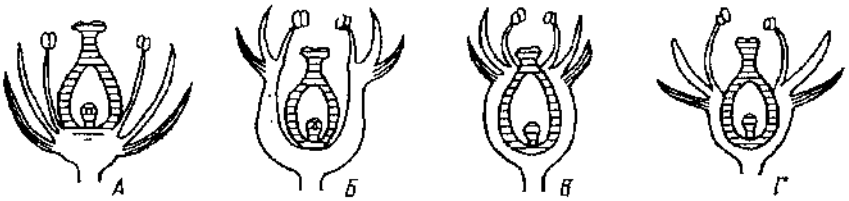


Рис. 26.3. Схема типов завязей:
А, Б – верхние завязи; В – нижняя; Г – полунижняя

Полунижняя завязь формируется в том случае, когда по крайней мере нижняя ее часть срастается с другими частями цветка (жимолость, камнеломка, бузина) (рис. 26.3, Г). При этом нижняя часть завязи лежит ниже уровня прикрепления тычинок, а верхняя, свободная ее часть располагается выше уровня прикрепления тычинок. Цветки с полунижней завязью относят к полунадпестичным.

В зависимости от числа не сообщающихся между собой гнезд завязи бывают одногнездные, двугнездные и многогнездные. Если

гнёзда так или иначе сообщаются между собой, завязь считают одногнездной, а гнезда называют камерами. Различают два типа перегородок между гнездами: настоящие (истинные), образованные в результате срастания боковых поверхностей двух плодолистиков, и ложные, представляющие собой выросты тканей внутренней стенки завязи. Гнезда, образованные настоящими перегородками, легко отличить от образованных ложными перегородками, так как в последних нет семязачатков (рис. 26.4).

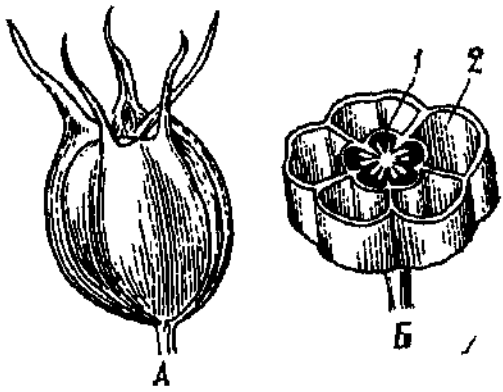


Рис. 26.4. Гинецей чернушки (Nigella damascene):
А – общий вид; Б – поперечный разрез: 1 – истинное гнездо;
2 – апокарпно-ложное гнездо

Место прикрепления семязачатков к стенке завязи называют плацентой. Способ расположения семязачатков подчинен определенным закономерностям, которые также отражают степень эволюции гинецея. Различают следующие способы плацентации, или типы расположения семязачатков (рис. 26.5):

ламинально-латеральный – плаценты располагаются диффузно по всей внутренней поверхности стенки завязи апокарпного гинецея (нимфейные, сусаковые);

угловой – плаценты закладываются вблизи сросшихся краев плодолистиков в углах апокарпного гинецея (лютиковые) или синкарпного (лилейные) гинецея;

париетальный – плаценты закладываются на внутренней поверхности стенки завязи в тех местах, где срастаются края

плодолистиков паракарпного гинецея (камнеломковые);

центральный – плаценты располагаются на колонке, которая находится в центре завязи лизикарпного гинецея (гвоздичные).

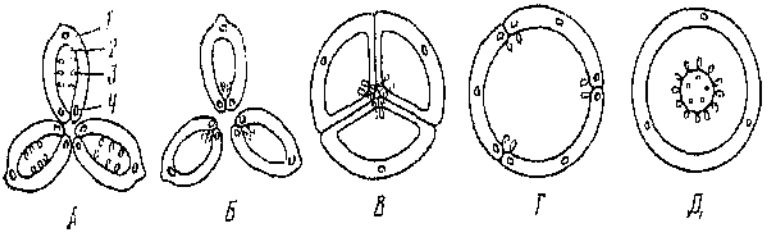


Рис. 26.5. Схема типов расположения семязачатков:
А – ламинально-латеральное (апокарпный гинецей); Б, В – угловое (Б – апокарпный гинецей, В – синкарпный); Г – паристальное (паракарпный гинецей); Д – центральное (лизикарпный гинецей); 1 – стенка связи; 2 – гнездо; 3 – семязачаток; 4 – проводящий пучок

Семязачаток прикрепляется к плаценте фуникулусом, или семяножкой (рис. 26.6).

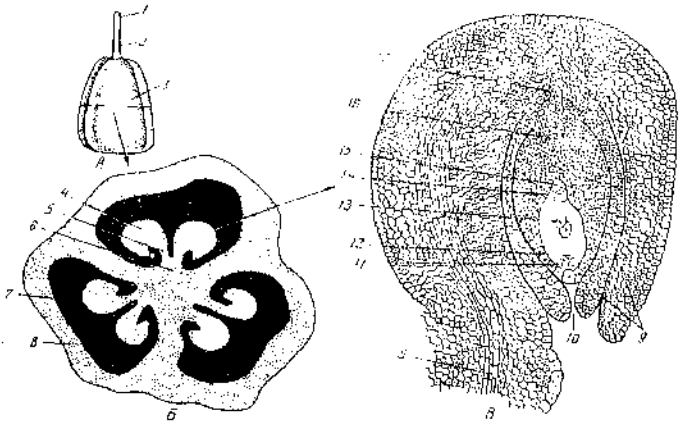


Рис. 26.6. Гинецей пролески (р. Scilla):
А – общий вид; Б – поперечный разрез завязи; В – семязачаток; 1 – рыльце; 2 – столбик; 3 – завязь; 4 – семязачаток; 5 – фуникулус; 6 – плацента; 7 – гнездо; 8 – стенка завязи; 9 – интегумент; 10 – микропиле; 11 – синергиды; 12 – яйцеклетка; 13 – вторичное ядро центральной клетки; 14 – зародышевый мешок; 15 – антиподы; 16 – нуцеллус; 17 – халаза

Снаружи семязачаток покрыт одним – двумя интегументами (покровами), которые на верхушке не смыкаются, образуя отверстие – микропиле, или пыльцевход. Основание семязачатка, противоположное микропиле, называют халазой. Под интегументами расположен многоклеточный нуцеллус, являющийся гомологом мегаспорангия. В нем из мегаспоры формируется зародышевый мешок (женский гаметофит). На микропилярном полюсе зародышевого мешка имеются три клетки: наиболее крупная яйцеклетка и две синергиды. На противоположном – халазальном полюсе, также находятся три клетки, называемые антиподами. В центре размещается вторичное ядро центральной клетки, которое образовалось в результате слияния двух полярных ядер и поэтому диплоидно. Все остальные клетки зародышевого мешка гаплоидны.

Задание

1. Зарисовать пестики цветков моркови, настурции, ивы, подсолнечника и на основе анализа дать заключение, из какого числа плодолистиков они состоят, а также определить тип завязи – верхняя или нижняя.

2. Зарисовать поперечные разрезы завязей цветков гороха, лилии или пролески, крыжовника, мака, белладонны, дремы. Определить по строению завязи тип гинецея.

3. На поперечном разрезе плода чернушки определить истинные и ложные гнезда. Установить присутствие ложных перегородок в завязях дурмана и льна.

4. Рассмотреть на постоянном препарате поперечного среза завязи пролески семязачаток, зарисовать и обозначить его части.

Порядок работы

1. Образец исследуют гинецей цветка пролески (рис. 26.6). Находят в цветке гинецей и определяют, что он состоит из одного пестика. Затем рассматривают, как расположены по отношению к гинецею остальные части цветка. Обращают внимание на то, что цветоложе не расширено и пестик прикрепляется к нему своим основанием. Листочки околоцветника и тычинки прикреплены к цветоложу ниже завязи пестика. Следовательно, пестик с верхней завязью.

2. Далее отчленяют от цветка при помощи препаровальных принадлежностей пестик и рассматривают его под

стереоскопическим микроскопом. Отмечают, что он состоит из завязи, довольно длинного столбика и почти незаметного рыльца.

3. На завязи видны три шва. Скальпелем разрезают ее поперек. На разрезе хорошо заметны три плодолистика, сросшихся боковыми стенками и образовавших синкарпный гинецей с трехгнездной завязью и угловой плацентацией.

4. Рассматривают постоянный препарат поперечного среза завязи под микроскопом при малом увеличении.

5. Затем выбирают семязачаток, в котором заметен зародышевый мешок, и рассматривают его при большом увеличении, находят фуникулус, интегументы, микропиле, халазу, нуцеллус, зародышевый мешок, яйцеклетку, синергиды, антиподы, вторичное ядро центральной клетки.

6. В заключение дают краткое описание гинецея: гинецей многочленный ценокарпный (синкарпный), образован тремя плодолистиками; столбик хорошо выражен; рыльце головчатое; завязь верхняя, трехгнездная, семязачатки угловые с двумя интегументами и восьмиядерным зародышевым мешком.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое плодолистик, гинецей, пестик?
2. Какая из трех частей пестика (завязь, столбик, рыльце) может отсутствовать?
3. Какая разница между одночленным и многочленным гинецеем?
4. Как определить, является ли гинецей одночленным или многочленным ценокарпным, как установить число слагающих его плодолистиков?
5. Каких типов бывает ценокарпный гинецей?
6. В чем различие между верхней, нижней и полунижней завязями?
7. Какой цветок называют надпестичным и какой – подпестичным?
8. Какие бывают типы расположения семязачатков?
9. Какая часть семязачатка является гомологом мегаспорангия?
10. Как устроен семязачаток?
11. Что такое зародышевый мешок, из чего он образуется, из каких клеток состоит?

Работа 27. Формула и диаграмма цветка

Цель работы: научиться давать характеристику цветка в виде диаграммы и формулы.

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, живые или фиксированные в спирте цветки лилии (р. Lilium) или пролески (р. Scilla), лютика (р. Ranunculus), редьки дикой (Raphanus raphanistrum), огурца (Cucumis sativus), яблони (р. Malus) или боярышника (р. Crataegus), вишни (Cerasus vulgaris) или черемухи (Padus racetnosa), гороха (Pisum sativum) или фасоли (Phaseolus vulgari).

Характеристику цветка можно дать сокращенно в виде формулы, при составлении которой пользуются следующими обозначениями его частей:

Са – чашечка (calyx), Со – венчик (corolla), Р – простой околоцветник (perigonium), А – андроцей (androeceum), G – гинецей (gynoeceum).

Типы цветков также имеют условные обозначения: ♀♂ – обоеполый цветок (этот значок обычно в формуле опускают); ♀ – пестичный цветок, ♂ – тычиночный цветок; или * – актиноморфный цветок, ↑ – зигоморфный цветок, ↯ – асимметричный цветок.

Число членов отдельных частей цветка обозначают цифрами (пятичленный венчик – Co_5, шестичленный андроцей – A_6). В том случае, когда число членов непостоянно, обычно больше 12, для их обозначения пользуются значком ∞ (многочленный андроцей А∞). Очень редко число членов андроцея или гинецея бывает непостоянным в пределах 12 (боярышник). В таких случаях число членов также показывают знаком бесконечности.

В случае срастания членов цветка между собой цифру, указывающую на их число, заключают в скобки (сросшийся венчик картофеля – $Co_{(5)}$, двубратственный андроцей фасоли – $A_{(9)+1}$).

Если члены чашечки, венчика или простого околоцветника расположены несколькими кругами, то цифры, указывающие на число их в каждом круге, соединяют значком + (простой околоцветник лилии – P_{3+3}).

Формула должна отражать число плодолистиков, из которого образовался гинецей, срослись ли они между собой в один пестик (цепокарпный гинецей) или каждый из плодолистиков образовал отдельный пестик (апокарпный гинецей), а также какая завязь –

верхняя или нижняя. Например, ценокарпный гинецей с верхней завязью в цветке лилии в формуле обозначают так: $G_{(3)}$, где $_{(3)}$ показывает, что гинецей образован тремя сросшимися плодолистиками, а черта снизу – верхнюю завязь. Нижнюю завязь соответственно обозначают чертой сверху.

Еще более полное представление о строении цветка дает диаграмма, которая является проекцией цветка на плоскость, перпендикулярную его оси. Диаграмма показывает не только число, но и расположение частей цветка и их членов относительно друг друга. Ради удобства принят единый способ ориентации диаграммы: ось соцветия вверху, а кроющий лист внизу. Точно так же и члены цветка обозначают всегда строго определенными фигурами. Ось соцветия показывают маленьким кружком, однако если цветок верхушечный, то такой кружок не изображают; кроющий лист, прицветники и чашелистики – серповидными дугами с килем; лепестки – серповидными дугами без киля; тычинки – фигурами, более или менее отражающими очертания поперечного разреза пыльника, а гинецей – напоминающими поперечный разрез завязи. Внутри завязи маленькими кружками показывают семязачатки на соответствующих частях плодолистиков (рис. 27.1). В случае срастания между собой членов цветка фигуры, обозначающие их на диаграмме, соединяют линиями.

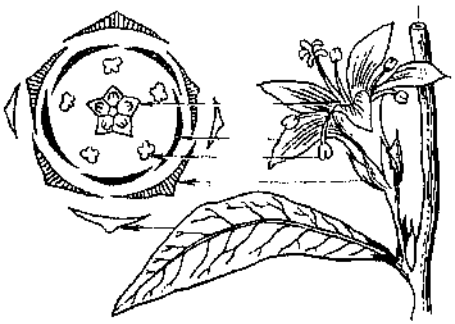


Рис. 27.1. Построение диаграммы цветка

Диаграммы, как и формулы, бывают эмпирическими, когда показывают только видимые части цветка, и теоретическими,

когда обозначают также и редуцированные частично или полностью (отсутствующие) части.

Задания

1. Подробно проанализировать строение цветков лилии или пролески, лютика, редьки дикой, огурца, яблони или боярышника, вишни или черемухи, гороха или фасоли.

2. Составить их формулы и диаграммы.

Порядок работы

1. В качестве примера исследуют цветок гороха (рис. 27.2). Это типично зигоморфный цветок. В формуле зигоморфность обозначают знаком ↑.

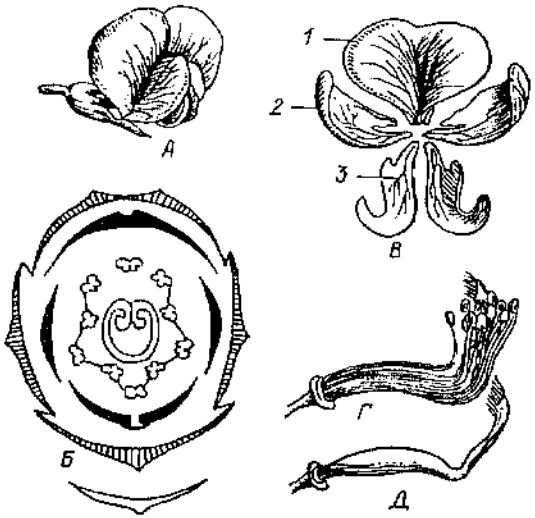


Рис. 27.2. Цветок гороха (Pisum sativum):
А – общий вид; Б – диаграмма; В – венчик; Г – андроцей; Д – гинецей; 1 – парус; 2 – весла; 3 – лодочка

2. Пользуясь стереоскопическим микроскопом, внимательно рассматривают части цветка и определяют: число чашелистиков, лепестков, тычинок и пестиков.

3. Затем определяют, в скольких кругах они расположены;

каково взаиморасположение членов цветка: лепестков по отношению к чашелистикам, тычинок по отношению к лепесткам. Устанавливают также, срастаются ли между собой тычинки, пестики и другие члены цветка.

4. Один из цветков можно отпрепарировать на предметном стекле. Начинают с анализа чашечки. Она состоит из пяти чашелистиков, расположенных в один круг и сросшихся между собой. Следовательно, строение чашечки в формуле можно обозначить так: $Ca_{(5)}$.

5. Венчик состоит из пяти лепестков цветка; которые чередуются с чашелистиками. Лепестки имеют неодинаковую форму: самый крупный (задний) называют парусом, или флагом; два боковых имеют сходное строение – это весла, или крылья; два передних лепестка срастаются одним краем (не основаниями) – это лодочка, в ней помещаются тычинки и пестик. Итак, пять, лепестков в распустившемся цветке расположены в один круг, их обозначают в формуле так: $Co_{3+(2)}$. Однако необходимо отметить, что у гороха, как и у других бобовых, размещение лепестков и тычинок в почках иное, чем у распустившихся цветков. При внимательном рассмотрении цветочной почки хорошо видно, что лепестки расположены в три круга: парус охватывает весла, а весла – лодочку. Таким образом, в первом, самом внешнем круге один лепесток – парус; в среднем – два лепестка – весла; во внутреннем также два лепестка – лодочка. В дальнейшем при разрастании цветка вследствие смещения его частей образуется как бы один круг. Учитывая онтогенез цветка, венчик надо обозначить так: $Co_{1+2+(2)}$.

6. Далее рассматривают андроцей. Он состоит из десяти тычинок. Обращают внимание на то, что девять из них срослись между собой нитями в трубку, а одна свободна – двубратственный андроцей. При исследовании вполне сформированного андроцея раскрывшихся цветков создается впечатление, что все тычинки расположены одним кругом, и тогда их обозначают так: $A_{1+(9)}$. Однако наблюдая за процессом образования андроцея, можно установить, что сначала тычинки закладываются в трех кругах (иногда в двух) и чередуются как между собой, так и с лепестками. Позднее вследствие смещения и срастания их в трубку образуется один круг. Следовательно, тычинки, как и лепестки, также расположены в три круга. Во внешнем круге одна тычинка свободная, остальные девять расположены в двух кругах: во втором круге (среднем) пять

тычинок, во внутреннем – четыре. С учетом онтогенеза андроцей можно обозначить так: $A_{1+(5+4)}$.

7. Гинецей состоит лишь из одного плодолистика. Обращают внимание на то, что листочки околоцветника, а также андроцей располагаются на цветоложе как бы ниже пестика. Во всяком случае хорошо видно, что пестик совершенно свободный, не сросшийся ни с тычинками, ни с околоцветником, а с цветоложем – только нижней частью. Легко прийти к выводу, что у гороха завязь верхняя. Следовательно, гинецей в формуле должен быть обозначен так: $G_{\underline{1}}$.

8. В целом формула цветка гороха приобретает такой вид: $\uparrow Ca_{(5)}Co_{3+(2)}A_{1+(9)}G_{\underline{1}}$ (эмпирическая формула). При учете онтогенеза формула будет несколько иной: $Ca_{(5)}Co_{1+2+(2)}A_{1+(5+4)}G$ (теоретическая формула).

Зная число и взаимное расположение членов цветка, легко составить его диаграммы (рис. 27.2).

Вопросы для самоконтроля

1. Что дает более полное представление о строении цветка – формула или диаграмма?
2. Какими значками обозначают члены цветка в формуле и в диаграмме?
3. Как отражают в формуле или диаграмме срастание членов цветка между собой?
4. Какую формулу называют эмпирической и какую – теоретической?

Работа 28. Классификация соцветий

Цель работы: ознакомиться с разнообразием соцветий и изучить их классификацию.

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, гербарные образцы соцветий подорожника (р. Plantago), аронника (Arum maculatum), черемухи (Padus racemosa), боярышника (р. Crataegus), проломника (р. Androsace), клевера (р. Trifolium), нивяника (Leucanthemum vulgare), моркови (р. Daucus), пшеницы (р. Triticum), сирени (р. Syringa), окопника (Symphytum officinale), солнцецвета (Helianthemum nummularium), молочая (р. Euphorbia), бурачника (Borago officinalis), ясколки (Cerastium holosleum), смолевки (Silene nutans), синяка (Echium vulgare).

Цветки, как правило, собраны в соцветия, хотя у некоторых растений имеются и одиночные цветки (тюльпан, мак). Биологическое преимущество соцветий перед одиночными цветками несомненно. Оно заключается в повышении гарантии опыления, уменьшении вероятности повреждения цветков при неблагоприятных условиях окружающей среды, обусловленном их постепенным распусканием.

Соцветие (inflorescentia) – это побег или система побегов, несущих цветки. К репродуктивным органам соцветия можно отнести лишь условно. На узлах осей соцветий располагаются такие же листья, как на вегетативной части побега (фрондозные соцветия), или видоизмененные, утратившие способность к фотосинтезу, – прицветники (брактеозные соцветия), а на узлах цветоножек – прицветнички.

Различают два типа соцветий: сложные, когда цветки располагаются на разветвлениях главной оси, и простые, когда цветки с цветоножками или без них прикрепляются непосредственно к главной оси.

Сложные соцветия в зависимости от способа нарастания делят на *симподиальные* (цимозные, верхоцветные, определенные) – при этом ось заканчивается цветком, а распускание цветков идет базипетально, т. е. от верхушки к боковым ветвям, или центробежно, если цветки расположены в одной плоскости; *моноподиальные* (ботрические, бокоцветные, неопределенные) – ось нарастает неопределенно долго, распускание цветков идет акропетально, т. е. от основания к верхушке, или центростремительно, если цветки расположены в одной плоскости.

Наиболее часто встречаются следующие симподиальные соцветия (рис. 28.1).

Монохазий (monochasium) – главная ось заканчивается цветком; под ним образуется ось второго порядка, также увенчанная цветком, и т. д.; если подцветочные оси отходят в одну сторону, то образуется завиток (cincinnus) или улитка (эчеверия), если же они отходят попеременно то в одну, то в другую сторону, то образуется извилина (bostryx – росянка, солнцецвет, бурачник); завиток, у которого боковые разветвления укорочены, называют клубочком (glomerulus – марь).

Дихазий (dichasium) – под цветком, сидящим на верхушке главной оси соцветия, образуются две супротивные оси; каждая из них также заканчивается цветком. От этих осей также отходят по две подцветочные оси следующего порядка, повторяющие такой же способ ветвления, и т. д. (звездчатка, ясколка).

Плейохазий (pleiochasium) – от главной оси соцветия, несущей один верхушечный цветок, отходят несколько подцветочных осей, образующих мутовку из монохазиев или дихазиев (очиток, картофель).

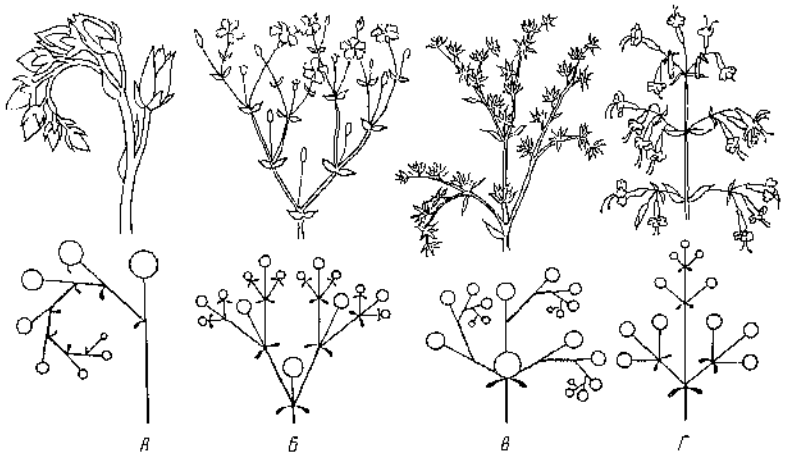


Рис. 28.1. Симподиальные соцветия и их схемы:
А – монохазий – завиток – у эчеверии (Echeveria hybrida); Б – дихазий – у ясколки (Cerastium holosteum); В – плейохазий – у очитка (Sedum mexicanum); Г – тирс – у смолевки (Silene nutans)

Тирс (thyrsus) – на главной оси располагается любое из указанных выше соцветий, обычно имеет пирамидальную форму (смолевка, сипяк).

К моноподиальным соцветиям относят следующие (рис. 28.2):

метелка (panicula) – сильно разветвленное соцветие, нижние боковые разветвления ветвятся сильнее, чем верхние; в целом оно имеет пирамидальное очертание (сирень);

щиток (corymbus) – метелка, у которой нижние разветвления длиннее верхних, вследствие чего цветки располагаются в одной плоскости (калина, бузина);

сложный колос (spica composita) – от главной оси отходят разветвления, на которых расположены цветки без цветоножек; разветвления называют колосками (пшеница, рожь);

сложный зонтик (umbella composita) – соцветие, у которого расстояния между осями второго порядка укорочены, и они отходят от верхушек осей первого порядка; расстояния между цветоножками также укорочены и цветки прикрепляются к верхушкам осей второго порядка (укроп, борщевик); нередко листья у основания осей второго порядка образуют общую обвертку, а у основания цветоножек – частную обвертку (морковь).

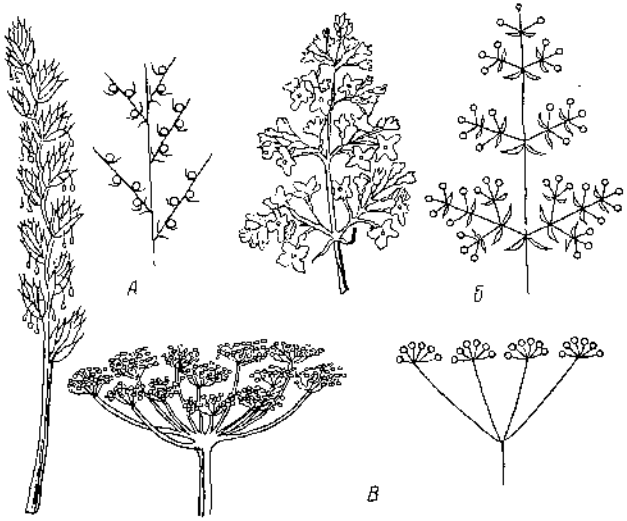


Рис. 28.2. Моноподиальные соцветия и их схемы:
А – сложный колос у пырея (Elytrigia repens); Б – метелка у сирени (Syringa vulgaris); В – сложный зонтик у укропа (Anethum graveoleus)

Кроме перечисленных, существуют еще сложные соцветия, называемые агрегатными. Они образованы сочетанием разных типов простых и сложных соцветий (тысячелистник, ольха, овес).

Простые соцветия в зависимости от расстояния между цветками делят на соцветия с удлиненной и укороченной осью.

К простым соцветиям с удлиненной осью относят следующие (рис. 28.3):

кисть (racemys botrys) – на оси первого порядка расположены цветки с цветоножками обычно одинаковой длины; цветоножки выходят из пазух прицветников (люпин) или прицветники отсутствуют (капустные, барбарис, лук гадючий кистистый); если цветки обращены в одну сторону от оси, то образуется односторонняя кисть (ландыш);

колос (spica) – цветки не имеют цветоножек и сидят на оси первого порядка (вербена, подорожник);

сережка (amentum) – повислый колос, т. е. колос с мягкой осью, после цветения сережки обычно опадают (ива, тополь);

початок (spadix) – колос с сильно утолщенной осью, окружен одним или несколькими листьями, так называемым покрывалом, или крылом (белокрыльник).

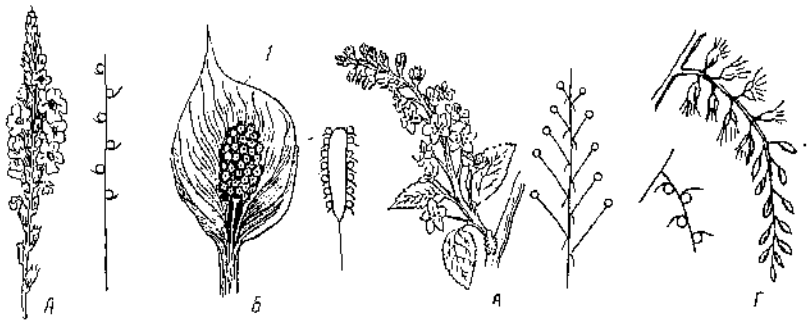


Рис. 28.3. Простые соцветия с удлиненной осью и их схемы:
А – колос – у вербены (Verbena officinalis); Б – початок – у белокрыльника (Calla palustris); В – кисть – у черемухи (Pudus racemosa); Г – сережка – у тополя (p. Populus); 1 – покрывало

К простым соцветиям с укороченной осью относят следующие (рис. 28.4):

зонтик (umbella) – цветоножки, имеющие почти одинаковую длину, отходят от верхушки оси, расстояние между цветоножками укорочены (первоцвет, лук, сусак зонтичный);

головка (capitulum) – зонтик, у которого цветки или без цветоножек, или последние очень короткие (клевер);

корзинка (calathidium) – верхушка главной оси разрастается в виде ложа, и к нему прикрепляются плотно сомкнутые цветки; верхушечные листья скучены и образуют обвертку (подсолнечник, календула, астра).

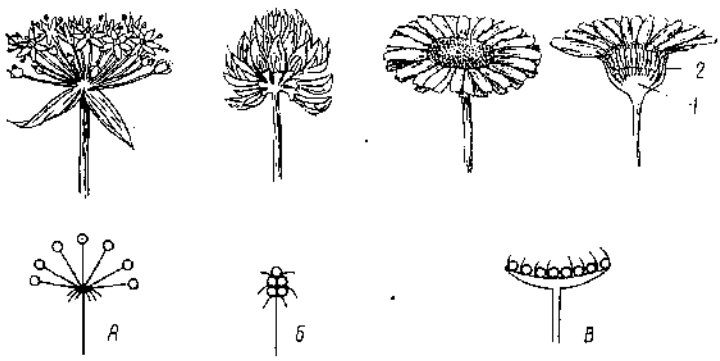


Рис. 28.4. Простые соцветия с укороченной осью и их схемы:
А – зонтик у лука (р. Allium); Б – головка – у клевера (Trifolium prateanse);
В – корзинка – у календулы (Calendula officinalis); 1 – ложе; 2 – обвертка

Задания

1. Изучить симподиальные соцветия, зарисовать схемы и привести примеры.

2. Изучить сложные монополиальные соцветия, зарисовать схемы и привести примеры.

3. Изучить простые соцветия с удлиненной и укороченной осью, зарисовать схемы и привести примеры.

4. Рассмотреть и определить типы соцветий следующих растений: подорожника, аронника, черемухи, боярышника, проломника, клевера, нивяника, моркови, пшеницы, сирени, окопника,

солнцецвета, молочая, бурачника, ясколки, смолевки, синяка. Зарисовать схемы этих соцветий.

Порядок работы

1. В качестве образца исследуют соцветие моркови. Сначала определяют, какое это соцветие: сложное пли простое.

2. Обращают внимание на то, что цветки сидят на осях второго порядка. Расстояние между осями второго порядка укорочены, поэтому они отходят от верхушки оси первого порядка. Расстояния между цветоножками также укорочены, и они отходят от верхушек осей второго порядка. Оси второго порядка, как и цветоножки, по длине равны между собой. При основании осей второго порядка есть прицветники, совокупность которых образует общую обвертку, а при основании цветоножек – прицветнички, совокупность которых составляет частную обвертку. Таким образом, соцветие моркови можно отнести к сложным, оно представляет собой сложный зонтик.

3. Затем отделяют одно разветвление и внимательно изучают расположение цветков. Все они лежат в одной плоскости. Нетрудно обнаружить, что распускание цветков происходит в центростремительном направлении (от периферии к центру). Следовательно, соцветие моноподиальное.

4. Итак, после морфологического анализа можно сделать вывод, что у моркови соцветие сложное, моноподиальное, представляет собой сложный зонтик с хорошо выраженными общей и частными обвертками.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое соцветие?
2. Всегда ли у растений бывают соцветия?
3. В чем преимущество растений, имеющих соцветия, перед теми, у которых цветки одиночные?
4. В чем отличие простых соцветий от сложных?
5. Как отличить симподиальные соцветия от моноподиальных?
6. На какие две группы можно разделить простые соцветия?
7. Каковы характерные признаки каждого из сложных и простых соцветий?

Работа 29. Строение и классификация семян

Цель работы: ознакомиться с особенностями строения семян и изучить их классификацию.

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, предварительно намоченные зерновки овса (Avena sativa), пшеницы (Triticum aesiiuum) и ячменя (Hordeum vulgare), семена фасоли (Phaseolus vulgaris), гороха (Pisum sativum), подсолнечника (Helianthus annuus), куколя (Agrostemma githago); постоянные микропрепараты продольных срезов, зерновок овса, пшеницы и ячменя, а также семян куколя.

Семя (semen) служит для размножения и распространения семенных растений (рис. 29.1). Оно состоит из зародыша и запасающей ткани, покрытых спермодермой (семенная кожура). Семя формируется из семязачатка в результате процесса двойного оплодотворения. Зародыш семени – производное зиготы, возникшей в результате слияния спермия с яйцеклеткой (2n).

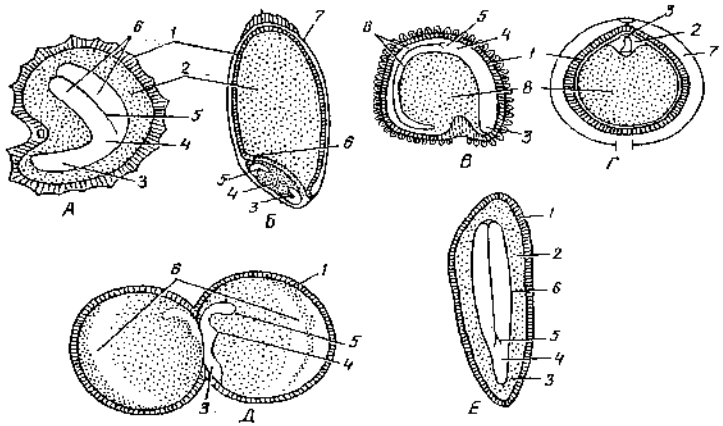


Рис. 29.1. Типы семян:
А – с эндоспермом, окружающим зародыш – у мака (Papaver somniferum); Б – с эндоспермом, лежащим рядом с зародышем – у пшеницы (Triticum aestivum); В – с перисперм ом – у куколя (Agrostemma githago); Г – с эндоспермом, окружающим зародыш и мощным перисперм ом – у перца (Piper nigrum); Д – с запасными продуктами, отложенными в семядолях зародыша – у гороха (Pisum sativum); Е – с эндоспермом и запасными продуктами, отложенными в семядолях зародыша, – у льна (Linum usitatissimum); 1 – спермодерма; 2 – эндосперм; 3 – корешок; 4 – стебелек; 5 – почечка; 6 – семядоля (3-6 – зародыш); 7 – околоплодник; 8 – перисперм

Запасающая ткань – эндосперм – результат деления клетки, образовавшейся от слияния другого спермия с центральной клеткой зародышевого мешка (3n). Спермодерма формируется из интегументов. Синергиды и антиподы обычно разрушаются, а содержимое клеток нуцеллуса у большинства растений используется зародышем в процессе его формирования, реже нуцеллус превращается в запасающую ткань – перисперм.

Семя имеет очень важную особенность: в условиях, неблагоприятных для прорастания, оно может значительное время пребывать в состоянии покоя. С наступлением благоприятных условий температуры и влажности семя начинает поглощать воду и при достаточном доступе воздуха прорастает.

Классификация семян проста. Различают пять типов семян в зависимости от того, где накапливаются запасные продукты: в эндосперме, нуцеллусе, зародыше, в эндосперме и нуцеллусе в эндосперме и зародыше.

Задания

1. Провести анализ структуры семян овса, пшеницы, ячменя, фасоли, гороха, подсолнечника, куколя. Указать, к какому типу их относят.

2. Зарисовать общий вид изученных семян и их внутреннее строение, сделать обозначения.

Порядок работы

1. Семя с эндоспермом. Строение семян с эндоспермом рассматривают на примере зерновки овса (рис. 29.2). Освободив зерновку от чешуек, можно увидеть, что снаружи она покрыта довольно тонким пленчатым слоем, который трудно отделить от внутренней части зерновки. Этот слой представляет собой околоплодник, слившийся с спермодермой (зерновка – односемянный плод). Околоплодник хорошо заметен на препарате продольного среза зерновки под стереоскопическим микроскопом. Находят еще две резко отличающиеся друг от друга части зерновки: зародыш и эндосперм. Обращают внимание на то, что размеры зародыша незначительны по сравнению с размерами эндосперма. Это объясняется тем, что запасные продукты отложены не в зародыше, а в эндосперме.

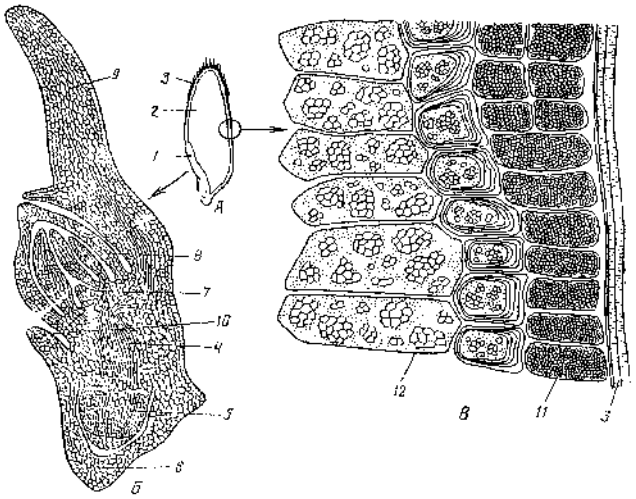


Рис. 29.2. Зерновка овса (Avena sativa):
А – продольный разрез (схема); Б – зародыш; В – эндосперм; 1 – зародыш; 2 – эндосперм; 3 – околоплодник, слившийся с спермодермой; 4 – стебелек; 5 – корешок; 6 – колеориза; 7 – почечка; 8 – колеоптиль; 9 – семядоля (щиток); 10 – эпибласт; 11 – алейроновый слой; 12 – клетки с запасным крахмалом

Затем рассматривают зародыш более подробно. При малом увеличении микроскопа отмечают, что он состоит из первичной меристемы и имеет зачатки вегетативных органов будущего растения: зародышевый корешок с корневым чехликом, корневое влагалище – колеоризу, зародышевый стебелек – гилокотиль и почечку. В центре почечки хорошо заметен конус нарастания стебля, прикрытый зародышевыми листьями. Наружный зародышевый лист называют колеоптилем. Находят семядолю – щиток. На стебельке со стороны, противоположной щитку, расположен эпибласт. Последний, видимо, представляет собой вторую редуцированную семядолю. У некоторых мятликовых эпибласт вовсе не образуется.

Далее переходят к изучению эндосперма. В периферической части его под спермодермой хорошо виден однородный слой клеток. Это алейроновый слой. Клетки его содержат гранулы белка – алейроновые зерна. Клетки под алейроновым слоем (к центру препарата) заполнены сложными крахмальными зернами.

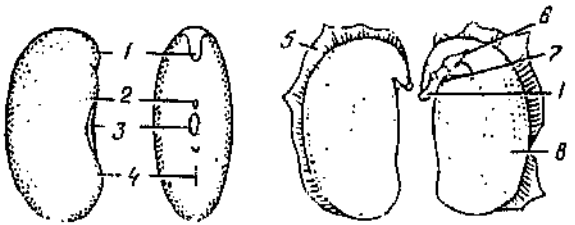
Итак, зерновка овса состоит из околоплодника и одного

семени. Семя имеет три основные части: спермодерму, слившуюся с околоплодником, зародыш и эндосперм.

2. Семя с запасными продуктами в зародыше. Строение семени с запасными продуктами в зародыше изучают на примере фасоли (рис. 29.3). Снаружи ее семя покрыто довольно толстой спермодермой. Находят рубчик, расположенный на узкой вогнутой поверхности семени. Это место прикрепления семени к семяножке. На одной линии с рубчиком, рядом с ним, размещается микропиле. Через него вода и газы поступают внутрь семени. Убедиться в этом очень просто: если надавить пальцами на набухшее семя, то из микропиле выступит вода. Обращают внимание на то, что над микропиле находится небольшой бугорок, образованный зародышевым корешком. С противоположной от микропиле стороны к рубчику примыкает семенной шов – след от срастания семязачатка с семяножкой.

Внимательно рассмотрев семя, зарисовывают его с боковой стороны и со стороны рубчика и обозначают рубчик, микропиле, и семенной шов.

Затем осторожно снимают с семени спермодерму, под которой находится зародыш, состоящий из двух крупных семядолей почковидной формы, зародышевого корешка, зародышевого стебелька и почечки. Эндосперма в семени нет. Запасные продукты эндосперма были поглощены зародышем и отложены в его семядолях, клетки которых заполнены крахмальными зернами, расположенными в массе алейроновых зерен.



А Б

Рис. 29.3. Семя фасоли (Phaseolus vulgaris):
А – общий вид; Б – зародыш; 1 – корешок; 2 – микропиле; 3 – рубчик; 4 – семенной шов; 5 – спермодерма; 6 – почечка; 7 – стебелек; 8 – семядоля

Таким образом, семя фасоли можно отнести к семенам без эндосперма, у которых запасные продукты отложены в семядолях. Оно состоит из двух частей: спермодермы и зародыша.

3. Семя с периспермом. Семя с периспермом рассматривают на примере куколя (рис. 29.1). Последовательность работы та же.

Вопросы для самоконтроля

1. Как образуется семя, и какой процесс предшествует его формированию?
2. Из каких частей семязачатка образуются спермодерма, зародыш, эндосперм?
3. По какому признаку классифицируют семена?
4. Из чего образуется перисперм, чем он отличается от эндосперма?
5. Что представляют собой рубчик, семенной шов, микропиле?
6. Как устроены зародыши фасоли и овса?
7. Какую функцию выполняют семядоли у фасоли и какую – у овса?
8. Что такое колеоптиль, колеориза, эпибласт?

Работа 30. Строение и классификация плодов

Цель работы: ознакомиться с особенностями строения семян и изучить их классификацию.

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, пинцеты, скальпели, свежие или консервированные (засушенные и фиксированные в спирте) плоды сокирок (Consolida regalis) или ваточника (р. Asclepias), водосбора (р. Aquilegia), гороха (Pisum sativum), горчицы (р. Sinapis), ярутки (Thlaspi arvense), мака (р. Papaver), белены (р. Hyoscyamus), дурмана (р. Datura), хлопчатника (Gossypium hirsutum), лещины (Corylus avellana), гречихи (Fagopyrum sagittatum), подсолнечника (Helianthus annuus), лютика (р. Ranunculus), земляники (р. Fragaria), пшеницы (р. Triticum), вяза (р. Ulmus), клена (р. Acer), редьки дикой (Raphatius raphanistrum), борщевика (р. Heracleum), томата (Lycopersicum esculentum) или картофеля (Solanum tuberosum), вишни (Cerasus vulgaris), малины (Rubus idaeus), боярышника (р. Crataegus) или яблони (р. Malus), огурца (Cucumis sativus), свеклы (Beta vulgaris).

Плод (fructus) предназначен для защиты семян, а нередко и для их распространения и свойствен только покрытосеменным. Плод формируется из цветка в результате его изменения, происходящего после двойного оплодотворения (амфимиксиса). В образовании плода главную роль играет гинецей. Однако в этом процессе часто принимают участие и другие части цветка – цветоложе, основания тычинок, лепестков, чашелистиков. У некоторых растений (виноград, банан) плоды образуются без оплодотворения и не содержат семян. Такие плоды называют партенокарпическими.

Плод состоит из околоплодника (перикарпа) и семян. Околоплодник формируется из стенки завязи, а иногда и других частей цветка и состоит из трех слоев: экзокарпа (наружный слой), мезокарпа (средний слой) и эндокарпа (внутренний слой).

Разнообразие плодов очень велико, что вызвано главным образом приспособлением плодов к распространению. Это разнообразие очень усложняет создание их филогенетической классификацин, связанной с общей эволюцией покрытосеменных. Существующая ныне филогенетическая классификация плодов основана на типе гинецея. Плоды, образованные из примитивного апокарпного гинецея, называют апокарпиями, а из эволюционно более прогрессивного ценокарпного – ценокарпиями.

Дальнейшая классификация, к сожалению, слишком сложна и не применима для определения растений. Поэтому на практике приходится придерживаться чисто морфологической классификации, в значительной степени искусственной.

Плод называют простым, если в его образовании принимает участие только один пестик (горох). Иногда простые плоды могут распадаться по гнездам на части – мерикарпии (тмин, мальва). Такие плоды называют дробными. Если простые плоды разламываются по поперечным (ложным) перегородкам на односемянные членики, их называют членистыми (копеечник, редька дикая). Плод, образованный несколькими пестиками одного цветка (малина, лютик), называют сборным (рис. 30.1).

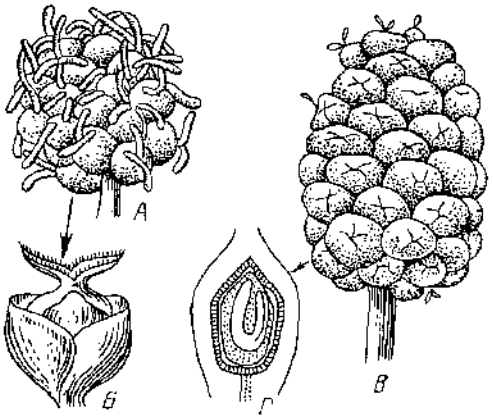


Рис. 30.1. Соцветие и соплодие шелковицы (Morus alba):
А – соцветие пестичных цветков; Б – пестичный цветок; В – соплодие;
Г – один плод на продольном разрезе

Соплодия в отличие от плодов возникают из нескольких цветков (свекла) или из целого соцветия (шелковица, инжир, ананас) (рис.). В образовании соплодий, кроме цветков, могут принимать участие и оси соцветия.

В основу дальнейшей классификации простых и сборных плодов положены следующие признаки: консистенция околоплодника (сухая или сочная), число семян (много или одно), вскрывание околоплодника (нераскрывающийся или раскрывающийся, способ вскрывания), число плодолистиков, формирующих плод.

Выделяют следующие группы плодов.

Коробочковидные плоды – с сухим околоплодником, многосемянные, обычно растрескивающиеся (рис. 30.2).

Листовка (folliculus) – одногнездный плод, образованный одним плодолистиком, вскрывается одной щелью по брюшному шву – линии срастания краев плодолистика (сокирки); из многочленного апокарпного гинецея возникает плод сборная листовка (водосбор, калужница).

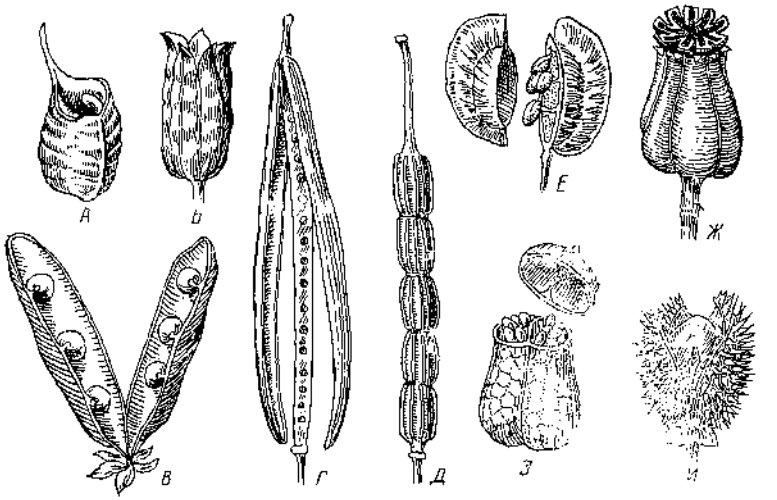


Рис. 30.2. Коробочковидные плоды:
А – листовка – у морозника (р. Helleborus); Б – сборная листовка – у водосбора (Aquilegia vulgaris); В – боб – у гороха (Pisum sativum); Г – стручок – у капусты (Brassica oleracea); Д – членистый стручок – у редьки (Raphanus raphanistrum); Е – стручочек – у ярутки (Thlaspi arvense); Ж-И – коробочка [Ж – у мака (Papaver rhocas); З – у белены (Hyoscyamus niger); И – у дурмана (Datura stramonium)]

Боб (legumen) – одногнездный плод, образованный одним плодолистиком, вскрывается двумя щелями по брюшному шву и по средней жилке плодолистика (фасоль, вика); характерен для бобовых; бобы могут быть членистыми (копеечник, сераделла), спирально закрученными (люцерна), односемянными нераскрывающимися (эспарцет).

Стручок (saliqua), стручочек (silicula) – двугнездный плод, образованный двумя плодолистиками, семена прикрепляются к

продольной перегородке, вскрывается двумя щелями; стручочек отличается от стручка соотношением длины и ширины: если у стручка длина превышает ширину в четыре раза и более (капуста), то у стручочка длина превышает ширину не более чем в два-три раза (сумочник пастуший); характерны для капустных; стручки могут быть членистыми (редька дикая);

Коробочка (capsula) – образована несколькими плодолистиками; существуют различные способы вскрывания коробочки: дырочками (мак), крышечкой (белена), зубчиками (гвоздика), створками (дурман) и т. д.

Ореховидные плоды – с сухим околоплодником, односемянные, перастрескивающиеся (рис. 30.3).

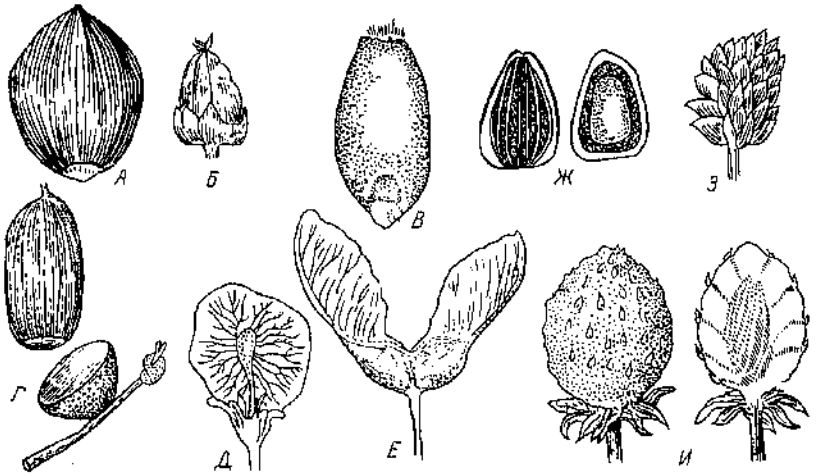


Рис. 30.3. Ореховидные плоды:
А – орех – у лещины (Corytus avellana); Б – орешек – у гречихи (Fagopyrum sagitta-tum), В – зерновка – у пшеницы (Triticum aestivum); Г – желудь – у дуба (Quercus robur); Д – крылатка – у вяза (Ulmus campestris); Е – дробная крылатка – у клена (Acer platanoides); Ж – семянка – у подсолнечника (Helianthus annuus); З, И – сборный орешек [З – у лютика (р. Ranunculus), И – у земляники (Fragaria vesca)]

Орех (nux), орешек (nucula) – околоплодник жесткий, деревянистый (лещина); орешек отличается от ореха меньшим размером (липа); из многочленного апокарпного гинецея формируется сборный орешек (лютик).

Желудь (glans) – околоплодник менее жесткий, чем у ореха, у основания плод окружен чашевидной плюской, образующейся из защитного покрова цветка (дуб).

Семянка (achena) – околоплодник кожистый (подсолнечник);

Крылатка (samara) – семянка, околоплодник которой имеет кожистый или перепончатый крыловидный вырост (вяз); крылатка может быть дробной (клен).

Зерновка (cariopsis) – околоплодник кожистый, слипается со спермодермой (пшеница, рис, пырей).

Ягодовидные плоды – с сочным околоплодником, большей частью многосемянные (рис. 30.4):

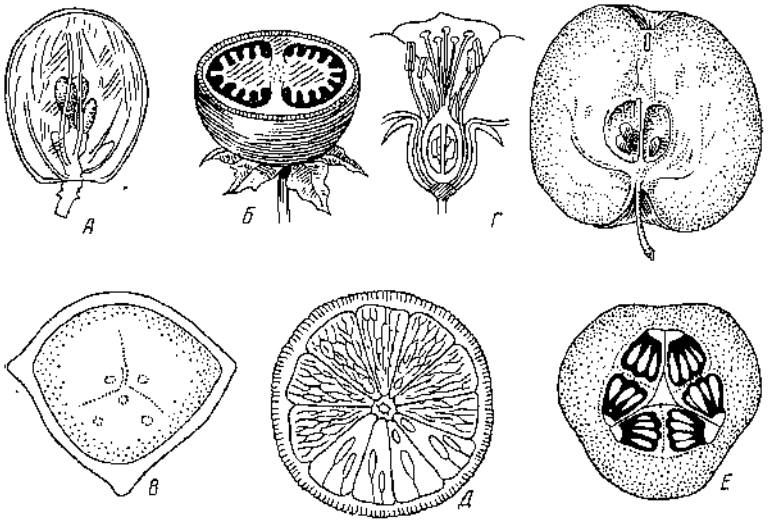


Рис. 30.4. Ягодовидные плоды:
А-В – ягода [А – у винограда (Vitis vinifera), Б – у картофеля (Solanum tuberosum), В – у банана (р. Musa)]; Г – яблоко – у яблони (р. Malus); Д – гесперидий – у апельсина (Citrus aurantium); Е – тыквина – у огурца (Cucumis sativus)

Ягода (bacca) – околоплодник, за исключением тонкого экзокарпа, сочный, мясистый (виноград, картофель).

Яблоко (malum) – в его формировании, кроме завязи, принимают участие нижние части тычинок, лепестков, чашелистиков, а также цветоложе (яблоня, груша, рябина).

Тыквина (peponida) – образуется из нижней завязи, состоящей

из трех плодолистиков; экзокарп жесткий, деревянистый, мякоть плода в основном состоит из разросшихся плацент (дыня, арбуз, тыква, огурец).

Гесперидий (hesperidium) или померанец (aurantium) – экзокарп окрашенный, с вместилищами эфирного масла; мезокарп сухой, губчатый, белый; эндокарп сочный, мясистый; плод характерен для цитрусовых (лимон, апельсин).

Костянковидные плоды – с деревянистым эндокарпом, чаще односемянные (рис. 30.5).

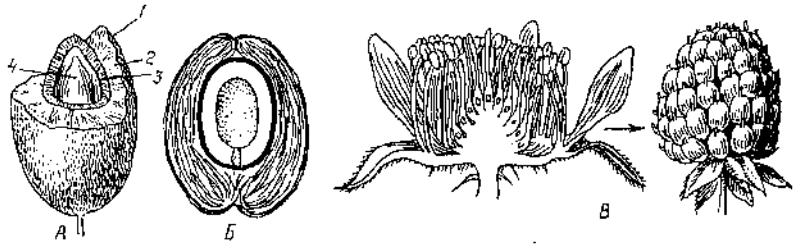


Рис. 30.5. Костянковидные плоды:
А, Б – костянка: 1 – экзокарп; 2 – мезокарп; 3 – эндокарп; 4 – семя [А – у сливы (Prunus domestica); Б – у кокосовой пальмы (Cocos nucifera)]; В – поперечный разрез цветка и сборная костянка – у малины (Rubus idaeus)

Костянка (drupa) – околоплодник дифференцирован на тонкий экзокарп, мясистый мезокарп и более или менее толстый деревянистый эндокарп (вишня, персик, боярышник); из многочленного апокарпного гинецея образуется сборная костянка (малина); изредка костянка бывает сухая (миндаль, кокосовая пальма).

Задания

1. Провести анализ коллекции плодов, определить к какой группе их относят и дать им названия.

2. Зарисовать плоды и обозначить их.

Порядок работы

1. Для примера исследуют плоды, резко отличающиеся друг от друга: сокирок, картофеля и малины. Чтобы определить тип плода, надо установить: простой плод или сборный; с сочным или

сухим околоплодником (если с сухим, то определить, раскрывающийся он или нераскрывающийся); число семян – одно или много; число плодолистиков, образующих плод (при наличии только плода это не всегда можно сделать); число гнезд в плоде.

Рассматривая плод сокирок, нетрудно обнаружить, что он простой, так как образован из одного пестика, с сухим околоплодником. По форме плод напоминает лист, сросшийся своими краями. Если плод зрелый, то он вскрывается по месту срастания краев плодолистика и из него высыпаются многочисленные семена. Плод раскрывают полностью при помощи скальпеля. При этом обнаруживают, что перегородок внутри нет. Следовательно, плод одногнездный. Исходя из того, что он одногнездный, раскрывается одной щелью, а форма околоплодника напоминает лист, сросшийся краями, можно сделать вывод, что плод сокирок образован одним плодолистиком.

Дают изученному плоду краткую характеристику: простой, многосемянный, с сухим околоплодником, образован одним плодолистиком, растрескивающийся по одному шву. Согласно этой характеристике плод сокирок относят к группе коробочковидных и определяют, что это листовка.

2. При исследовании плода картофеля нетрудно обнаружить, что он также простой, но в отличие от плода сокирок имеет сочный околоплодник. Скальпелем делают поперечный разрез плода и рассматривают его строение. Экзокарп плода довольно тонкий, а внутри него сочная мякоть (мезокарп и эндокарп). В мякоти расположены многочисленные семена. Плод разделен перегородкой на два гнезда. Наличие двух гнезд позволяет предположить, что он образован двумя плодолистиками. Отмечают его части: экзокарп, мякоть, гнезда, семена. Дают ему краткую характеристику: простой, миогосемянный, с сочным околоплодником, нераскрывающийся, двухгнездный, образован двумя плодолистиками. На основе дайной характеристики плод картофеля относят к группе ягодовидных и определяют, что это ягода.

3. Плод малины отличается от уже рассмотренных тем, что состоит из многочисленных отдельных плодиков, каждый из которых легко отделить от других. По сохранившейся чашечке видно, что этот плод возник из одного цветка, следовательно, он сборный, формируется из многочленного апокарпного гинецея. Рассмотрев один из плодиков, определяют, что он имеет сочный

околоплодник с деревянистым эндокарпом. Разбивают эндокарп и внутри находят одно семя. Итак, каждый плодик представляет собой костянку. На основании проведенного исследования приходят к выводу, что у малины плод – сборная костянка.

Вопросы для самоконтроля

1. Из чего образуется плод? Какова его структура?
2. Из каких слоев состоит околоплодник?
3. В чем разница между простым и сборным плодами?
4. Что такое соплодие?
5. По каким признакам классифицируют простые плоды?
6. В чем сходство и в чем различие между листовкой, бобом, стручком, коробочкой?
7. В чем сходство и в чем различие между орехом, желудем, семянкой, крылаткой, зерновкой?
8. В чем сходство и в чем различие между ягодой, яблоком, тыквиной, гесперидием?
9. Каковы характерные признаки костянки?
10. Какие плоды называют дробными, а какие – членистыми?
11. Как классифицируют сборные плоды?

Работа 31. Отдел Моховидные (Bryophita)

Цель работы: научиться определять и различать разных представителей высших споровых растений; изучить особенности строения гаметофита и спорофита.

Материалы и оборудование: микроскопы, бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, живые и гербарные образцы мхов, препараты таллома зеленых мхов и спорогонов, стеблей мха.

В жизненном цикле моховидных, как и у других высших растений, чередуются две фазы: гаметофит (n) и спорофит (2n), однако в отличие от других групп высших растений в нем доминирует гаметофит. Гаметофит имеет вид побега, расчлененного на каулидий и филлидии (условно их называют «стебель» и «листья»), или листовидного таллома. Корней нет. Их функцию выполняют выросты поверхностных клеток тела – ризоиды (одноклеточные или многоклеточные). Спорофит, называемый у моховидных спорогоном, играет подчиненную роль. Он представляет собой цилиндрическую ножку, заканчивающуюся шаровидной или цилиндрической коробочкой, внутри которой образуются споры. Спорогон тесно связан с гаметофитом, так как получает от него воду и необходимые питательные вещества. Таким образом, у моховидных нет корней, настоящих тканей. В жизненном цикле доминирует гаметофит(n) над спорофитом (2n). Это их главные отличительные особенности.

Общее число видов около 35 тыс. Их подразделяют на три класса: Антоцеротовые (Anthocerotopsida), Печеночники (Hepaticopsida) и Листостебельные или Настоящие мхи (Bryopsida).

Класс Листостебельные мхи включает три подкласса: Андреевые или Черные мхи (Andreaeidae), Сфагновые или Белые мхи (Sphagnidae), Бриевые или Зеленые, мхи (Bryidae).

Класс Печеночные мхи (Hepaticopsida). Представитель: маршанция многообразная (Marchantia polimorha). Слоевище листовидное, стелющееся, пластинки дихотомически ветвятся. Точка роста находится на конце слоевища в небольшой выемке. Нарастая по обе стороны от выемки, образует новые лопасти. Старые части таллома отмирают и постепенно каждая лопасть становиться самостоятельной особью. Слоевище прикрепляется к субстрату с помощью многочисленных ризоидов.

С верхней части слоевище покрыто своеобразными покровными клетками. Под ними располагается невысокая воздушная камера, в которой с её дна к покровному слою клеток поднимаются ряды зеленых клеток. Это клетки – ассимиляторы. Нижняя часть таллома содержит слои бесцветных клеток. Они выполняют транспортную функцию и обеспечивают связь между ризоидами и ассимилирующими клетками, также выполняют запасающую функцию.

На верхней стороне слоевища образуются особые выводковые корзиночки, где формируются выводковые почки. Почки отрываются каплями дождевой воды и ею распространяются.

Маршанция – растение двудомное (рис. 31.1). На слоевищах появляются особые выросты – подставки, где и формируются антеридии и архегоний (рис. 31.2).

Архегоний имеет колбообразную форму (рис. 31.3). Широкой частью, брюшком, он прикрепляется к подставке, удлиненная часть – шейка свешивается вниз. Стенка брюшка и шейки состоит из одного слоя одинаковых клеток. Яйцеклетка занимает почти всю полость брюшка. Канал шейки занят канальцевыми клетками. При созревании архегония канальцевые клетки превращаются в слизь. Оплодотворенная яйцеклетка превращается в зиготу, которая дает начало спорофиту. Сначала формируется многоклеточное образование, расчлененное на широкую шарообразную часть и короткую ножку. Таким образом, зрелый спорогон состоит из шарообразной коробочки со спорами и ножки. Споры одноклеточные, гаплоидные.

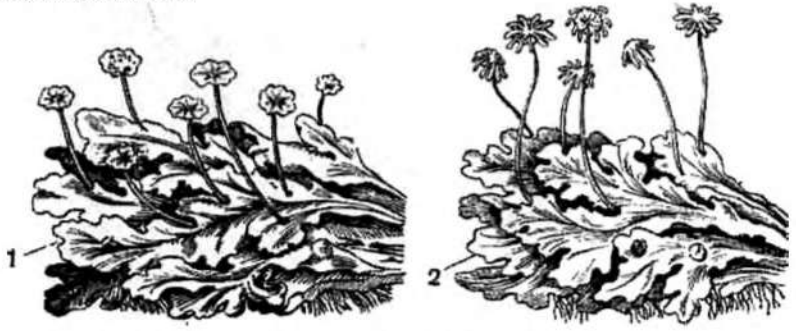


Рис. 31.1. Маршанция (Marchantia polimorha) внешний вид:
1 – таллом с мужскими подставками; 2 – таллом с женскими подставками

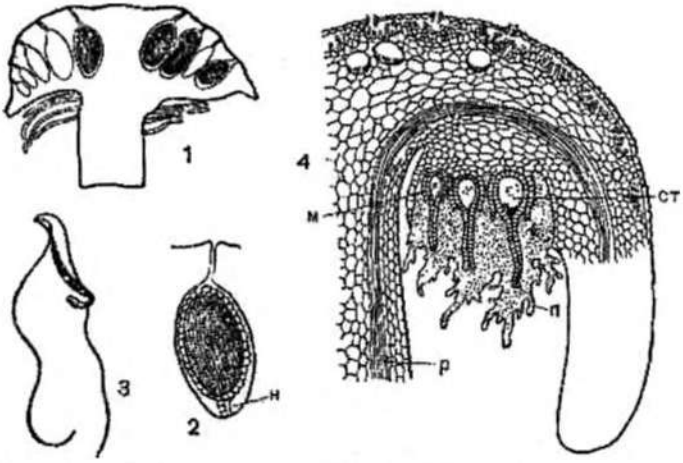


Рис. 31.2. Строение органов спороношения маршанции:
1 – вертикальный разрез через мужскую подставку (в некоторых антеридиальных полостях находятся антеридии); 2 – антеридий в антеридиальной полости (н – ножка антеридия); 3 – двужгутиковый сперматозоид; 4 – вертикальный разрез через женскую подставку (п – перихеций, р – пучок ризоидов, м – молодой архегоний, ст – старый, оплодотворенный, с увядающей шейкой. Вокруг каждого архегония возвышается перианций)

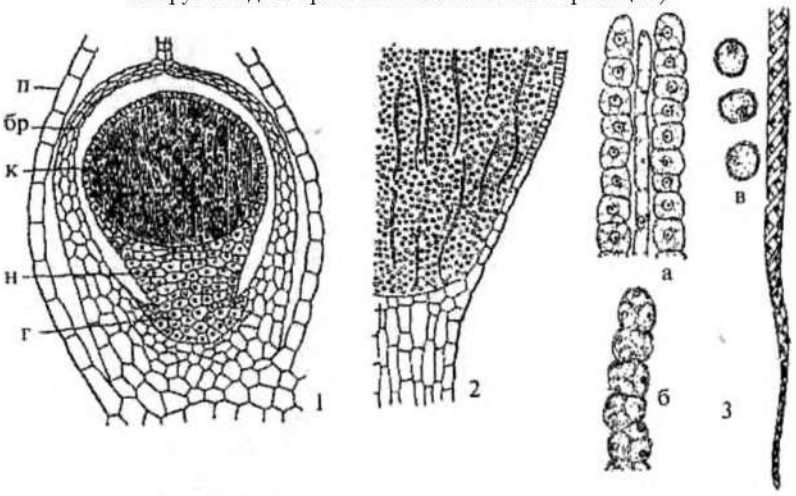


Рис. 31.3. Строение архегония маршанции:
1 – молодой спорогон (к – коробочка, н – короткая ножка, г – гаустория, бр – брюшко архегония, п – разросшийся перианций); 2 – часть более старого спорогона (видны споры и пружинки); 3 – материнские клетки спор: а – два ряда материнских клеток спор и часть пружинки (удлиненная клетка); б – материнские клетки спор делятся с образованием тетрад; в – споры и пружинка

Класс Листостебельные мхи (Briopsida или Musci). Подкласс Бриевые – Зеленые или Настоящие мхи (Bryidae)

Зеленые мхи широко распространены. Одним из самых обычных видов нашей флоры является мох – кукушкин лен (Polytrichum commune) (рис. 31.4).

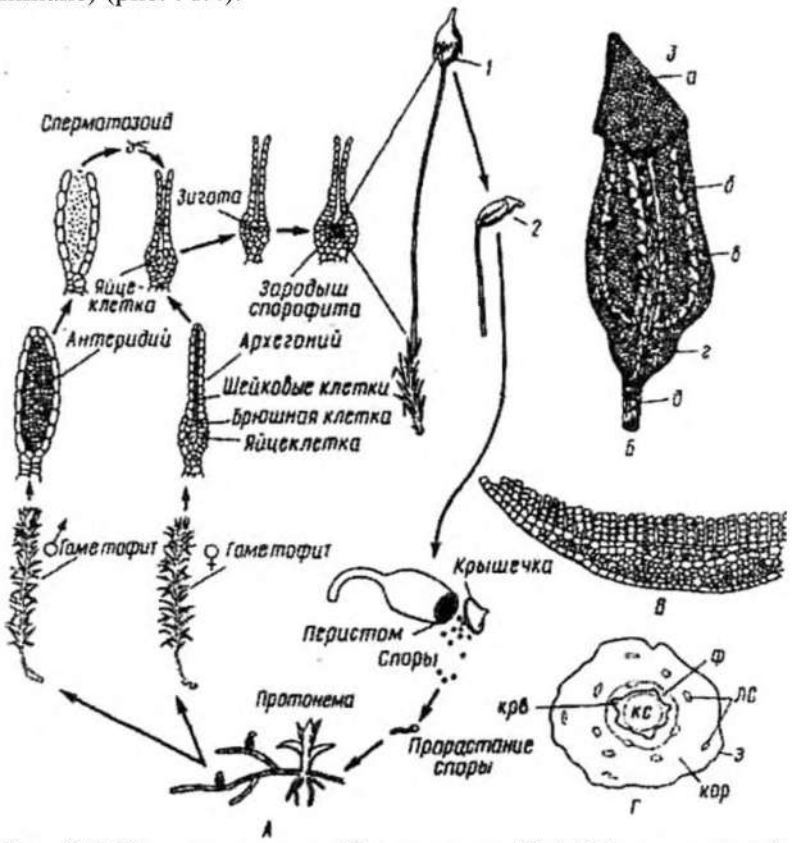


Рис. 31.4. Цикл развития мха Кукушкин лен (Polytrichum commune):
А – цикл развития мха; Б – коробочка; 1 – с колпачком; 2 – без колпачка; 3 – в разрезе (а – крышечка, б – урночка, в – спорангий, г – апофиза, д – ножка); В – поперечный разрез листа с ассимиляторами; Г – поперечный разрез стебля (ф – флоэма, крв – крахмалоносное влагалище, кор – кора, э – эпидерма, лс – листовые следы)

Он представляет собой стебель с отходящими от него выростами – филлоидами, в некоторых пособиях их обозначают понятием «листья», но это не совсем точно. Прикрепляется организм

к субстрату ризоидами. Листовидные выросты имеют по краям небольшие острые шипики. Снизу они покрыты тонкими покровными клетками. В середине стебля и филлоидов имеется проводящий пучок. Ассимиляционные клетки лежат открыто. Зрелый спорогон состоит из коробочки и длинной ножки. Коробочка сверху прикрыта колпачком, являющимся остатком архегония, т.е. гаметофита.

Подкласс Сфагновые мхи (Sphagnidae). Сфагнум широко распространен. Он образует огромные массивы в тундре, на верховых болотах, в таежных лесах и т. д. Мох дифференцирован на основной стебель и боковые ветви, которые покрыты очень мелкими выростами – своеобразными листочками (выше мы указывали, что обозначать филлоиды мхов термином листья не совсем правильно). Филлоиды однослойные, без жилок, имеют равномерное строение. Они состоят из длинных узких хлорофиллоносных клеток, между которыми помещаются мертвые бесцветные водоносные клетки. Такие клетки имеют кольчатое утолщение и поры на поверхности (рис. 31.5). У сфагнума доминирует гаметофит. Антеридии и архегонии образуются на вершине растения. Спорогон шарообразный, темно-коричневого цвета.

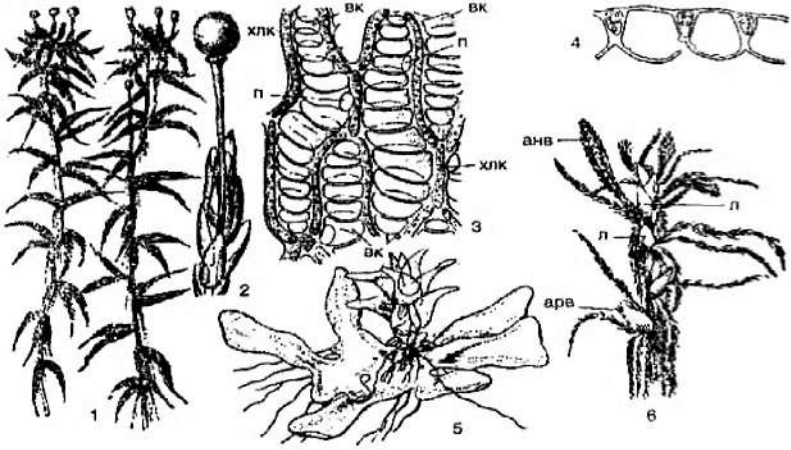


Рис. 31.5. Сфагнум (Sphagnum):
1 – внешний вид; 2 – верхушка ветви со спорогоном; 3 – часть (увеличено) веточного листа (хлк – хлорофиллоносные клетки, вк – водоносные клетки, п – поры); 4 – поперечный разрез листа; 5 – протонема; 6 – часть стебля (анв – антеридиальные веточки, арв – архегониальные веточки, л – стеблевые листья)

Задания

1. Определите, представители какого класса вам даны. Изучите описание особенностей строения данной группы растений и приступайте к изучению предложенных образцов и препаратов.

2. Сделайте временный препарат из кусочка таллома мха и рассмотрите его строение. Найдите хлорофиллоносные клетки, водоносные клетки, поры, подумайте, какое значение имеют они в жизни растения.

3. Изучите особенности строения слоевища (таллома). Способ его ветвления.

4. Изучите строение спорогона (коробочки). Где он образуется: на спорофите или гаметофите? Изучите особенности образования его у представителей разных классов моховидных.

5. Изучите, как устроены антеридии.

6. Изучите и зарисуйте особенности строения оогония.

7. Изучите и зарисуйте полный цикл развития моховидных разных классов.

Порядок работы

1. Начинают с изготовления препаратов. Коробочку размачивают и скальпелем разрезают вдоль, крышечка при этом отваливается. Половинки коробочки распластывают на предметном стекле так, чтобы их можно было рассмотреть с обеих сторон, и накрывают покровным стеклом. На таком препарате будет видно строение как внешнего, так и внутреннего (если он есть) перистома. Чтобы споры не мешали изучению перистома, их можно удалить.

2. Лист отрывают пинцетом, кладут в каплю воды на предметное стекло и накрывают покровным. При необходимости делают также препараты поперечных срезов листа и стебля. Срезы готовят обычным способом: верхушку стебля с листьями зажимают в бузину и режут бритвой. В случае, если листья скручены, их предварительно увлажняют.

3. Имея перед собой растение и препараты, можно приступить к описанию, а затем и определению. Отмечают, что не все побеги дернинки гаметофитов несут спорогоны. Следовательно, это двудомное растение. Подземная часть стебля гаметофита простирается в почве горизонтально, надземная прямостоячая, неветвистая, достигает в высоту 50 см. Листья расположены по спирали. Они состоят из пластинки и влагалища, полуохватывающего стебель.

В сухом состоянии влагалище прижато к стеблю. Пользуясь стереоскопическим микроскопом, изучают препарат листа. Пластинка листа линейная, с заостренной верхушкой, край зубчатый. Влагалище пленчатое.

4. Далее исследуют микроскопическое строение поперечного среза листа. На верхней стороне его расположены ассимиляционные пластинки. Жилка с механическими и проводящими элементами расширена.

5. Далее рассматривают под микроскопом при малом увеличении препарат поперечного среза стебля. В центре находят концентрический проводящий пучок, состоящий из вытянутых клеток, сходных с трахеидами и ситовидными трубками. Он окружен паренхимой, также выполняющей проводящую функцию. Паренхимная ткань граничит со склеродермой (корой). Наружный слой склеродермы, состоящий из бесцветных клеток, называют гиалодермой.

6. На постоянных препаратах продольных срезов верхушек женского и мужского гаметофита рассматривают архегонии и антеридии. Архегоний многоклеточный, имеет бутылковидную форму, в расширенной его части (брюшко) находится яйцеклетка. Антеридии тоже многоклеточные, мешковидной формы, внутри них образуются сперматозоиды. Между архегониями и антеридиями есть стерильные нити парафизы.

7. Внимательно рассматривают строение спорогона. Он состоит из ножки и коробочки. Ножка длинная. Коробочка прямостоячая или более или менее косо расположенная, призматическая, четырех-, пятигранная, покрыта войлочным колпаком ржаво-бурого цвета. Крышечка отваливающаяся. Шейка коробочки резко отграничена перехватом от урночки. При помощи стереоскопического микроскопа изучают строение урночки. На границе урночки и шейки в эпидерме имеются устьица. В центре урночки расположена колонка, которая у крышечки расширяется и формирует эпифрагму тонкую перегородку, закрывающую урночку. Вокруг колонки расположен спорангий, имеющий вид цилиндрического мешка, прикрепленного к стенке и колонке особыми нитевидными образованиями. По краю урночки есть один ряд зубцов, называемых перистомом. Верхушка зубцов закруглена. Между зубцами перистома, способными к гигроскопическим движениям, и эпифрагмои имеются отверстия, через которые высыпаются споры.

8. В заключение составляют схему жизненного цикла исследованного вида и определяют его.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие черты строения и особенности жизненного цикла моховидных свидетельствуют об их близости к водорослям?
2. Почему моховидные рассматривают как самостоятельную ветвь в эволюции растений?
3. На каких признаках основана классификация моховидных?
4. Каков жизненный цикл маршанции?
5. Как осуществляется у маршанции вегетативное размножение?
6. Каковы важнейшие признаки бриевых мхов, на примере политриха?
7. Каков жизненный цикл политриха, каково соотношение диплофазы и гаплофазы в нем?
8. Какие признаки примитивности строения имеют сфагновые мхи?

Работа 32. Отдел Плауновидные (Lycopodiophita)

Цель работы: научиться определять и различать разных представителей высших споровых растений; изучить особенности строения гметофита и спорофита.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, бинокуляры, гербарные образцы плаунов, постоянные препараты: колосков и стеблей плауна.

Характерный признак спорофитов плауновидных – мелкие, иногда чешуевидные листья (микрофиллия), близко расположенные друг к другу. Проводящий пучок листа сливается со стелой стебля. Плауновидные имеют хорошо выраженные стебли, травянистые или деревянистые, а также корни. Ветвление стеблей и корней верхушечное.

Особенности строения плауновидных рассмотрим на примере строения Плауна булавовидного (рис. 32.1) и Селягинеллы селягинелловидной (рис. 32.2).

Плаун булавовидный имеет длинные стелющиеся побеги, которые густо покрыты листьями. Листья расположены тесной спиралью. Листья сидячие, узкие, мелкозубчатые. В центре есть срединная жилка. Имеются тонкие придаточные корни. Споры образуются в стробилах. Это своеобразные видоизмененные укороченные побеги. Спорофиллы, видоизмененные листья, плотно сидят на оси колоска. Они отличаются от стеблевых листьев большей шириной и шиловидно вытянутой вершиной. Спорангий сидит на короткой ножке в пазухе спорофилла. Зрелые споры все одинаковые. Из спор вырастают бесцветные обоеполые подземные гаметофиты, которые образуют в почве симбиоз с грибом и развиваются около 12-15 лет.

Селягинелла селягинелловидная – это разноспоровое растение. В мегаспорангиях 4 мегаспоры, а в микроспорангиях множество микроспор. Мегаспорангии и микроспорангии развиваются в пазухах спорофиллов листья спороносного колоска.

Спорофиллы несут язычки, которые никогда не отваливаются. Освободившись от спорангиев, микро- и мегаспоры в благоприятных условиях прорастают. Мужской и женский гаметофиты развиваются в границах оболочек микро- и мегаспоры.

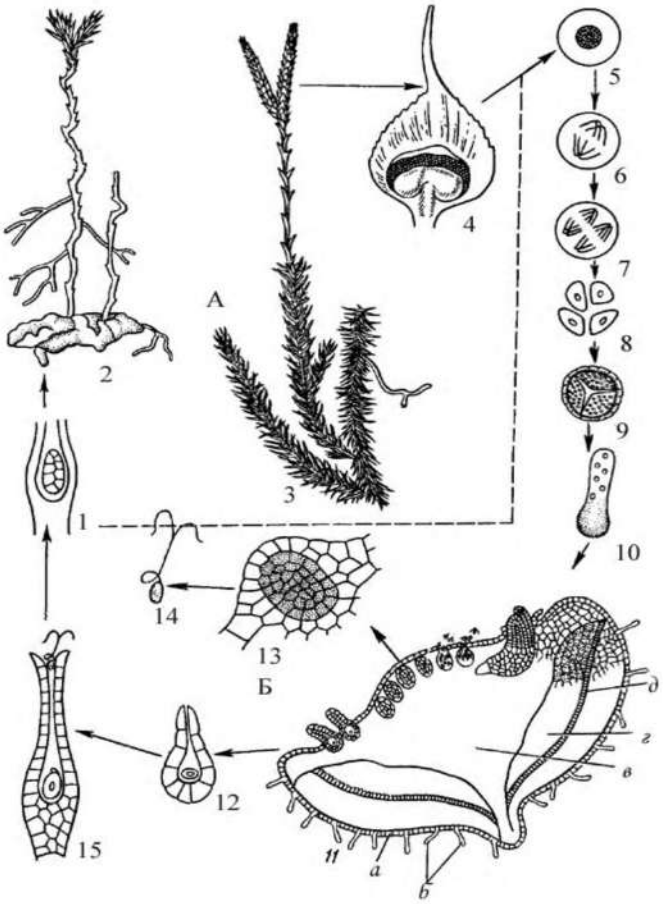


Рис. 32.1. Цикл развития Плауна булавовидного (Lycopodium clavatum):
А – диплоидная фаза; Б – гаплоидная фаза; 1 – развитие зиготы; 2 – новый спорофит; 3 – спорофит; 4 – спорофилл со спорангием; 5-8 развитие четырех спор путем мейоза из спорогенной клетки; 9 – спора; 10 – прорастание споры; 11 – гаметофит с архегониями и антеридиями; 12 – архегоний с яйцеклеткой; 13 – антеридий; 14 – сперматозоид; 15 – половой процесс (слияние яйцеклетки и сперматозоида)

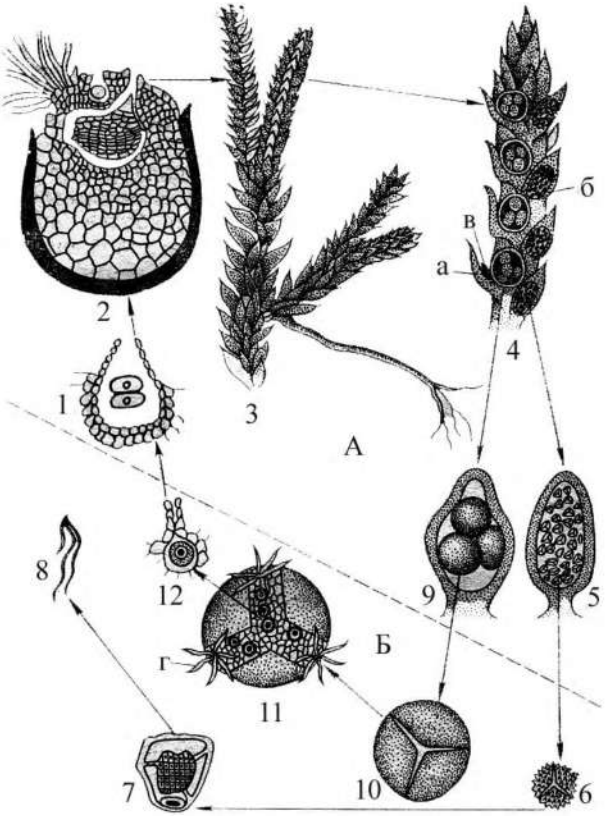


Рис. 32.2. Цикл развития Селягинеллы селягинелловидной (Selaginella selaginelloides):
А – спорофаза; Б – гаметофаза; 1 – деление зиготы; 2 – зародыш спорофита; 3 – общий вид; 4 – спороносный колосок в продольном разрезе (а – мегаспорофилл; б – микроспорофилл; в – язычок); 5 – микроспорангий; 6 – микроспора; 7 – мужской гаметофит; 8 – сперматозоид; 9 – мегаспорангий; 10 – мегаспора; 11 – женский гаметофит (г – ризоиды); 12 – архегоний с яйцеклеткой

Лишь небольшие лопасти заростка выдвинуты наружу. На этой лопасти женского заростка можно обнаружить архегонии. Из оплодотворенной яйцеклетки развивается зародыш.

Задания

1. Изучить отдел Плауновидные (Lycopodiophita).

2. Описать один из видов р. Плаун – плаун булавовидный.

3. Зарисовать лист, участок оси колоска со спорофиллами, спорофилл со спорангием, две – три споры.

4. Описать один из видов р. Селагинелла – селягинеллу селягинелловидную.

5. Составить схему жизненного цикла исследованных видов и определить их.

Порядок работы

1. С особенностями плауновых знакомятся на примере плауна булавовидного. Рассматривая спорофит, обращают внимание на длинный ползучий стебель и вертикальные ветвящиеся побеги, а также корни, отходящие от горизонтального стебля. Как стебли, так и корни имеют верхушечное ветвление. Стебель округлый. Листорасположение спиральное. Листья не прижаты к стеблю.

2. Отделяют лист и рассматривают его при помощи стереоскопического микроскопа. Листовая пластинка линейная, заканчивается длинным тонким волоском, жилка неветвящаяся. Зарисовывают один лист.

3. Далее изучают спороносные колоски, венчающие вертикальные побеги. Они расположены на довольно длинных ножках по два, реже по три-пять. Колосок цилиндрической формы, состоит из оси, на которой плотно расположены спорофиллы. Спорофилл по форме и структуре отличается от вегетативного листа. Он чешуевидный, треугольный, с заостренным и загнутым кверху концом. Выделяют один спорофилл и рассматривают на верхней стороне его почковидный спорангий, сидящий на короткой ножке. Строение колоска можно также изучить, пользуясь постоянным препаратом его продольного среза.

4. Затем приступают к изучению спор. Раздавливают спорангий на предметном стекле, рассматривают споры под микроскопом. Обращают внимание на то, что все споры одинаковые, мелкие, тетраэдрической формы. Определяют описанное растение.

5. По этой же схеме изучают представителя разноспоровых плауновидных селагинеллу селагинелловидную.

6. В заключение зарисовывают и сопоставляют жизненные циклы равноспоровых и разноспоровых видов.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой жизненный цикл у плауна булавовидного? Каково соотношение диплофазы и гаплофазы в нем?
2. Каково строение спороносного колоска, спорангиев и спор у плауна булавовидного?
3. Какой жизненный цикл у селагинеллы?
4. Какое строение у нее имеют спороносные части побега, спорангии и споры?
5. По каким признакам различают порядки Плауновые и Селангинелловые?
6. В чем эволюционное значение появления разноспоровости?

Работа 33. Отдел Хвощевидные (Equisetophyta)

Цель работы: научиться определять и различать разных представителей высших споровых растений; изучить особенности строения гаметофита и спорофита.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, бинокуляры, гербарные образцы хвощей, постоянные препараты поперечных срезов стебля хвоща, спорангиев хвоща и др.

Хвощи – многолетние корневищные травы (рис. 33.1). Побег у хвощей имеет членистое строение. Листья мелкие, чешуевидные, собраны в узлах мутовками. Боковые побеги отходят от узлов. Междоузлия ребристые, стебли на ощупь жесткие из-за отложения кремнезема в эпидермальных клетках. Непосредственно под эпидермой имеются слои клеток механической ткани, особые скопления они образуют в ребрах стебля. Проводящие пучки коллатерального типа. Они образуют кольцо. Такой тип расположения пучков называется эустель. Флоэма состоит из ситовидных трубок и паренхимы, ксилема представлена трахеидами и иногда сосудами. Стебель хвощей в междоузлиях имеет крупную центральную полость, окруженную кольцом более мелких каринальных каналов, расположенных между клетками сердцевинной паренхимы. По наружному периметру их окружают клетки паренхимы коры (у ассимилирующих особей они имеют хлоропласты) и валекулярные полости. Ближе к центру стебля их окружают клетки сердцевинной паренхимы.

Хвощи – равноспоровые растения. Споры образуются в особых спороносных колосках, которые формируются на специализированных спороносных бесхлорофилльных побегах. У других видов хвощей они образуются на ассимилирующих побегах. На оси колоска находятся спорангиофоры, к ним прикреплены 8-10 спорангиев, в которых образуются споры. Споры с особыми образованиями, лентовидными пружинками – элатерами. При прорастании спор образуются мужские и обоеполые заростки. На концах лопастей мужских заростков развиваются антеридии. На обоеполых заростках архегонии развиваются раньше антеридиев, тем самым увеличивается вероятность оплодотворения чужими сперматозоидами. Они очень маленькие, с нижней стороны имеют ризоиды. После оплодотворения, без стадии покоя, развивается

зародыш, а затем спорофит.

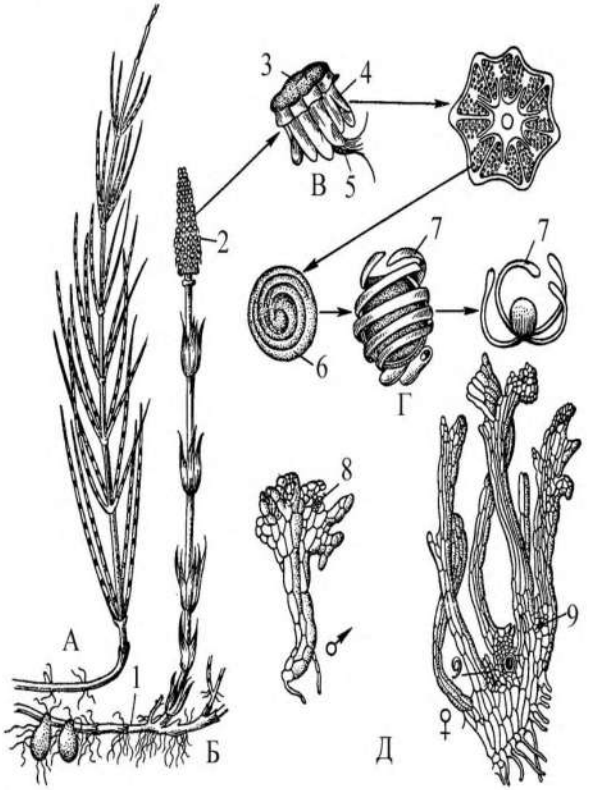


Рис. 33.1. Цикл развития хвоща полевого (Equisetum arvense):
А – общий вид растения; Б – спорангиеносец со спорангиями; В – споры с элатерами; Г – заростки; 1 – спороносный побег; 2 – вегетирующий побег; 3 – корневище; 4-5 – общий вид и поперечный разрез спорангиеносца; 6 – женский заросток; 7 – мужской заросток

Хвощ полевой – злостное сорное растение, индикатор кислых почв. Отличительная особенность вида – имеются весенние бесхлорофилльные неветвящиеся спороносные побеги, на верхушках которых расположены спороносные колоски. Эти побеги после созревания спор отмирают, и на смену им от тех же корневищ образуются летние ассимилирующие побеги.

Задания

1. Определите, представители какой группы растений вам представлены. Изучите описание особенностей строения данной группы растений и приступайте к изучению предложенных образцов и препаратов.

2. Изучите особенности строение стебля. Способ его ветвления, строение листьев и корней.

3. Изучите анатомическое строение стебля.

4. Изучите строение стробилы.

5. Под микроскопом рассмотрите строение спорангиофор, спорангиев и спор. Сделайте рисунки.

6. На постоянном препарате рассмотрите строение заростка.

7. Под микроскопом изучите, как устроены антеридии.

8. Изучите и зарисуйте полный цикл развития хвоща полевого.

Порядок работы

В качестве образца рассматривают один из наиболее широко распространенных и легко определяемых видов хвощ полевой

При помощи стереоскопического микроскопа рассматривают живые или фиксированные в спирте спороносные колоски. На верхушке они заостренные, образованы спорангиофорами, состоящими из шестигранного щитка, ножки, прикрепляющей щиток к стержню колоска, мешковидных спорангиев, размещающихся по нижнему краю щитка. Строение колоска можно изучить и на постоянном препарате.

Затем готовят препарат спор. Для этого надо засушенным колоском постучать по предметному стеклу так, чтобы высыпалось немного спор. Не накрывая покровным стеклом и не добавляя воды, рассматривают их под микроскопом. Хвощи равноспоровые растения. Спородерма у них состоит из трех слоев, т. е., кроме экзины и интины, есть еще один наружный слой перина, из которого при созревании спор образуются две спиральные ленты элатеры с ложковидными расширениями на концах. Если увлажнить споры, слегка подышав на них, и вновь рассмотреть вод микроскопом, можно наблюдать, как под действием влаги элатеры раскручиваются.

В заключение определяют изученное растение и составляют схему его жизненного цикла.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие отличительные признаки имеют представители отд. Хвощевидные?
2. Какой жизненный цикл у хвоща полевого? Каково соотношение диплофазы и гаплофазы в нем?
3. Какое строение имеют спороносный колосок, спорангии и споры у хвоща?
4. Каково строение гаметофита хвоща полевого?

Работа 34. Отдел Папоротниковидные (Polypodiophita)

Цель работы: научиться определять и различать разных представителей высших споровых растений; изучить особенности строения гаметофита и спорофита.

Материалы и оборудование: микроскопы, лампы, бинокуляры, гербарии разных видов папоротников, постоянные препараты поперечных срезов корневища папоротника орляка, соруса папоротника, препарат гаметофита папоротника и др.

Современные папоротники относятся к трем из семи классов: Ужовниковые (Ophioglossopsida), Маратциопсиды (Morrattiopsida) и Полиподиопсиды (Polipodiopsida). Класс Полиподиопсиды один из самых многочисленных. К нему относятся равноспоровые и разноспоровые папоротники. Большинство видов, которые встречаются в средней полосе России, относятся к равноспоровым: щитовники (Dryopteris), кочетыжники (Athyrium) и др. Всего во флоре средней полосы России отмечено около 20 видов папоротников. Папоротники средней полосы России не имеют развитого наземного стебля. Например, у мужского щитовника (Dryopteris filix-mas) (рис. 34.1), орляка (Pteridium aquilinum) спорофит представлен пучком зеленых листьев (ваями) и корневищем. Листья расположены черепитчато. Размеры листьев папоротников различные. У одних они всего достигают 2-4 мм, у древовидных тропических форм до 6 м. Лист нарастает верхушкой, при развитии свернуты улиткообразно. У наших видов листья однолетние, у тропических вечнозеленых форм живут несколько лет.

На нижней стороне листа образуются спорангии, собранные в пучки – сорусы. Пучки спорангиев прикрепляются к особому выросту листа – плаценте и покрыты общим покрывалом – индузием. Покровы спорангия однослойные и состоят на половину из тонкостенных клеток и полукольца толстостенных клеток, что обуславливает ее разрыв при созревании спор. Внутри спорангия находятся споры. Споры прорастают, дают начало гаметофиту (заростку). Они у папоротника около 1 см^2, в виде сердцевидной зеленой пластинки. Архегонии и антеридии образуются на нижней части заростка. На постоянных препаратах рассмотрите особенности их строения.

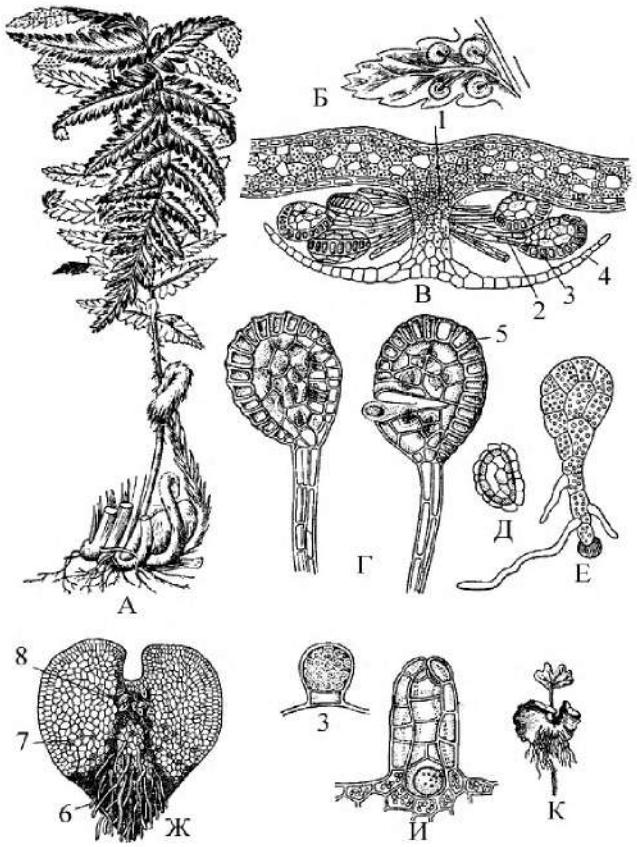


Рис. 34.1. Щитовник мужской (Dryopteris filix – mas):
А – спорофит; Б – часть вайи с сориями; В – поперечный срез вайи с сорием; Г – спорангии; Д – спора; Е – протонема; Ж – гаметофит; З – антеридий; И – архегоний; К – молодой спорофит;
1 – плацента; 2 – ножка спорангия; 3 – спорангий; 4 – индузий; 5 – кольцо утолщения; 6 – ризоиды, 7 – антеридий; 8 – архегонии

Из разноспоровых в нашей флоре встречается сальвиния плавающая (Salvinia natans) (рис. 34.2).

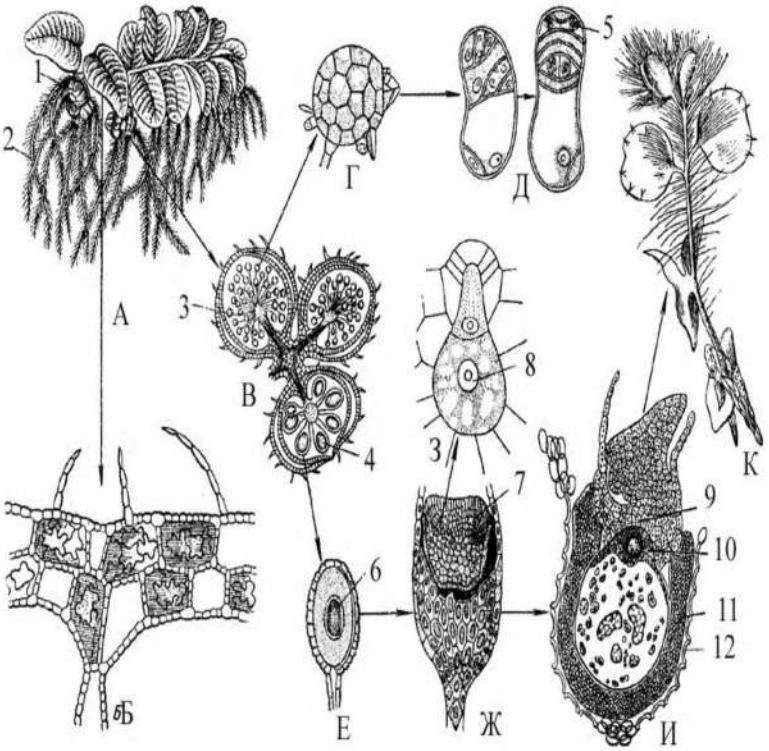


Рис. 34.2. Сальвиния плавающая (Salvinia natans):
А – спорофит; В – лист (поперечный срез); В – спорокарпии (поперечный срез); Г – микроспорангий с мужским гаметофитом; Д – завершающие стадии развития мужского гаметофита с восемью сперматозоидами; Е – мегаспорангий; Ж – мегаспорангий с женским гаметофитом; З – архегоний; И – мегаспорангий с женским зарослом и развивающимся зародышем спорофита; К – молодой спорофит; 1 – спорокарпий; 2 – подводные рассеченные листья; 3 – микроспорангий; 4 – мегаспорангий; 5 – сперматозоид; 6 – мегаспора; 7 – архегоний; 8 – яйцеклетка; 9 – тело гаметофита; 10 – зародыш спорофита; 11 – оболочка мегаспоры; 12 – остаток стенки мегаспорангия

Задания

1. Рассмотреть гербарные или живые образцы наиболее обычных видов папоротниковидных из родов: ужовник, орляк, щитовник, страусник, листовик и др. Сравнить их между собой.

2. Исследовать один из видов, например орляк обыкновенный или щитовник мужской. Составить краткое описание.

3. Рассмотреть под микроскопом поперечный срез сория.

4. Определить исследованное растение и указать на важнейшие отличия его от наиболее близких по строению видов.

5. Познакомиться с особенностями строения сальвинии плавающей по гербарным или живым образцам.

6. Составить схемы жизненных циклов равно и разноспоровых папоротников.

Порядок работы

В качестве образца рассматривают равноспоровый папоротник щитовник мужской.

Можно использовать гербарный материал, который перед изготовлением срезов размачивают, или исследовать постоянный препарат. Рассматривают срез сория при малом и большом увеличениях. Индузий соединен с плацентой своей серединой. К плаценте прикреплены также довольно длинные ножки спорангиев. Последние имеют форму чечевицы. Оболочка спорангия многоклеточная, однослойная. На ней ясно выделяется ряд клеток с неравномерным подковообразным утолщением стенок, узкой полосой опоясывающий спорангий. Это кольцо. Обратите внимание, что часть кольца состоит из тонкостенных клеток. Именно здесь происходит разрыв спорангия при подсыхании, т. е. потере тургора клетками кольца.

Процесс разрыва спорангия и освобождения спор можно наблюдать. Для этого на предметное стекло кладут несколько спорангиев, извлеченных из сория, и рассматривают их при малом увеличении в капле воды. Легко заметить, что внутренние и радиальные стенки клеток кольца сильно утолщены по сравнению с наружными. При помощи фильтровальной бумаги заменяют воду 80%-м раствором спирта. В результате плазмолиза клетки кольца сжимаются, а само оно резко выпрямляется и разрывает оболочку спорангия в тонком участке. Споры имеют овальную форму и толстую бугорчатую спородерму. Детали строения индузия, спорангиев, кольца и спор варьируют у разных видов папоротников и учитываются при определении.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем отличие папоротниковидных от других современных высших споровых?
2. Каковы черты приспособительной эволюции папоротниковидных?
3. Какие особенности строения имеют представители пор. Равноспоровые папоротники?
4. Каково строение гаметофита щитовника мужского?
5. Какой жизненный цикл у щитовника мужского? Каково соотношение диплофазы и гаплофазы в нем?
6. Какие особенности строения спорофита и гаметофита характерны для разноспоровых папоротников?

Работа 35. Отдел Голосеменные (Gimnospermae) или сосновые (Pinophyta)

Цель работы: изучить строение и жизненный цикл голосеменных на примере сосны обыкновенной; познакомиться с разнообразием голосеменных.

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, мужские и женские шишки сосны, гербарный материал.

Голосеменные являются семенными растениями. Семя – орган, который служит для размножения и распространения растений. Семя устроено сложно. Оно имеет зародыш будущего растения, запас питательных веществ, защищено кожурой. Голосеменные – разноспоровые растения. Спорофит преобладает над гаметофитом.

Жизненные формы спорофита голосеменных – деревья или кустарники. Корень устроен сложно и имеет способность к вторичному утолщению. Листья у тропических и субтропических видов крупные, перисторассеченные, у видов умеренных широт – цельные, небольшие в виде игл (хвоя) или в виде чешуи (туя, кипарис).

Сосна – однодомное разноспоровое растение. Это светолюбивое, неприхотливое растение. Дает ценную древесину. Листья расположены на брахиобластах – укороченных побегах. Микро- и мегаспорангии образуются на одном и том же дереве. Шишки появляются рано весной на молодых побегах (рис. 35.1).

Мужские шишки небольшие, имеют ось, к которой прикрепляются чешуи – микроспорофиллы. На нижней стороне их располагаются два микроспорангия, где формируются тетрады гаплоидных микроспор. Они покрываются толстой оболочкой – экзиной. Затем формируется тонкая внутренняя оболочка – интина. У сосны экзина отстает от интины и образует воздушные мешки (рис. 35.2). Микроспоры начинают прорастать еще в микроспорангиях. Формируются мужские заростки. К моменту высыпания пылинка состоит из двух клеток.

Женские шишки. На центральной оси в пазухах кроющих чешуи располагаются семенные чешуи. Семенная чешуя – это укороченный редуцированный брахиобласт. У сосны они срастаются с кроющей чешуйкой. В конце весны чешуи женских шишек

раздвигаются и пыльца, приносимая ветром, прилипает к жидкости, которую выделяет микропиле. После опыления чешуи смыкаются. У сосны семена созревают полтора года.

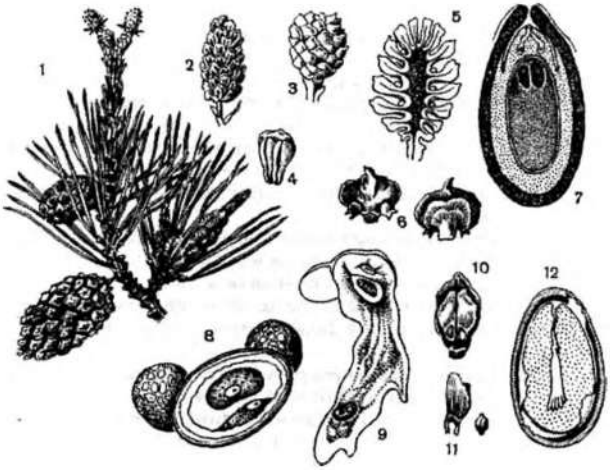


Рис. 35.1. Сосна обыкновенная (Pínus sylvéstris):
1 – ветвь с укороченными побегами; справа – группа микростробилов; на вершине побега – две женские шишки; ниже слева – развивающаяся женская шишка прошлого года, еще ниже зрелая шишка; 2 – микростробил; 3 – женская шишка; 4 – микроспорофилл с двумя микроспорангиями; 5 – женская шишка в продольном разрезе; 6 – семенная чешуя с внутренней и наружной стороны; 7 – продольный разрез семязачатка, видны: интегумент; микропиле; нуцеллус; мегагаметофит; 8 – пыльца с крупной вегетативной и маленькой генеративной клетками; 9 – пыльца, проросшая в пыльцевую трубку; 10 – семенная чешуя с двумя крылатыми семенами; 11 – семя с крылышком; 12 – разрез семени: видны интегумент, остатки нуцеллуса, эндосперм, зародыш на подвеске

Задания

1. Ознакомиться по гербарным образцам и препаратам с видами кл. Шишконосные пор. Хвойные – сосной обыкновенной, сосной сибирской, пихтой сибирской, кипарисом вечнозеленым, можжевельником обыкновенным, елью обыкновенной, лиственницей сибирской.
2. Составить краткое описание этих видов по схеме.
3. Определить некоторые из них.

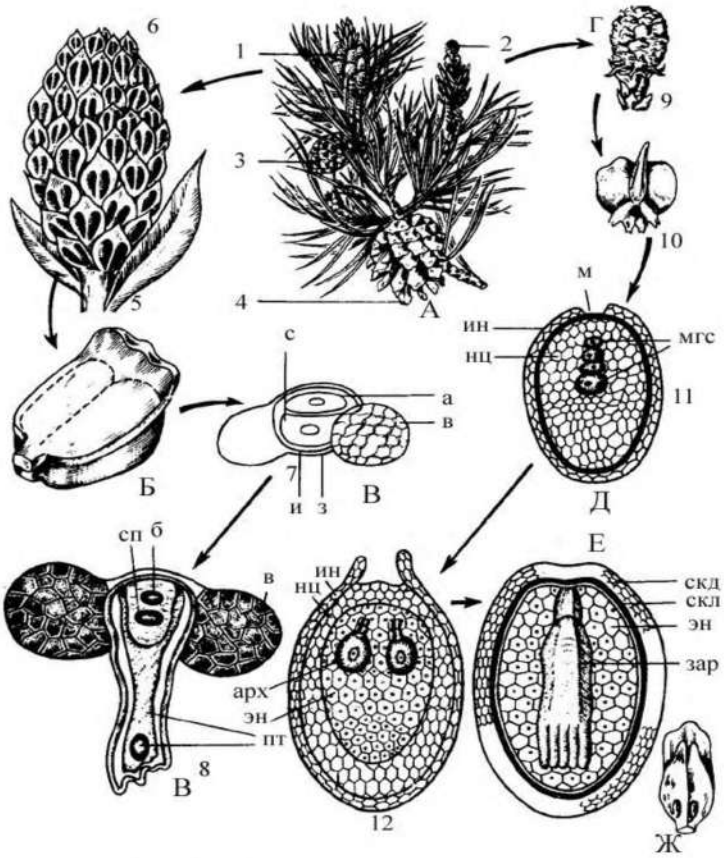


Рис. 35.2. Семенное размножение Сосны лесной:
А – ветка сосны с мужскими (1) и женскими шишками: 2 – первого года жизни; 3 – второго года жизни после опыления; 4 – зрелая с высыпавшимися семенами; Б – мужская шишка: 5 – общий вид; 6 – микроспорофилл с двумя микроспорангиями; В – пылинка мужской гаметофит: 7 – строение; 8 – прорастание (э – экзина, и – интина, в – воздушные мешки, а – антеридиальная клетка, с – сифоногенная клетка трубки, б – ядро базальной клетки, сп – ядро спермагенной клетки, пт – пыльцевая трубка); Г – женская шишка: 9 – общий вид; 10 – семенная чешуя с двумя семязачатками; Д – семязачаток: 11 – после образования мегаспор (ин – интегумент, м – микропиле, нц – нуцеллус, мгс – мегаспоры); 12 – после развития женского гаметофита (эн – эндосперм, арх – архегонии); Е – семя (скд – семенная кожура деревянистая, скп – семенная кожура пленчатая, зар – зародыш); Ж – семенная чешуя с семенами

Порядок работы

В качестве образца рассматривают строение ели обыкновенной вечнозеленое, летнезеленое.

Рассматривают один лист хвою. Он имеет игольчатую форму, заострен на верхушке. Длина листа 2,5-3 см. Делают его поперечный разрез и рассматривают при помощи стереоскопического микроскопа. В сечении лист имеет форму четырехугольника или ромбовидную.

Затем переходят к изучению строения шишек. Мужские и женские шишки находятся на одном растении, следовательно, растение однодомное. Мужские шишки зеленовато-желтые, расположены по две-три на концах или сбоку однолетних побегов. Шишка состоит из оси и чешуек (микроспорофиллов), черепитчато налегающих друг на друга. Препаровальной иглой отделяют микроспорофилл и исследуют его при помощи стереоскопического микроскопа. На нижней стороне видны два мешковидных микроспорангия. Детально рассматривают строение мужской шишки под микроскопом, пользуясь постоянным препаратом ее продольного среза.

Раздавливают микроспорангий на предметном стекле, готовят препарат и изучают его при большом увеличении. Пыльца (мужской гаметофит) имеет спородерму из двух слоев: внутреннего интины и наружного экзины. В двух местах экзина иинтина расходятся и образуются воздушные мешки. Пыльца состоит из генеративной клетки, клетки трубки и нескольких проталлиальных клеток. Последние чаще всего разрушаются. Зарисовывают пыльцу и обозначают ее части.

Женские шишки в молодом возрасте прямостоячие, карминно-красного или зеленого цвета, сидят по одной-две на концах верхушечных побегов. Разрезают одну шишку вдоль. На главной оси расположены семенные чешуйки. Препаровальной иглой отделяют одну из них и рассматривают с обеих сторон. На верхней стороне у основания чешуйки находятся два семязачатка. С нижней стороны к ней приросла маленькая чешуйка, называемая кроющей.

Затем рассматривают старую женскую шишку. Она большая, длиной 6-16 см, продолговато-эллиптической формы, с заостренной верхушкой, повисающая. Семенные чешуйки одревеснев-шие, коричневые, гладкие, блестящие.

Изучают также семена и зарисовывают одно из них. Семя имеет крыловидный вырост. Созревание семени у ели происходит осенью того же года, что и опыление. Шишки опадают целиком после выпадения семян. В заключение составляют схему жизненного цикла голосеменных.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы наиболее важные признаки, отличающие голосеменные от высших споровых растений?
2. Какие признаки сближают голосеменные с другими высшими споровыми?
3. Как классифицируют голосеменные? В чем заключаются важнейшие отличительные признаки классов, порядков и главнейших представителей?
4. Каков жизненный цикл голосеменных на примере сосны обыкновенной?
5. Каково строение мужской шишки хвойных?
6. Как образуется и что представляет собой мужской гаметофит хвойных?
7. Каково строение женской шишки хвойных?
8. Чему гомологичен семязачаток голосеменных?
9. Каково строение семязачатка хвойных?
10. Как образуется и что представляет собой женский гаметофит хвойных?
11. Как образуется семя? Каково его строение?
12. В чем эволюционное значение появления семени у растений?

Работа 36. Отдел Покрытосеменные (Angiospermatophyta, Magnotiophyta)

Цель работы: изучить особенности растений отдела Покрытосеменные (Angiospermatophyta, Magnotiophyta). Освоить методику их описания и определения

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные и живые растения.

Для покрытосеменных растений характерно наличие пестика и плода. Образование спор на спорофите происходит на видоизменённых побегах – цветках. Микроспоры формируются в гнездах пыльника тычинки, мегаспоры – в семязачатках, находящихся внутри завязи пестика. Споры прорастают в гаметофиты внутри спорангиев. Мужской гаметофит – пыльца – состоит из двух клеток, женский – зародышевый мешок – имеет восемь клеток. В результате полового процесса из семязачатка образуется семя с эндоспермом, имеющим триплоидный набор хромосом (3n), а из пестика и других частей цветка – плод (рис. 36.1).

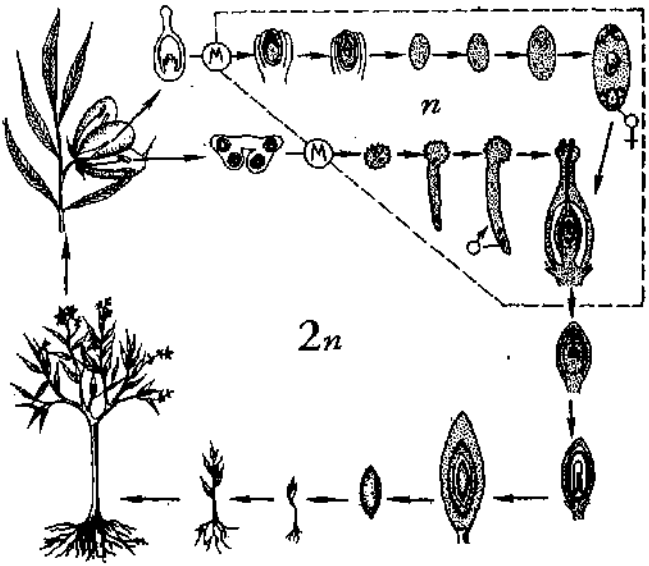


Рис. 36.1. Жизненный цикл покрытосеменных (отдел Angiospermatophyta)

Жизненные формы покрытосеменных – деревья, лианы, кустарники, травы (много-, дву-, однолетние). Микроскопическая структура вегетативных органов отличается большим разнообразием тканей, имеются не только трахеиды, но и сосуды. Продолжительность жизни от двух-трех недель до нескольких тысяч лет.

У многолетних травянистых растений образуются видоизмененные подземные вегетативные органы – клубни, луковицы и корневища, позволяющие переносить неблагоприятные периоды года.

Покрытосеменные имеют важное значение в жизни природы и человека. К ним относятся практически все сельскохозяйственные растения. Число видов от 250 тыс. до 300 тыс.

Покрытосеменные подразделяют на два класса: Двудольные (Dicotyledoneae) и Однодольные (Monocotyledoneae). Отличительные признаки этих классов приведены на рисунке 36.2 и в таблице 1.

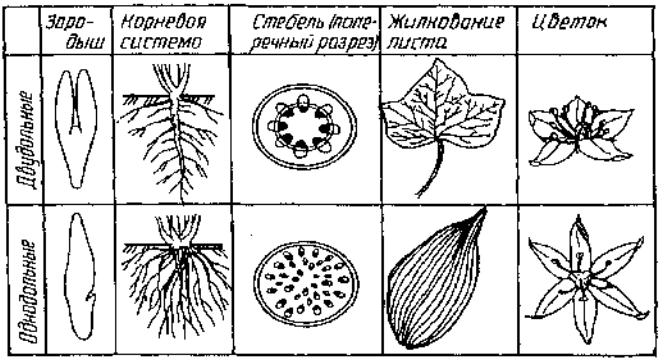


Рис. 36.2. Отличительные признаки двудольных (класс Dicotyledoneae) и однодольных (класс Monocotyledoneae) растений

Однако среди представителей как двудольных, так и однодольных известны отклонения от этих признаков. Так, у некоторых двудольных имеется только одна семядоля (чистяк весенний – Ranunculus ficaria) или дуговое жилкование листьев (виды рода подорожник – Plantago), а у некоторых однодольных стебель утолщается (виды родов: юкка – Jucca и драцена – Dracaena) и т. д.

В связи с этим перечисленные признаки имеют относительное значение, и для определения принадлежности растения к той или иной систематической группе нельзя ограничиваться учетом только одного признака из приведенного перечня, а надо брать всю их совокупность.

Таблица 1

Отличительные признаки двудольных (класс Dicotyledoneae) и однодольных (класс Monacotyledoneae) растений

Двудольные	Однодольные
Зародыш имеет две семядоли	Зародыш с одной семядолей
Зародышевый корешок вырастает в главный корень, несущий боковые ответвления; корни способны к вторичному утолщению; корневая система по форме чаще стержневая	Зародышевый корешок более или менее рано отмирает, вместо главного корня образуются придаточные; корни не способны к вторичному утолщению; корневая система чаще мочковатая
Стебель по мере роста растения утолщается, так как проводящие пучки открытые; на поперечном разрезе стебля они расположены по кругу или имеется единый проводящий цилиндр	Стебель не утолщается, проводящие пучки закрытые, на поперечном разрезе стебля они расположены как бы беспорядочно
Листья простые и сложные с сетчатым жилкованием	Листья простые с параллельным или дуговым жилкованием
Число членов компонентов цветка кратно пяти, реже – четырем	Число членов компонентов цветка кратно трем

Анализ природных групп покрытосеменных на основе структуры цветка и жизненных форм показывает, что ряды (филы), объединяющие близкородственные порядки, относительно коротки. Отсюда вытекает метод обзора покрытосеменных по группам порядков.

В практикуме приведены далеко не все семейства, знакомство с которыми необходимо агроному и предусмотрено программой. Однако те, что разобраны здесь, могут служить эталоном при самостоятельном изучении любых других семейств любой флоры мира.

Прежде чем приступить к определению растения, необходимо сделать его описание и зарисовать отдельные органы.

Ниже приведена схема, по которой можно описать представителя любого семейства покрытосеменных.

Схема описания покрытосеменного растения:

растение:

а) древесное, кустарниковое, травянистое (многолетнее, двулетнее, однолетнее);

б) однодольное, двудольное;

корневая система:

а) происхождение – система главного корня, придаточных корней, смешанная и др.;

б) форма – стержневая, мочковатая, ветвистая;

в) видоизменения корня – клубни, корнеплод, клубеньки;

стебель:

а) прямостоячий, вьющийся, цепляющийся, ползучий, стелющийся и др.;

б) ветвистый, неветвящийся;

в) опушенный, голый;

г) форма поперечного сечения – округлая, четырехгранная, трехгранная и др.;

д) видоизменения побега:

корневище – горизонтальное, вертикальное, длинное, короткое, тонкое, толстое;

луковица – пленчатая, чешуйчатая;

клубни – подземные, надземные;

усы, колючки и др.;

листья:

а) простые:

черешковые, сидячие, влагалищные, нисбегающие, без прилистников, с прилистниками, с раструбом;

форма листовой пластинки – округлая, овальная, продолговатая, широкояйцевидная, яйцевидная, ланцетная, обратно широкояйцевидная, обратнояйцевидная и обратноланцетная и др.;

форма края – цельная, пильчатая, зубчатая, городчатая;

жилкование – перистое, пальчатое, параллельное, дуговое и др.;

б) сложные:

без прилистников, с прилистниками;

форма листа – тройчатый, парноперистый, пальчатый, непарноперистый;

форма края листочка – цельная, пильчатая, зубчатая, городчатая;

число листочков;

в) листорасположение – очередное, супротивное, мутовчатое, прикорневая розетка;

г) видоизменения – колючки, усики, филлодии и др.;

соцветие:

а) сложное:

симподиальное – монохазий (завиток, извилина), дихазий, плейохазий, тирс;

моноподиальное – сложный колос, сложный зонтик, метелка, щиток;

агрегатное – метелка зонтиков, метелка корзинок, щиток корзинок, кисть корзинок, колос корзинок;

б) простое:

с удлиненной осью – кисть, колос, сережка, початок, с укороченной осью – зонтик, головка, корзинка;

цветок:

а) актиноморфный, зигоморфный;

б) околоцветник – двойной, простой (венчиковидный, чашечковидный), цветок голый;

в) чашечка – свободная, сросшаяся:

форма срастания – трубчатая, колокольчатая, воронковидная;

число долей;

г) венчик – свободный, сросшийся;

форма срастания – трубчатая, колокольчатая, воронковидная, язычковый, двугубый, и др.;

число долей;

окраска;

имеется – шпорце, нектарий, шлем;

д) андроцей:

свободный – тычинки одинаковой длины, двусильные, четырехсильные и др.;

сросшийся – однобратственный, двубратственный, многобратственный;

число тычинок;

е) гинецей:

одночленный, многочленный (апокарпный, ценокарпный);

число плодолистиков или пестиков;

ж) пестик:

завязь – верхняя, нижняя, полунижняя;

число столбиков;

з) формула цветка;

плод:

а) простой:

сухой многосемянный – листовка, боб, стручок, стручочек, коробочка;

сухой односемянный – орех, орешек, семянка, крылатка, зерновка, желудь;

сочный многосемянный – ягода, яблоко, тыквина, померанец;

сочный односемянный – костянка (сочная, сухая);

б) сборный – сборная листовка, сборная семянка, сборный орешек, сборная костянка;

в) соплодие.

Задания

1. Нарисовать соцветие, цветок и его части, плод, листорасположение и другие органы определяемого растения.

2. Сделать его описание.

3. Определить растение.

4. Записать результаты определения.

Порядок работы

1. Сделать рисунки.

2. Описать растение по выше приведенной схеме.

3. Определить растение, пользуясь ниже приведенными правилами работы с определительными таблицами.

Предварительно необходимо подобрать определитель, соответствующий тому району флоры, где производился сбор растений.

Правила работы с определительными таблицами.

Определитель имеет таблицы для определения семейства, рода и вида, составленные по дихотомическому признаку. Это значит, что каждая ступень, обозначенная цифрой (1, 2, 3 и т. д.), имеет две, а иногда три части: тезу, антитезу, синтезу. Определение начинают с первой ступени: полностью читают тезу и антитезу, сравнивают их между собой и выбирают ту из них, которая соответствует признакам определяемого растения. Если в конце выбранной тезы или антитезы стоит цифра, значит, определение надо вести дальше и перейти к ступени, номер которой и указывает

цифра. Так переходят от ступени к ступени до тех пор, пока в конце выбранной тезы или антитезы не будет указано название семейства.

Цифра, стоящая рядом с названием семейства, обозначает страницу, на которой находится таблица для определения рода. Определение рода (первого слова названия вида) ведут тем же методом.

Цифра, стоящая рядом с названием рода, обозначает номер таблицы, по которой определяют второе слово названия вида. После видового названия необходимо сокращенно написать фамилию ученого, впервые описавшего данный вид для науки.

В результате определения находят научные (латинские) названия семейства и вида растения и их русские эквиваленты.

Ход определения (номера ступеней, по которым идет определение) и его результаты записывают по следующей схеме: ход определения семейства (если в ступени подошла теза, то пишут цифру номера ступени (например, 8), если антитеза, то рядом с номером ступени ставят один штрих (8'), а если синтеза, то два штриха (8'').

В результате запись будет выглядеть так: 1–2'–3 –7 –8'.

4. Записать результаты определения и используемый для работы определитель следующим образом:

Семейство:

Ход определения семейства

Род:

Ход определения рода

Вид:

Ход определения вида:

Определитель (автор, название, год издания).

Вопросы для самоконтроля

1. В чем суть теории соматической эволюции покрытосеменных?
2. Каковы принципы классификации покрытосеменных?
3. Каковы признаки примитивной и высокоорганизованной структуры цветка?
4. Каковы признаки двудольных?
5. Как классифицируют двудольные?
6. Каковы признаки однодольных?
7. Как классифицируют однодольные?

Работа 37. Семейства Лавровые (Lauraceae) и Магнолиевые (Magnoliaceae)

Цель работы: изучить растения семейств Лавровые (Lauraceae) и Магнолиевые (Magnoliaceae) на примере лавра благородного (Laurus nobilis) и магнолии (род Magnolia).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы лавра благородного (Laurus nobilis) и магнолии (род Magnolia), фиксированные в спирте пестичные и тычиночные цветки лавра и цветки магнолии.

Магнолиевидные, несомненно, наиболее примитивные покрытосеменные с точки зрения эвантовой теории происхождения цветка. У представителей магнолиевидных встречают признаки, приближающие их к голосеменным: цветок с удлиненным цветоложем, неопределенно большое число его членов, расположенных по спирали; жизненная форма – вечнозеленое дерево; древесина, состоящая только из трахеид; наличие внутренних эфироносных железок.

Это центральная группа покрытосеменных, с которой связаны происхождением многие прогрессивные линии эволюции как двудольных, так и однодольных.

К магнолиевидным относят следующие порядки: Магнолиецветные (Magnoliales), Лавроцветные (Laurales), Перечноцветные (Piperales), Кирказоноцветные (Aristolochiales), Нимфейноцветные (Nymphaeales), Лютикоцветные (Ranunculales) и некоторые другие. Они объединяют около 40 семейств.

Семейство Лавровые. Семейство Лавровые объединяет около 2 тыс. видов, сосредоточенных преимущественно в тропических и субтропических лесах Южной Америки (Бразилия), Юго-Восточной Азии и Австралии. Однако среди дикорастущих нет ни одного вида, общего для обоих полушарий. Лавровые – в основном древесные растения, исключение составляют 16 видов травянистых паразитических видов, относимых к роду Кассита (Cassytha).

Наиболее широко известны роды: лавр (Laurus), коричник (Cinnamomum), анисовое дерево (Sassafras), авокадо (Persea).

Географическое распространение лавровых, явно тропическое их происхождение и, наконец, строение цветка – все говорит об их

примитивности. Трехчленный цветок, который характерен для типичных представителей семейства, указывает на близость с однодольными. Цветки у лавровых актиноморфные, обоеполые (гермафродитные) или раздельнополые; наряду с трехчленными изредка встречаются двухчленные и пятичленные.

Древесных лавровых в естественной флоре России нет. Только в южных районах их можно встретить иногда в качестве интродуцированных растений. Одни из них разводят как декоративные растения, другие же – как сельскохозяйственные. По-видимому, наиболее перспективное значение из декоративных имеет лавр благородный (Laurus nobilis). В Закавказье разводят авокадо (аллигатову грушу): авокадо американское (Persea gratissima), авокадо дримисолистное (P. drimyfolia). Сочная и ароматная мякоть его плодов содержит до 25-30% масла. Известно около 500 сортов авокадо. В культуре используют также азимину (р. Asimina); камфорное дерево (Cinnamomum camphora) и др.

Семейство Магнолиевые.Семейство Магнолиевые объединяет более 200 видов 20 родов. На территории нашей страны на Курильских островах растет лишь один вид – Магнолия сибирская (Magnolia obovata). Это кустарник, не превышающий в высоту 2-3 м. Наиболее широко распространена в культуре магнолия крупноцветковая (M. grandiflora) – вечнозеленое дерево с крупными белыми цветками, обладающими приятным ароматом. Естественный ареал вида, как и других вечнозеленых магнолий – приатлантическая часть США. Азиатские виды листопадные. У магнолиевых особый интерес представляет строение цветков, плодов, вегетативных органов, а также современное распространение видов в природных условиях.

Задания

1. Сделать описание лавра благородного, руководствуясь приведенной выше схемой.

2. Зарисовать побег с соцветием, тычиночный и пестичный цветки, плод.

3. Провести анализ строения цветка и плода у одного из видов рода магнолия, сравнив их со строением цветка и плода у типичных лавровых.

Порядок работы

1. В качестве примера рассматривают лавр благородный (Laurus nobilis) (рис. 37.1). При отсутствии необходимого для исследования материала ограничиваются рассмотрением гербарного экземпляра, а затем уже пользуются таблицами и рисунками. Делают описание растения по общей схеме.

2. Растение древесное или кустарниковое. Побеги с очередным листорасположением, покрытые гладкой бурой коркой. Листья с короткими черешками, широколанцетные, суживающиеся к обоим концам, без прилистников, вечнозеленые, кожистые, ароматные. Сверху они серовато-зеленые, лоснящиеся, снизу бледно-зеленые, матовые.

3. Цветки раздельнополые (растения двудомные), собранные в зонтиковидные соцветия, до цветения покрытые шаровидными обвертками. Околоцветник из четырех сросшихся листочков, простой. Тычиночный цветок имеет чаще 12 тычинок, в кругах – по четыре. Иногда тычинок восемь, в этом случае остальные тычинки превратились в стаминодии. Пыльники раскрываются клапанами. Пестичные цветки с четырьмя лепестковидными стаминодиями. Завязь верхняя, на дне бокаловидного цветоложа, одногнездная, образована ярким плодолистиком, с одним семязачатком.

Рис. 37.1. Лавр благородный (Laurus nobilis):
А – продольный разрез; Б – диаграмма пестичного цветка; В – побег с плодами; Г – поперечный разрез плода; Д – продольный разрез плода; Е – продольный разрез тычиночного цветка; Ж – диаграмма тычиночного цветка; З – побег с тычиночными цветками

4. Формулы цветков: ♂*$P_{(4)}$ $A_{8-12}G_0$; ♀*$P_{(4)}$ A_0G_1. Однако цветок лавра в целом для лавровых нетипичен. Наиболее характерный для семейства цветок имеет коричник цейлонский (Cinnamomum zeylanicum): *P_{3+3} A_{3+3+3} G_1.

5. По этой же схеме анализируют один из видов рода магнолия (рис. 37.2) и сравнивают его цветки с цветками лавра.

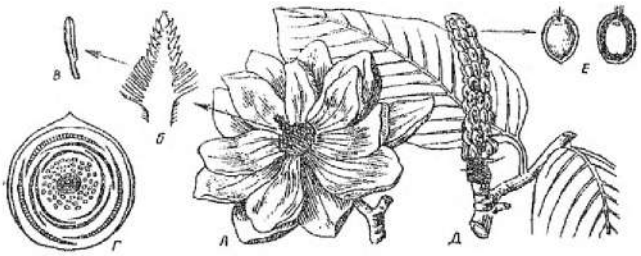


Рис. 37.2. Магнолия кемпбелла (Magnolia campbellii):
А – цветок; Б – продольный разрез цветка без околоцветника; В – тычинка; Г – диаграмма цветка; Д – побег с плодом – сборной листовкой; Е – продольный разрез семени

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Лавровые, какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Лавровые?
3. В каких экологических условиях встречаются представители семейства Лавровые?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Лавровые?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Лавровые?

Работа 38. Семейство Нимфейные или Кувшинковые (Nymphaeaceae)

Цель работы: изучить растения семейства Нимфейные, или Кувшинковые (Nymphaeaceae) на примере видов из родов кувшинка (Nymphaea) и кубышка (Nuphar).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы видов из родов кувшинка (Nymphaea) и кубышка (Nuphar); фиксированные в спирте цветки и плоды этих растений.

Нимфейные – одно из наиболее древних семейств покрытосеменных, подразделяемое на четыре рода. Общее число видов около 60, но они хорошо обособлены, и поэтому их легко определять. Это травянистые многолетние водные и болотные растения. По структуре цветка нимфейные близки к магнолиевым и лавровым. Распространены на всех континентах мира.

Задания

1. Проанализировать строение вегетативных и репродуктивных органов кувшинки и кубышки и составить описания по общей схеме.
2. Зарисовать лист, цветок и его части, разрез цветоножки, плод, семя.
3. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. В качестве примера рассматривают один из видов рода кувшинка – кувшинку чисто-белую (Nymphaea candida) (рис. 38.1) или кувшинку белую (N. alba).
2. Кувшинка – многолетнее травянистое растение. При рассмотрении гербарного образца видно, что подземная ее часть представлена корневищем. Здесь откладывается запасной продукт – крахмал. Корневище имеет билатеральное (двубокобочное) строение: от нижней стороны отходят придаточные корни, а от верхней – черешки листьев и цветоножки. Типичный ортотропный стебель не образуется. Листья простые, цельные, цельнокрайние, сердцевидноовальной формы, с удлиненными черешками.
3. Цветки одиночные, диаметром 6-11 см. В околоцветнике явно дифференцированы чашечка и венчик (двойной околоцветник). Чашечка состоит из четырех чашелистиков, снаружи зеленых, внутри белых. Венчик имеет многочисленные крупные белые

лепестки, постепенно уменьшающиеся в размерах от периферии к центру. Обращают внимание на то, что на внутренних лепестках близ верхушек есть желтые придатки – зачатки пыльников.

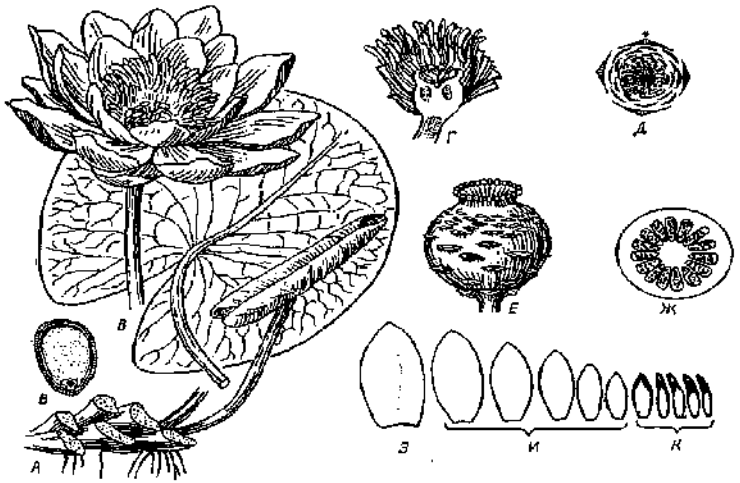


Рис. 38.1. Кувшинка чисто-белая (Nymphaea candida):
А – корневище и лист; Б – продольный разрез семени; В – цветок; Г– продольный разрез цветка с удаленным околоцветником; Д – диаграмма цветка; Е – гинецей; Ж – поперечный разрез завязи; З – чашелистик; И – лепестки; К – тычинки

4. Затем переходят к изучению андроцея. Он состоит из многочисленных несросшихся между собой тычинок (свободный андроцей). Тычинки, даже внутренние, имеют расширенные (крылатые) тычиночные нити. Это один из признаков примитивной организации.

5. Закончив изучение околоцветника и андроцея, последовательно аккуратно обрывают чашелистики, лепестки и тычинки и раскладывают их в ряд, который дает наглядное представление о постепенной трансформации лепестков в тычинки. Последовательная трансформация лепестков в тычинки свидетельствует о происхождении тычинок из лепестков. Существует, однако, и противоположная точка зрения о трансформации тычинок в лепестки. Получение махровых цветков в культуре связано с этим явлением. Обращают внимание на то, что рубцы на цветоложе, т. е. места прикрепления цветолистиков, имеют спиральное расположение.

6. Гинецей состоит из одного пестика. Столбик отсутствует, звездчатое рыльце расположено на крупной завязи.

7. Подсчет. На разрезе видно много гнезд. Число гнезд, как и число лучей рыльца неопределенно (8-12), но всегда соответствует числу сросшихся плодолистиков. Завязь частично срослась с цветоложем. Следовательно, она полунижняя. Далее разрезают завязь поперек и рассматривают в лупу. На разрезе видно много гнезд. Число гнезд, как и число лучей рыльца, соответствует числу сросшихся плодолистиков. В каждом гнезде много семязачатков, сидящих на длинных семяножках и прикрепленных к стенкам гнезд. На основании анализа структуры рыльца и завязи делают вывод, что гинецей многочленный синкарпный, с сидячим рыльцем. Закончив изучение цветка, составляют его формулу: $*Ca_4Co_\infty A_\infty G_\infty$.

8. Если есть плоды, изучают их строение. Околоплодник губчатый. Особое внимание обращают на структуру семян. Они покрыты особым покрывалом – присемянником. Между спермодермой и присемянником имеются воздухоносные полости, обусловливающие плавучесть семян.

9. В заключение рассматривают основную ткань цветоножки – аэренхиму. С этой целью делают поперечный и продольный разрезы. На поперечном разрезе цветоножки хорошо видны четыре крупные и несколько более мелких воздухоносных полостей.

10. После завершения анализа структуры растения переходят к его определению. Поскольку представители родов кувшинка и кубышка имеют широкие ареалы, можно пользоваться многими определителями, как общими, так и региональными.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Нимфейные или Кувшинковые (Nymphaeaceae)? Какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Нимфейные, или Кувшинковые (Nymphaeaceae)е?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Нимфейные, или Кувшинковые (Nymphaeaceae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Нимфейные, или Кувшинковые (Nymphaeaceae)?

Работа 39. Семейство Лютиковые (Ranunculaceae)

Цель работы: изучить растения семейства Лютиковые (Ranunculaceae) на примере видов из родов печеночница (Hepatica), ветреница (Anemone), калужница (Caltha), ломонос (Clematis), василистник (Thalictrum), купальница (Trollius); с двойным околоцветником – виды родов лютик (Ranunculus), чистяк (Ficaria), водосбор (Aquilegia); с зигоморфными цветками – виды родов сокирки (Consolida), аконит (Aconitum).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы гербарные образцы растений: с простым околоцветником – виды родов печеночница (Hepatica), ветреница (Anemone), калужница (Caltha), ломонос (Clematis), василистник (Thalictrum), купальница (Trollius); с двойным околоцветником – виды родов лютик (Ranunculus), чистяк (Ficaria), водосбор (Aquilegia); с зигоморфными цветками – виды родов сокирки (Consolida), аконит (Aconitum); фиксированные в спирте цветки и плоды этих растений.

К семейству лютиковые относят главным образом травянистые многолетние растения (45 родов, около 2 тыс. видов). Листья у них простые, цельные или расчлененные, без прилистников.

Роды хорошо различимы по строению цветков. Так, у одних видов цветки имеют более примитивные признаки организации: простой околоцветник; неопределенное число членов цветка, расположенных по спирали; отсутствие нектариев (виды родов: печеночница – Hepatica, ветреница – Anemone, калужница – Caltha) (рис. 39.1).

У других – в строении цветков заметны признаки более высокой специализации в связи с приспособлением к опылению насекомыми: шпорце (род Водосбор – Aquilegia, (рис. 39.2); зигоморфный околоцветник – [виды родов: аконит – (Aconitum) (рис. 39.3) и сокирки – (Consolida)]. Наконец у некоторых видов [род Василистник (Thalictrum)] (рис. 39.4) существует приспособление к опылению ветром, по-видимому, вторичное, – это редуцированный околоцветник. Гинецей многочленный, апокарпный или одночленный, но у некоторых представителей многочленный ценокарпный (род Чернушка – (Nigella) (см. рис.). Плод – чаще простая или сборная листовка, сборная семянка, сборный орешек.

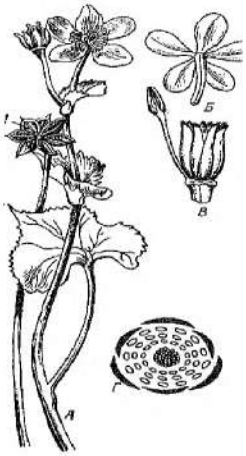


Рис. 39.1. Калужница болотная (Caltha paluslris):
А – репродуктивные побеги; Б – цветок (вид снизу); В – многочленный апокарпный гинецей и тычинка; Г – диаграмма цветка; 1 – плод – сборная листовка

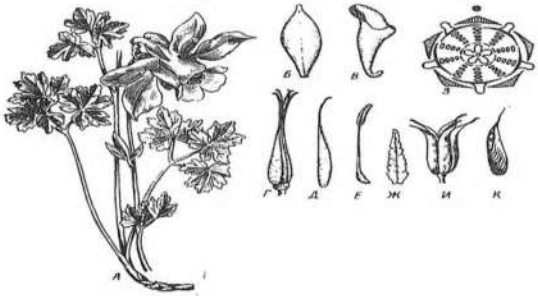


Рис. 39.2. Водосбор обыкновенный (Aquilegia vulgaris):
А – общий вид; Б – чашелистик; В – шпористый лепесток; Г – многочленный апокарпный гинецей; Д – пестик; Е – тычинка; Ж – стаминодий; З — диаграмма цветка; И – плод – сборная листовка; К – плодик – листовка

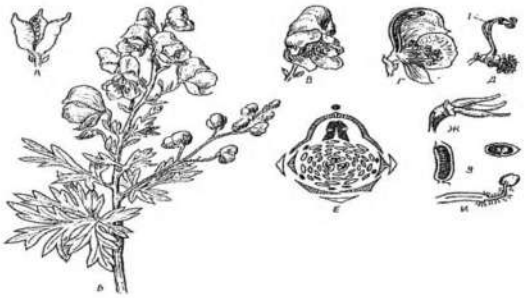


Рис. 39.3. Аконит аптечный (Aconitum napellus):
А – плод – сборная листовка; Б – репродуктивный побег; В – общий вид цветка; Г– продольный разрез цветка; Д – цветок без чашечки; Е – диаграмма цветка; Ж – гинецей; З – продольный и поперечный разрезы завязи; И – тычинка; 1 – лепестки – нектарий

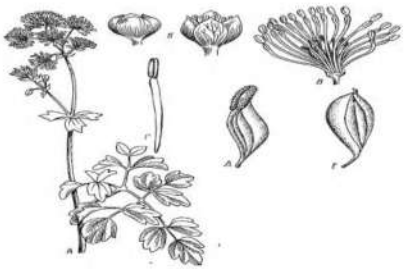


Рис. 39.4. Василистник водосборолистный (Thalictrum aquilegifolium):
А – репродуктивный побег; Б – бутоны; В – цветок; Г– тычинка; Д – пестик; Е – плодик

При определении родов лютиковых важное значение имеют признаки строения цветка, корневища, а также форма и расположение листьев и т. д.

Задания

1. Ознакомиться с разнообразием цветков лютиковых.

2. Проанализировать растения, взятые для исследования, и составить их описание, руководствуясь общей схемой.

3. Зарисовать общий вид цветка; листочек простого околоцветника или чашелистик и лепесток, нектарий; тычинку; гинецей и один пестик; лист.

4. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. В качестве примера рассматривают лютик едкий (Ranunculus acris) (рис. 39.5), растущий повсеместно на лугах, полянах и в других местах.

2. Растение многолетнее, высотой 30-100 см, травянистое. Корневище короткое, утолщенное; придаточные корни мочковатые. Стебель ветвистый, прямостоячий, на поперечном разрезе округлый, полый. Листья расположены поочередно, простые. Нижние листья длинночерешковые, в очертании пятиугольные, пальчаторассеченные на ромбические раздельные доли. Верхние листья короткочерешковые или сидячие, рассеченные на линейные доли. Все листья без прилистников.

3. Цветки на довольно длинных цветоножках, одиночные или собраны в малоцветковом симподиальном соцветии, актиноморфные, гемициклические. Околоцветник двойной. Чашечка – из пяти свободных чашелистиков зеленого или желто-зеленого цвета, прижатых к венчику. Венчик – из пяти свободных лепестков.

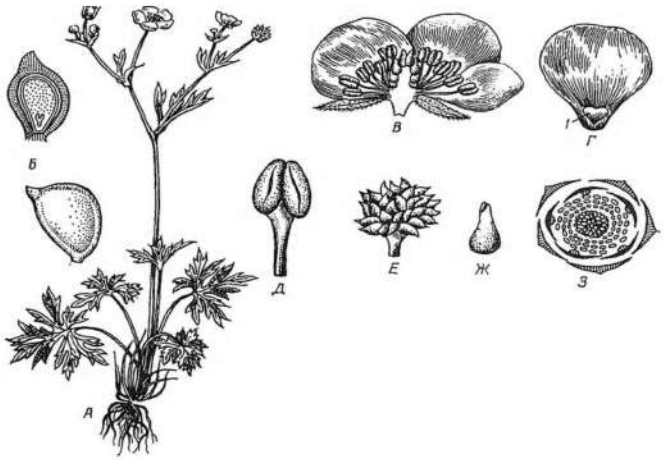


Рис. 39.5. Лютик едкий (Ranunculus acris):
А – общий вид растения; Б – общий вид и продольный разрез плодика; В – продольный разрез цветка; Г – лепесток; Д – тычинка; Е – многочленный апокарпный гинецей; Ж – пестик; З – диаграмма цветка; 1 – нектарная ямка, прикрытая чешуйкой

4. Лепестки обратноширокояйцевидные, желтые, при основании несут нектарную ямку, прикрытую чешуйкой. Ее легко заметить, если положить отделенный от цветка лепесток на столик стереоскопического микроскопа и при помощи иглы слегка приподнять чешуйку.

5. Андроцей состоит из неопределенного числа тычинок, не сросшихся между собой, расположенных по спирали. Гинецей – многочленный, апокарпный, из неопределенного числа пестиков, также расположенных по спирали на коническом цветоложе. Завязь верхняя, одногнездная, с одним семязачатком. Столбик короткий, рыльце не утолщено. Формула цветка: $*Ca_5\ Co_5\ A_\infty G_\infty$.

6. Плод – сборный орешек. В заключение определяют растение.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Лютиковые (Ranunculaceae)? Какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Лютиковые (Ranunculaceae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Лютиковые (Ranunculaceae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Лютиковые (Ranunculaceae).

Работа 40. Порядок Розоцветные (Rosales). Семейство Розановые (Rosaceae)

Цель работы: изучить растения семейства Розановые (Rosaceae) на примере видов из родов Спирея (Spiraea), Лапчатка (Potentilla), Гравилат (Geum), Земляника (Fragaria), Малина (Rubus), Шиповник (Rosa), Манжетка (Alchemilla), Яблоня (Malus), Груша (Pyrus), Боярышник (Crataegus), Вишня (Cerasus), Черемуха (Padus), Слива (Prunus).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы видов из родов Спирея (Spiraea), Лапчатка (Potentilla), Гравилат (Geum), Земляника (Fragaria), Малина (Rubus), Шиповник (Rosa), Манжетка (Alchemilla), Яблоня (Malus), Груша (Pyrus), Боярышник (Crataegus), Вишня (Cerasus), Черемуха (Padus), Слива (Prunus); фиксированные в спирте цветки этих растений.

Розоцветные – один из крупных и в целом естественных порядков. Он объединяет около 16 семейств, стоящих, однако, на разных путях эволюции. Розоцветные генетически связаны с двумя порядками магнолиевидных: Магнолиецветными (Magnoliales) и Диллениецветными (Dilleniales), что подтверждается наличием у них большого числа тычинок и многочленного апокарпного гинецея. Поскольку составляющие порядок семейства довольно разнообразны, дать характеристику порядка, которая была бы не слишком общей, затруднительно.

Все же по сравнению с магнолиевидными розоцветные имеют структурные признаки, указывающие на их более высокую организацию. К ним относят: защиту гинецея путем погружения его в цветоложе (полунижняя или нижняя завязь), наиболее совершенные приспособления к перекрестному опылению (самобесплодие) наряду с появлением апомиксиса.

Наиболее широко распространены в Северном полушарии три семейства: Толстянковые (Crassulaceae), Камнеломковые (Saxifragaceae), Розановые (Rosaceae).

Семейство Толстянковые (Crassulaceae). Семейство Толстянковые объединяет 35 родов, 1,5 тыс. видов. Для него характерны запасающие воду вегетативные органы, пятичленные цветки с многочисленным апокарпным гинецеем. Большинство видов – обитатели стран с жарким засушливым климатом, в частности африканских пустынь. На территории бывшего СССР встречается около 100 видов, относящихся к десяти родам. Важнейшие из них:

молодило (Sempervivum), очиток (Sedum).

Семейство Камнеломковые (Saxifragaceae). Семейство Камнеломковые объединяет 90 родов, 750 видов. На территории бывшего СССР произрастают 150 видов из 11 родов. Камнеломковые отличаются от Розановых главным образом листьями без прилистников и семенами с эндоспермом. Виды семейства распространены в обоих полушариях, преимущественно в странах с умеренным и холодным климатом, их ареалы заходят в арктическую область и высоко в горы. Основные роды:

Камнеломка (Saxifraga), Бадан (Bergenia), Смородина (Ribes), Гортензия (Hydrangea).

Семейство Розановые (Rosaceae). Семейство Розановые объединяет 120 родов, около 3 тыс. видов. Это очень полиморфное семейство. Розановые широко распространены в Северном полушарии. Многие виды издавна разводят как плодовые или ягодные культуры, имеющие народнохозяйственное значение.

В состав семейства входят как деревянистые (деревья и кустарники), так и травянистые растения.

Для одних представителей характерны признаки более низкой организации цветков и плодов, приближающие их к магнолиевидным, например, многочленный апокарпный гинецей. Другие имеют небольшое число некоторых частей цветка и такие прогрессивные признаки, как нижняя завязь. В отличие от лютиковых специализация цветка у розановых шла главным образом по пути выработки приспособлений для распространения плодов и семян.

Отличительная особенность семейства – строение гинецея и цветоложа. Последнее может быть от конического с многочленным апокарпным гинецеем у родов, близких к магнолиевидным, до вогнутого с многочленным ценокарпным гинецеем или с одночленным гинецеем. Между этими крайними формами существуют многочисленные переходы. У всех представителей семейства цветоложе в большей или меньшей степени разрастается и приобретает вид блюдца, чаши или бокала. Такое цветоложе называют гипантием. В образовании гипантия, кроме цветоложа, принимают участие и другие части цветка: основания чашелистиков, лепестков, тычинок, иногда и подчашие. Нередко при созревании плодов цветоложе приобретает яркую окраску, становится мясистым и сочным, что способствует распространению плодов и семян. Это характерно для видов родов: земляника (Fragaria), шиповник

(Rosa), яблоня (Malus).

Розановые отличают от лютиковых по следующим признакам: более или менее хорошо выраженный гипантий, в типичных случаях сочный, ярко окрашенный; листья с прилистниками;

чашечка иногда с подчашием, особенно у представителей родов, внешне близких к лютиковым;

цветки всегда актиноморфные, циклические, с двойным пятичленным околоцветником;

тычинки расположены по кругу, их число кратно пяти.

По строению цветков, а также плодов семейство розановые подразделяют на следующие четыре подсемейства.

Подсемейство Спирейные (Spiraeoideae). Кустарники. Листья простые, без прилистников. Цветки подпестичные и околопестичные с цветоложем плоским или блюдцевидным. Чашелистиков пять, лепестков пять и тычинок много. В центре гипантия располагается многочленный апокарпный гинецей, состоящий из пяти пестиков; завязь верхняя.

Формула цветка: $*Ca_{(5)}$ Co $_5A_\infty G_5$. Плод – сборная листовка (гипантий при плодах не образуется). Представители подсемейства – роды: Спирея (Spiraea) (рис. 40.1), Рябинник (Sorbaria), Волжанка (Aruncus).

Подсемейство Шиповниковые (Rosoideae). Кустарники и травы. Листья сложные, реже простые, с прилистниками. Цветки подпестичные, надпестичные и околопестичные. Цветоложе от конического [виды родов: лапчатка (Potentilla), гравилат (Geum), земляника (Fragaria) (рис. 40.2), малина (Rubus)] до бокальчатого [виды рода Шиповник (Rosa)] (рис. 40.3). Нередко чашечка имеет подчашие (роды: Гравилат, Лапчатка, Земляника). Гинецей многочленный, апокарпный, реже одночленный. Наиболее типичные формулы цветка: $*Ca_{(5+5)}Co_5A_\infty G_\infty$ (виды родов: земляника, лапчатка); $*Ca_{(5)}Co_5A_\infty G_\infty$ (виды рода Шиповник), но встречаются и отклоненения, например: $*Ca_{(4+4)}Co_4A_\infty G_\infty$ (лапчатка прямостоячая – Potentilla erecta) или $*Ca_{(4+4)}Co_0A_\infty G_1$ (виды рода Манжетка – Alchemilla). Плоды сборные (за исключением манжетки), но плодики в отличие от спирейных односемянные: семянка, орешек, костянка.

Подсемейство Яблоневые (Pomoideae). Деревья и кустарники. Листья простые или сложные с рано опадающими прилистниками. Цветки надпестичные.

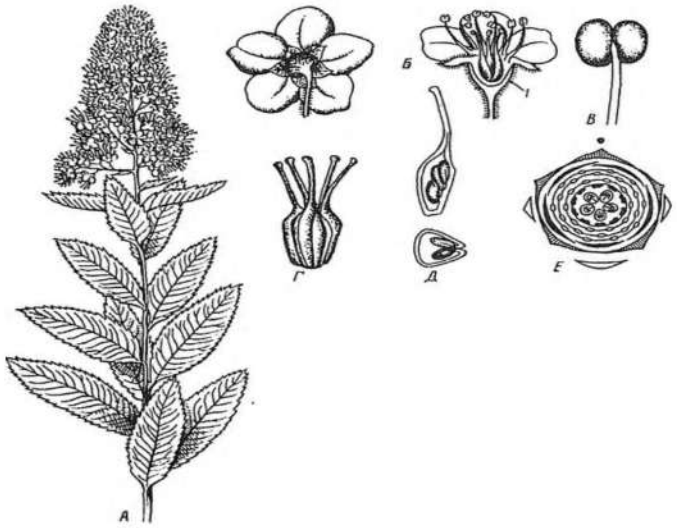


Рис. 40.1. Спирея иволистная (Spiraea salicifolia):
А – репродуктивный побег; Б – цветок (вид снизу и продольный разрез);
В – тычинка; Г – гинецей; Д – продольный и поперечный разрезы пестика;
Е – диаграмма цветка

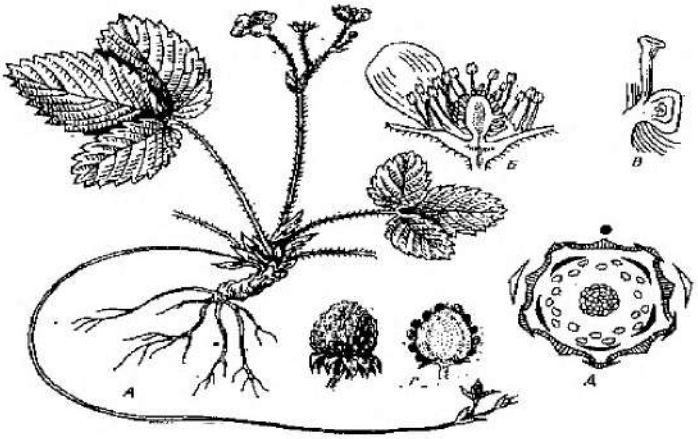


Рис. 40.2. Земляника лесная (Fragaria vesca):
А – общий вид; Б – цветок; В – пестик; Г – плод – сборный орешек;
Д – диаграмма цветка

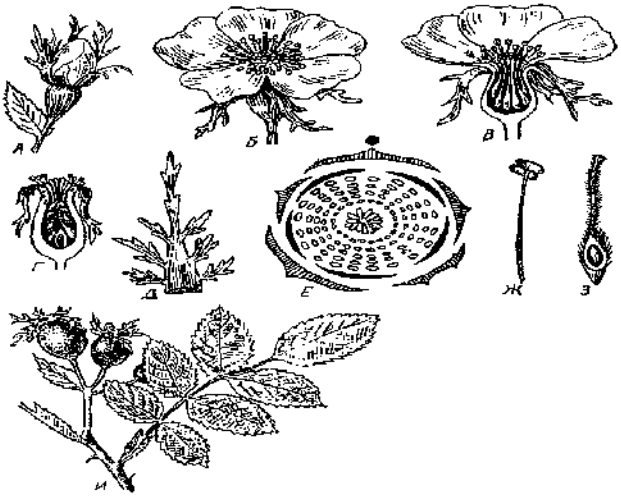


Рис. 40.3. Роза собачья (Rosa canina):
А – бутон; Б – общий вид цветка; В – продольный разрез цветка; Г – продольный разрез плода сборного орешка; Д – чашелистик; Е – диаграмма цветка; Ж – тычинка; З – пестик; И – репродуктивный побег

Цветоложе вогнутое. Плодолистиков обычно пять, но часто встречается и уменьшенное их число – два-три и даже один. Гинецей синкарпный. Завязь нижняя.

Формула цветка *$Ca_{(5)}Co_5A_\infty G_{(5\text{-}1)}$. Плод ягодовидный – яблоко. На верхушке плода сохраняются остатки чашечки. К яблоневым относят такие распространенные роды, как Яблоня (Malus), Груша (Pyrus) (рис. 40.4), Боярышник (Crataegus), Рябина (Sorbus) и др.

Подсемейство Сливовые (Prunoideae). Деревья и кустарники. Листья простые с рано опадающими прилистниками. Цветки надпестичные. Цветоложе вогнутое, не срастающееся с завязью. Плодолистик один. Формула цветка *$Ca_{(5)}Co_{(5)}A_\infty G_1$. Плод – костянка сочная или сухая. Включает широко известные роды: Слива (Prunus), Вишня (Cerasus), Абрикос (Armeniaca), Персик (Persica) (рис. 40.5), Черемуха (Padus) и др. В последнее время эти роды объединяют в один – Слива (Prunus).

При определении особое внимание обращают на жизненную форму, строение цветка и листьев.

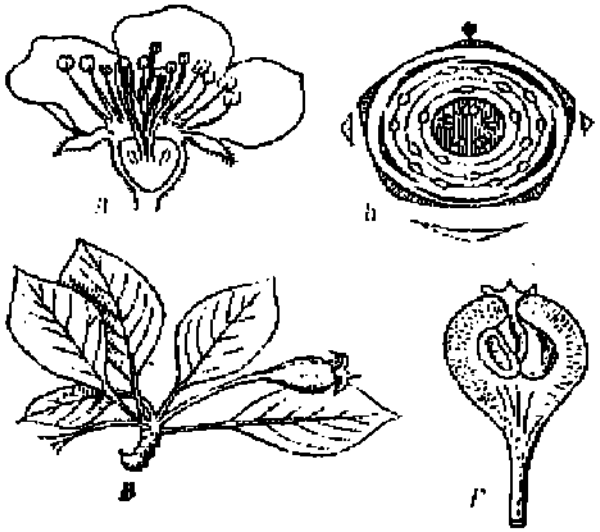


Рис. 40.4. Груша обыкновенная (Pyrus communis):
А – продольный разрез цветка; Б – диаграмма цветка; В – репродуктивный побег; Г – продольный разрез плода – яблока

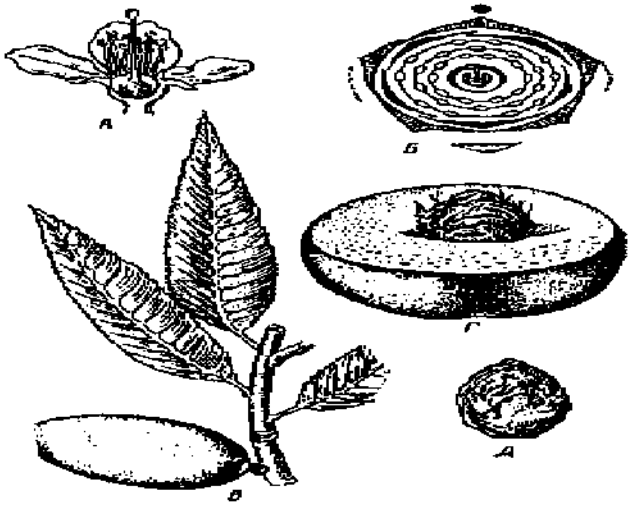


Рис. 40.5. Персик (Persica vulgaris):
А – продольный разрез цветка; Б – диаграмма цветка; В – репродуктивный побег; Г – поперечный разрез плода; Д – косточка (эндокарп с семенем внутри)

Задания

1. Детально проанализировать растения, относимые к разным подсемействам и родам, составить их описание.

2. Зарисовать лист, цветок в разрезе, а также чашечку с подчашием, лепесток, тычинку, гинецей, пестик, плод.

3. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. В качестве образца можно рассмотреть лапчатку серебристую (Potentilla argentea) (рис. 40.6). Она растет почти повсеместно на сухих холмах, склонах, у дороги и т. д.

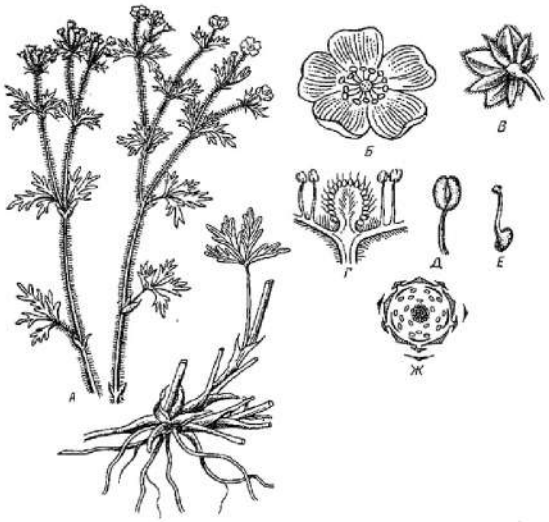


Рис. 40.6. Лапчатка серебристая (Potentilla argentea):
А – общий вид; Б – цветок; В – чашечка с подчашием; Г – продольный разрез цветка без околоцветника; Д – тычинка; Е – пестик; Ж – диаграмма цветка

2. Растение травянистое, многолетнее, высотой 15-30 см. Корневище деревянистое, разветвленное. Корни придаточные. Стебель прямостоячий или восходящий, округло-граненый, густо покрыт оттопыренными белыми волосками. Листья очередные, с двумя ланцетными прилистниками, простые, пальчаторассеченные, голые или покрыты короткими прямыми простыми волосками, снизу

белые, войлочные. Край листа с немногочисленными зубцами, загнут вниз. Нижние листья черешковые, верхние – сидячие.

3. Соцветие – щитковидная метелка. Цветоножки после цветения прямостоячие или отклоненные. Цветки некрупные, желтые. Гипантий блюдцевидный. Чашечка и подчашие имеют по пять членов. Венчик состоит из пяти свободных обратнояйцевидных лепестков, с выемкой на верхушке. Многочисленные тычинки андроцея прикрепляются к краям гипантия. Пестики многочленного апокарпного гинецея расположены на выпуклом цветоложе, завязь верхняя. Формула цветка: $*Ca_{(5+5)}Co_5A_\infty G_\infty$.Плод – сборный орешек, отдельные плодики слегка морщинистые.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Розановые (Rosaceae)? Какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Розановые (Rosaceae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Розановые (Rosaceae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Розановые (Rosaceae)?

Работа 41. Порядок Бобовоцветные (Fabales). Семейство Бобовые (Fabaceae). Подсемейство Мотыльковые (Papilionoideae)

Цель работы: изучить растения подсемейства Мотыльковые (Papilionoideae) на примере видов из родов: Робиния (Robinia), Карагана (Caragana), Дрок (Genista), Чина (Lathyrus), Вика (Vicia), Люпин (Lupinus), Лядвенец (Lotus), Эспарцет (Onobrychis), Люцерна (Medicago), Клевер (Trifolium).

Материалы и оборудование: гербарные образцы: робинии ложноакациевой (Robinia pseudoacacia), караганы древовидной (Caragana arborescens), дрока красильного (Genista tinctoria), чины луговой (Lathyrus pratensis), вики яровой (Vicia sativa), люпина многолистного (Lupinus polyphyllus), лядвенца рогатого (Lotus corniculatus), эспарцета песчаного (Onobrychis arenaria), люцерны посевной (Medicago sativa), клевера лугового (Trifolium pratense); фиксированные в спирте цветки этих растений.

К порядку Бобовоцветные относят около 18 тыс. видов (570 родов) древесных (деревья, лианы, кустарники, полукустарники) и травянистых многолетних и однолетних растений, распространенных на всех материках, за исключением, конечно, Антарктиды. Многие виды представлены огромным числом особей и доминируют в растительных сообществах, особенно в странах с умеренным климатом.

Порядок включает лишь одно семейство – Бобовые (Fabaceae), поэтому характеристики порядка и семейства совпадают. Общий диагностический признак, на основании которого А. Л. Жюсье выделил это семейство, – плод – боб. Другие общие черты – это пестик с одногнездной верхней завязью, строение двойного околоцветника, андроцея, листьев и др. Семена большинства видов наряду с довольно крупными семядолями имеют эндосперм.

Еще одна характерная особенность бобовых, очень важная для земледелия, – симбиоз с бактериями, способными усваивать азот непосредственно из атмосферы. Эти бактерии называют клубеньковыми (Rhizobium leguminosarum и другие виды этого рода).

По строению цветков семейство Бобовые делят на три подсемейства.

Подсемейство Цезальпиниевые (Caesalpinioideae). К нему

относят 2,8 тыс. видов, 152 рода, представленных деревьями, кустарниками и лианами, распространенными в тропической зоне. Цветки у них слабозигоморфные, с раздельнолистной или сростнолистной чашечкой (рис. 41.1). Однако в отличие от мотыльковых почкосложение венчика цезальпиниевых не нисходящее, а восходящее. В условиях субтропического климата Европы растет только один вид – дерево иуды (Cercis siliquastrum). Важное народнохозяйственное значение имеют представители следующих родов: Кассия (Cassia) – кассия узколистная (C. angustifolia), кассия остролистная (C. acutifolia) – лекарственные растения; Тамаринд (Tamarindus) – тамаринд индийский (T. indica) – возделывают из-за бобов как овощную культуру; Цезальпиния (Caesalpinia) и Гематоксилон (Haematoxylon) – цезальпиния саппан (C. sappan), пернамбуковое дерево (C. echinata), кампешевое дерево (H. campeschianum), используют для получения дорогостоящей цветной древесины.

Рис. 41.1. Кассия трубчатая (Cassia fistula):
А – внешний вид плода; Б – продольный разрез плода; В – семя;
Г – репродуктивный побег; Д – диаграмма цветка; Е – цветок;
Ж – общий вид и поперечный разрез гинецея

Подсемейство Мимозовые (Mimosoideae). Оно объединяет 2,8 тыс. видов, 56 родов. Преимущественно это древесные растения субтропических и тропических районов (Африка, Австралия, Азия). Для представителей этого подсемейства характерны

актиноморфные цветки с двойным пяти- и четырехчленным околоцветником. Андроцей свободный пяти-, чаще десятичленный, иногда многочленный (рис. 41.2).

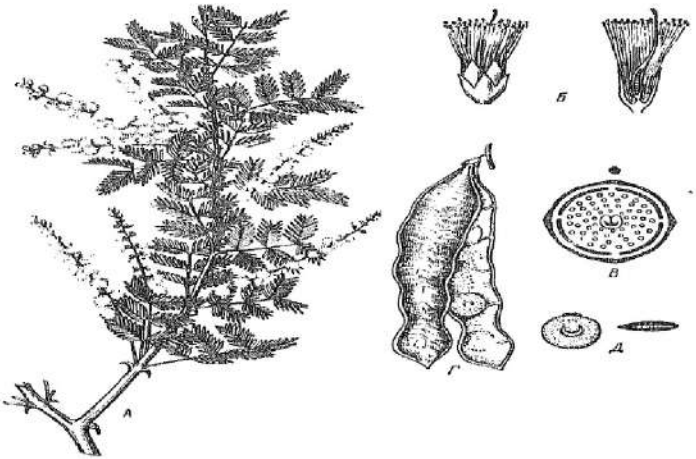


Рис. 41.2. Акация сенегальская (Acacia senegal):
А – репродуктивный побег; Б – общий вид и продольный разрез цветка; В – диаграмма цветка; Г– плод – боб; Д – семя

Рис. 41.3. Горох посевной (Pisum sativum):
А – плод – боб; Б – разворот семени; В – репродуктивный побег; Г – общий вид цветка; Д – цветок без околоцветника; Е – венчик; Ж– продольный разрез цветка; З – гинецей; И – диаграмма цветка;
1 – почечка, 2 – корешок, 3 – семядоля, 4 – парус, 5 – весла, 6 – лодочка

Важнейший род – Акация (Acacia). Он включает около 500 видов, из них 300 произрастают в Австралии (не имеют колючек, многие с филлодиями вместо листа), а 200 – в странах Ближнего Востока, Африке (имеют колючки). В флоре бывшего СССР род представлен: шелковой акацией (Acacia julibrissin) – на Талышских горах и мимозкой выполненной (Lagonychium farctum) – на Кавказе и в Средней Азии, где она часто растет как сорняк.

Цезальпиниевые и мимозовые представляют собой как бы связующее звено между бобовоцветными и розоцветными.

Подсемейство Мотыльковые (Papiliotioideae). Это центральное подсемейство всего порядка, включающее 12 тыс. видов (362 рода), сосредоточенных преимущественно во внетропических странах Северного полушария.

Цветки собраны в простые соцветия – кисть, зонтик, головку и пр. Характерная особенность строения растений, на основании которой их объединяют в подсемейство, – мотыльковый тип цветка (рис. 41.3). Чашечка сростнолистная, пятизубчатая, актиноморфная или зигоморфная (двугубая). Мотыльковый венчик чаще всего имеет пять лепестков. Из них три вполне свободные: парус, или флаг, и два весла, или крыла, а два срослись верхушкой в так называемую лодочку. Но для некоторых родов характерно дальнейшее срастание между собой весел и лодочки, а подчас и паруса, как у видов рода Клевер (Trifolium). Размер и окраску венчика, форму лепестков учитывают при определении видов.

Для определения родов в рамках рассматриваемого подсемейства важное значение имеет строение андроцея. У одних родов [Софора (Sophora), Термопсис (Thermopsis)] все десять тычинок андроцея свободные. У других андроцей сросшийся, однобратственный, т. е. все десять тычинок срастаются между собой тычиночными нитями, образуя тычиночную трубку, внутри которой располагается пестик (виды родов: Люпин (Lupinus), Дрок (Genista) и др.).

Большинство родов подсемейства имеет сросшийся двубратственный андроцей: девять тычинок срастаются тычиночными нитями в трубку, а одна свободная. Такой андроцей развивается у видов родов: Горох (Pisum), Люцерна (Medicago), Вика (Vicia), Чина (Lathyrus) и др. Форма тычиночной трубки также бывает разнообразной, что учитывают при определении. В одних случаях тычиночная трубка срезана прямо, тогда пыльники находятся на

одном уровне (виды рода Чина), в других случаях – косо, тогда пыльники расположены на разных уровнях (виды рода Вика) (рис. 41.4).

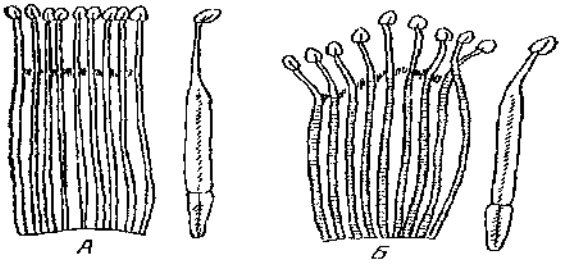


Рис. 41.4. Тычиночные трубки:
А – прямо срезанная у чины (род Lathyrus); Б – косо срезанная у вики (род Vicia)

Не менее важна для определения строение плодов, их опушенность. Они могут быть многосемянными, раскрывающимися двумя створками (виды родов: Горох, Вика); многосемянными, распадающимися на односемянные членики [(род Вязель (Coronilla)] односемянными, нераскрывающимися [род Эспарцет (Onobrychis)]. При определении видов в рамках родов имеет значение также и структура вегетативных органов – размер и число листочков сложного листа, наличие или отсутствие усика на верхушке листа, строение и форма прилистников и т. д.

Задания

1. Изучить представителей мотыльковых, различающихся строением вегетативных органов, цветков и плодов – робинию, карагану, чину, дрок, вику, люпин, лядвенец, эспарцет, люцерну, клевер и др. Описать их, руководствуясь общей схемой.

2. Зарисовать лист, соцветие, цветок, чашечку, лепестки, андроцей, гинецей, плод каждого вида.

3. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. В качестве примера рассматривают люцерну посевную (Medicago sativa) (рис. 41.5). Многолетнее травянистое растение высотой 30-90 см. Корневая система стержневая, на корнях есть

клубеньки с азотофиксирующими бактериями. Стебель ветвистый, прямостоячий, на поперечном разрезе округло-ребристый. Листья очередные, тройчатосложные, с прилистниками, листочки продолговатые или эллиптические, по краю пильчатые.

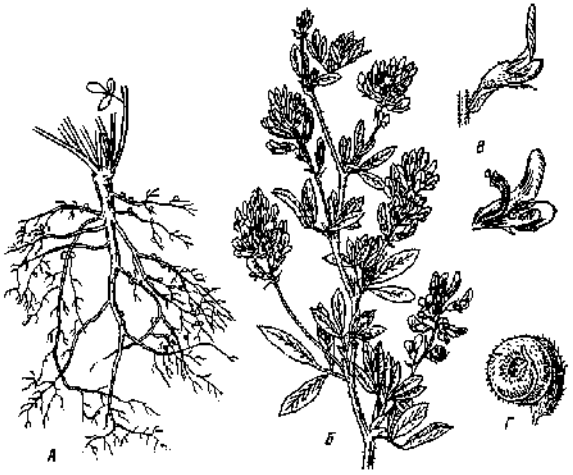


Рис. 41.5. Люцерна посевная (Medicago sativa):
А – корневая система; Б – репродуктивный побег; В – общий вид и продольный разрез цветка; Г – плод – боб

2. Цветки собраны в густые кисти, превышающие по длине листья, зигоморфные, мотылькового типа. Околоцветник двойной: чашечка из пяти сросшихся чашелистиков; венчик из трех свободных лепестков (парус и два весла) и двух сросшихся верхушками (лодочка), синего цвета. Андроцей двубратственный, состоит из десяти тычинок: девять срослись тычиночными нитями в трубку и одна свободная. Пестик один, завязь верхняя, одногнездная, с несколькими семязачатками, согнутая от самого основания.

Формула цветка: $\uparrow Ca_{(5)}Co_{3+(2)}A_{(9)+1}G_1$. Плод – спирально закрученный боб.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Бобовые (Fabaceae)? Какое место занимает оно в эволюционном ряду?

2. Каково географическое распространение представителей семейства Бобовые (Fabaceae)?

3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?

4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Бобовые (Fabaceae)?

5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?

6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Бобовые (Fabaceae)?

Работа 42. Порядок Мальвоцветные (Malvales). Семейство Мальвовые (Malvaceae)

Цель работы: изучить растения семейства Мальвовые (Malvaceae) на примере видов из родов: Просвирник (Malva), Хлопчатник (Gossypium), Гибискус (Hibiscus), Хатьма (Lavatera).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы наиболее часто встречающихся видов: просвирника лесного (Malva sylvestris) или просвирника мавританского (M. mauritiana), или просвирника пренебреженного (M. neglecta); хлопчатника обыкновенного (Gossypium hirsutum) или гибискуса болотного (Hibiscus moscheutos), хатьмы тюрингийской (Lavatera thuringiaca); для сравнения гербарный образец представителя сем. Липовые – липа мелколистная или сердцевидная (Tilia cordata); цветки и плоды этих растений, фиксированные в растворе спирта.

Мальвоцветные объединяет восемь семейств (248 родов, 3,6 тыс. видов), имеющих важное значение как в формировании естественных растительных ценозов, так и в жизни человека. Представители большинства семейств встречаются только в тропиках, например Баобабовые (Bombacaceae), Стеркулиевые (Sterculiaceae). Виды Мальвовых (Malvaceae) и Липовых (Tiliaceae) распространены также и в нетропических странах. Их нередко возделывают за пределами природных ареалов. Преимущественно это деревья и кустарники, особенно в тропических странах, реже травы.

Цветки обоеполые, актиноморфные, редко зигоморфные; циклические (иногда за исключением андроцея). Околоцветник двойной. Чашечка сростнолистная. Нередко из прицветников, которых может быть три или более, формируется внешняя чашечка – подчашие. Андроцей чаще закладывается кругами, но внешний круг тычинок обычно редуцируется, а тычиночные бугорки внутреннего круга ветвятся. В результате образуется много тычинок с монотековыми (двухгнездными) пыльниками. Нити тычинок срастаются в одну или несколько групп. Гинецей синкарпный; плодолистиков пять (иногда два-три) или их много, завязь верхняя.

Большое народнохозяйственное значение имеют виды четырех семейств: Стеркулиевые, Баобабовые, Липовые и Мальвовые.

Семейство Стеркулиевые. В культуре наибольшее значение имеют следующие виды:

Шоколадное дерево (Theobroma cacao). Родина – Бразилия. Возделывают во всех тропических странах. Семена, содержащие тонизирующие средства – теин, теобромин, служат для приготовления шоколада, какао и масла нежидкой консистенции.

Кола заостренная (Cola acuminata). Семена также богаты теином и теобромином.

Оба вида растут в естественных ценозах, их разводят в тропической зоне.

Семейство Баобабовые. Из семейства Баобабовые заслуживают внимания следующие виды:

Цейба пятитычинковая (Ceiba pentandra). Родина – Южная Америка. Характерная особенность – образование на внутренней поверхности околоплодника волосков (капок), годных лишь для набивки матрацев, но не для прядения.

Каваниллезия древовидная, или шерстяное дерево (Cavanillesia arborea). Растет в сухих тропических лесах Бразилии, имеет гигантские мясистые редьковидные стволы.

Адансония пальчатая, или обезьянье дерево, или баобаб африканский (Adansonia digitata). Волокна его древесины и коры используют для изготовления веревок и бумаги.

Семейство Липовые. Важнейшие представители семейства липовые относятся к следующим родам:

Род Липа (Tilia). Лесная порода, число видов – около 15. Лубяные волокна коры идут на изготовление мочала. Среди представителей рода есть медоносные и лекарственные растения.

Род Джут (Corchorus). Джут короткоплодный (C. capsularis) и джут длинноплодный (C. olitorius) в диком виде неизвестны. Эти виды издавна возделывают в тропических странах, где в естественных ценозах растут другие виды рода. Дают волокно ценного технического качества – негигроскопичное. Его используют при изготовлении тары для сахара.

Семейство Мальвовые. Семейство Мальвовые объединяет 82-90 родов и 1,5-1,6 тыс. видов. Это преимущественно древесные растения – деревья и кустарники тропической зоны. Однако в странах с умеренным и холодным климатом встречаются травы – многолетние, двулетние и однолетние. Листья, как правило, очередные, с прилистниками. Цветки правильные, обоеполые. Чашечка обычно из пяти чашелистиков, в основании более или менее срастающихся. Лепестков пять, они несимметричные, взаимно

полуобвернутые, чаще всего при основании слегка спаянные как между собой, так и с основанием тычиночной трубки.

На территории бывшего СССР представлено 12 родами и 72 видами. Роды семейства различаются между собой: по строению плодов – коробочек (трехгнездных или пятигнездных), часто распадающихся на двусемянные или односемянные плодики; ягодовидных – у тропических представителей, по наличию или отсутствию подчашия и его строению (прицветнички сросшиеся или свободные, их число и т. д.); по величине цветков, форме и окраске лепестков; форме тычиночной трубки – цилиндрической или пятигранной.

Наиболее ценные в культуре представители семейства относятся к следующим родам:

Род хлопчатник (Gossypium). Объединяет около 66 видов. Родина – тропические и субтропические зоны обоих полушарий. Это прядильная культура, распространенная во всем мире. Ее возделывали еще в третьем тысячелетии до нашей эры в западной части Индии. Для прядения используют хлопок – волоски, густо покрывающие семена (до семи тысяч на одном семени). Такие волоски одноклеточные, белого или желтого цвета, длиной до 60 мм. Хлопчатник дает до 70-75% прядильного сырья. Из его семян получают масло. Жмых используют на корм скоту. Виды, возделываемые на территории бывшего СССР:

гуза или хлопчатник коротковолокнистый (G. herbaceum), родина – Мексика;

упланд или хлопчатник обыкновенный или средневолокнистый (G. hirsutum), родина – Иран и Средняя Азия;

хлопчатник египетский, или хлопчатник длинноволокнистый (G. peruvianum), родина – Перу.

Род гибискус (Hibiscus). Кенаф, или бомбейская пенька, или пенька гамбо (H. cannabinus). Родина – Индия, Иран. Волокно, получаемое из стеблей, длинное, эластичное. Его применяют для изготовления шпагата, упаковочной ткани, рыболовных снастей. Кострy используют при производстве строительных плит и бумаги, отходы переработки – как удобрение. Из семян получают масло, служащее сырьем в мыловаренной, лекарственной и кожевенной промышленности. Эту культуру возделывают в Казахстане, отчасти в Средней Азии (Киргизия), Краснодарском крае, реже – на Кавказе (Кабардино-Балкария) и на Украине.

Бамия или гибискус съедобный [H. esculteritus (Abelmoschus esculentus)]. Родина – тропическая Африка, в естественных условиях встречается в долине Белого Нила. Незрелые плоды используют для салата. Семена содержат до 18% жира, много протеина. Их используют как суррогат кофе и какао. Возделывают в субтропиках Закавказья, особенно в южной части Муганской степи.

Китайская роза (H. rosa-sinensis). Родина – Южная Азия. В нашей стране используют в культуре как комнатное и оранжерейное декоративное растение.

Род Канатник (Abutilon). Канатник теофраста (A. theophrasti). Родина, по-видимому, – субтропики Китая. В нашей флоре (Кавказ, южные районы европейской части России) встречается как вторично одичавшее растение. Возделывают маньчжурские сорта, а не одичавшие формы. Волокно широко используют при изготовлении кабелей.

Задания

1. Ознакомиться со строением вегетативных органов цветка и плода мальвовых на примере просвирника (мальвы), хатьмы, хлопчатника или представителя любого другого рода. Составить описание изученных растений по общей схеме.

2. Зарисовать лист, цветок, чашечку с подчашием, венчик, андроцей, гинецей, плод каждого из рассмотренных видов.

3. Определить исследованные растения.

4. Сравнить строение цветков и плодов рассмотренных видов семейства мальвовые с видами семейств: липовые, стеркулиевые, баобабовые (по крайней мере, по диаграммам и рисункам).

Порядок работы

1. Общий план строения цветка мальвовых, а также в значительной мере и мальвоцветных рассматривают на примере просвирника лесного (Malva sylvestris) (рис. 42.1) или просвирника пренебреженного (M. neglecta). Это наиболее широко распространенные в России представители семейства. Они довольно обычны как в естественных фитоценозах (светлые леса, лесные поляны, кустарниковые заросли, луга), так и в сорных местах.

2. Стебель высотой от 30 до 120 см обычно, как и листья, покрыт жесткими простыми или раздвоенными, а иногда и звездчатыми волосками. Листья имеют длинные черешки (20-25 см),

нередко превышающие длину листовой пластинки. Последняя в общем очертании округло-сердцевидной формы, пяти-, семилопастная. Прилистники продолговато-ланцетные, бледно-зеленые или пленчатые, по краю длиннореснитчатые.

Рис. 42.1. Просвирник лесной (Malva sylvestris):
А – диаграмма цветка; Б – репродуктивный побег; В – продольный разрез цветка; Г – дробный плод

3. Цветки крупные, собраны в пучки по два или по три в пазухах верхних листьев, реже одиночные, на коротких цветоножках, покрытых простыми или звездчатыми волосками. Рассматривают продольный разрез цветка. Чашечка сросшаяся, по крайней мере, до половины, при плодах разрастающаяся. Зубчики ее широкотреугольные (яйцевиднотреугольные). Подчашие состоит из трех свободных удлиненно-яйцевидных листочков (3-6 мм длины и 1,5-2,5 мм ширины), по краю длиннореснитчатых. Венчик розовый (в засушенном виде лиловый), в два-три раза превышает чашечку. Лепестки обратнояйцевидные, клиновидные, длиной 20-25 мм. Тычиночные нити срастаются друг с другом от основания, только в верхней трети они свободны, несут двухгнездные (одна тека) пыльники.

Тычиночная трубка покрыта звездчатыми волосками. Гинецей состоит из многих плодолистиков. Столбики в нижней части срастаются в трубку, в верхней – свободные. В районе завязи плодолистики срастаются неполностью, поэтому формируется дробный плод, распадающийся на 8-16 односемянных мерикапиев – орешков. Формула цветка: $*Ca_{3+(5)}Co_5A_{\infty}G_{\infty}$.

4. По такой же схеме изучают и другие растения из семейства: хлопчатник средневолокнистый и китайскую розу (рис. 42.2 и 42.3). Первый имеет вполне ценокарпный гинецей из трех-пяти плодолистиков и плод – трехгнездную или пятигнездную коробочку; у второй строение цветка сходно с просвирником.

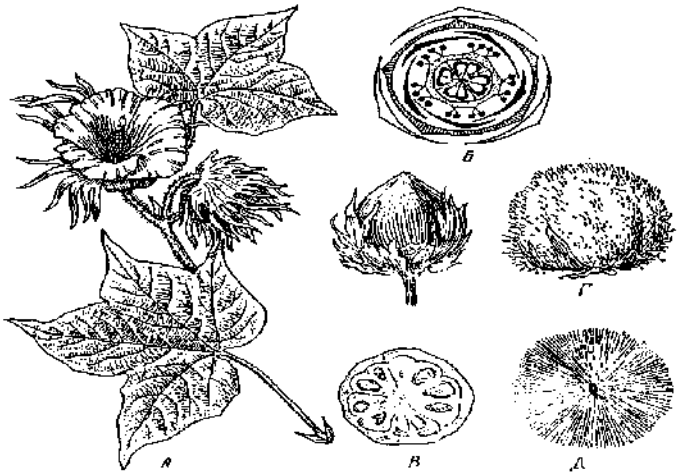


Рис. 42.2. Хлопчатник средневолокнистый (Gossypium hirsutum):
А – репродуктивный побег; Б – диаграмма цветка: В – общий вид и поперечный разрез плода – коробочки; Г – раскрывшаяся коробочка; Д – семя

5. Для сравнения рассматривают строение цветков и плодов у представителя семейства Липовые – липы сердцевидной (Tilia cordata) (рис. 42.4) или другого вида. Обращают внимание главным образом на признаки, по которым различают семейства липовые и мальвовые. В заключение сравнивают исследованные растения.

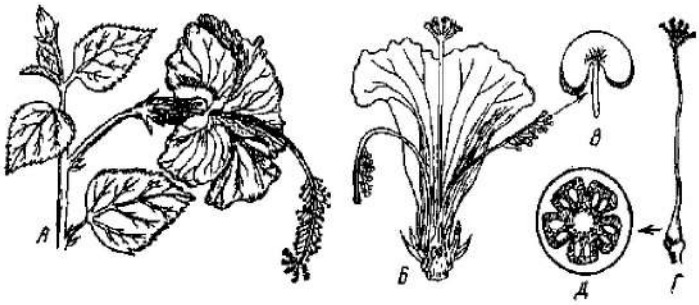


Рис. 42.3. Китайская роза (Hibiscus rosa-sinensis):
А – репродуктивный побег; Б – продольный разрез цветка; В – пыльник;
Г – гинецей; Д – поперечный разрез завязи

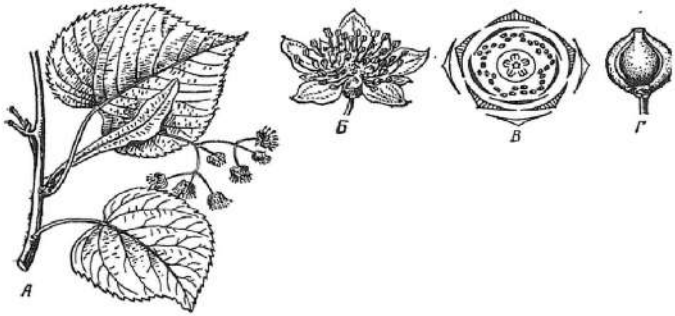


Рис. 42.4. Липа сердцевидная (Tilia cordata):
А – репродуктивный побег; Б – цветок; В – диаграмма цветка; Г – плод

6. Просвирник.

1) Цветки одиночные или в пучках по два-три; кроющий лист не видоизменяется и не срастается с осью соцветия.

2) Прицветнички зеленые, неопадающие, образующие подчашие.

3) Андроцей однобратственный, пыльники у тычинок двухгнездные.

4) Гинецей из многих неполностью сросшихся плодолистиков, каждый из которых превращается в односемянный плод.

5) Плод дробный, распадающийся на односемянные мерикарпии.

7. Липа.

1) Соцветие – трехцветковый или многоцветковый

щитковидный или кистевидный дихазий или плейохазий; к оси соцветия прирастает видоизмененный кроющий лист.

2) Цветоножки несут мелкие чешуевидные опадающие прицветнички.

3) Андроцей из многочисленных тычинок, срастающихся в пять пучков (пятибратственный), тычинки – с четырехгнездными пыльниками.

4) Гинецей вполне ценокарпный, завязь пятигнездная с двумя семязачатками в каждом гнезде, но только в одном гнезде созревает один семязачаток.

5) Плод односемянный, реже двусемянный орешек.

8. По рисункам изучают строение цветков и плодов представителей семейства Стеркулиевые – колы заостренной, (рис. 42.5) и шоколадного дерева. У них коробочковидный плод; в начале пятигнездный, многосемянный, но растущие крупные семена вскоре разрушают перегородки.

Рис. 42.5. Кола заостренная (Cola acuminata):
А – репродуктивный побег; Б – цветок; В – диаграмма цветка; Г – продольный разрез плода

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Мальвовые (Malvaceae), какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Мальвовые (Malvaceae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Мальвовые (Malvaceae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Мальвовые (Malvaceae)?

Работа 43. Порядок Аралиецветные (Araliales). Семейство Сельдерейные или Зонтичные (Apiaceae, Umbelliferae)

Цель работы: изучить растения семейства Сельдерейные, или Зонтичные (Apiaceae, Umbelliferae) на примере видов из родов: Моркови (Daucus), Сныти (Aegopodium), Тмина (Carum), Купыря (Anthriscus), Болиголова (Conium), Веха (Cicuta), Петрушки (Aethusa), Укропа (Anethum).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы: моркови дикой (Daucus carota), сныти обыкновенной (Aegopodium podagraria), тмина обыкновенного (Carum carvi), купыря лесного (Anthriscus sylvestris), болиголова крапчатого (Conium maculatum), веха ядовитого (Cicuta virosa), петрушки собачьей (Aethusa cynapium), укропа пахучего (Anethum graveolens); фиксированные в спирте цветки, а также плоды этих растений.

Представители порядка Аралиецветные – преимущественно травы, широко распространенные вне тропиков, изредка кустарники или деревья, произрастающие в тропических или субтропических районах. Цветки с двойным четырехчленным или пятичленным околоцветником, актиноморфные или слегка зигоморфные, собраны в соцветие головку или зонтик, обычно сложный. Чашечка нередко сильно редуцирована. Тычинки в одном круге, чередующиеся с лепестками. Гинецей синкарпный, из двух-пяти плодолистиков; завязь нижняя, реже верхняя (у некоторых американских видов), с числом гнезд по числу плодолистиков; содержит в каждом гнезде по одному, редко по два висячих однопокровных семязачатка. Плод вислоплодник, ягода или костянка. Семена с эндоспермом.

В составе порядка семь семейств, в числе которых Кизиловые (Cornaceae), Аралиевые (Araliaceae), Сельдерейные, или Зонтичные (Apiaceae, Umbelliferae). Первые два семейства в флоре России представлены небольшим числом видов.

Семейство Кизиловые. Важнейший представитель семейства Кизиловые (общее число родов – 15, видов – 110) – кизил обыкновенный (Cornus mas). Его возделывают ради съедобных плодов костянок, употребляемых дли изготовления варенья. Плоды собирают и в естественных зарослях.

Семейство Аралиевые. Важнейшие представители семейства Аралиевые (70 родов, около 850 видов) следующие:

женьшень (Panax ginseng) – имеет большое значение

для медицины, содержит панаксин, панацен, гинзенин и другие физиологически активные вещества;

плющ обыкновенный (Hedera helix) имеет многочисленные культурные формы. Его используют в декоративном садоводстве.

Семейство Сельдерейные. В семейство Сельдерейные объединяют 300 родов, 3 тыс. видов. Представители семейства имеют большое значение в сложении растительного покрова, особенно засушливых районов. Они имеют также определенную хозяйственную ценность.

Это травянистые многолетние и однолетние растения, редко кустарники. Все роды этого крупного и широко распространенного семейства очень близки между собой, что отражается на внешнем сходстве подавляющего числа видов родов семейства, особенно на строении их вегетативных органов. Сельдерейные имеют: дудчатый стебель, рассеченные листья с влагалищами, соцветие – сложный зонтик (редко простой зонтик или головка); актиноморфные, пятичленные, надпестичные цветки (краевые цветки могут быть слегка зигоморфными). Чашечка редуцирована и представлена пятью зубцами или небольшой закраиной; венчик состоит из пяти раздельных лепестков со слабо выраженными ноготками, андроцей свободный, также из пяти тычинок, гинецей синкарпный – из двух плодолистиков, завязь нижняя. Плод дробный – вислоплодник.

Определение сельдерейных основывается на таких признаках:

тип соцветия, наличие или отсутствие общей и частичной обверток;

строение цветка; форма и строение плода; форма листа;

строение стебля – наличие продольных борозд, форма на поперечном разрезе, характер опушения.

При определении родов и видов часто на первом месте стоят признаки строения плода (рис. 43.1).

Плод при созревании распадается на два односемянных мерикарпия, подвешенных на двураздельном карпофоре (столбочке). Вдоль поверхности мерикарпия проходят пять ребрышек. В околоплоднике им соответствуют пять проводящих пучков. Это первичные ребрышки, они не у всех видов хорошо различимы. Между ребрышками располагаются бороздки, под которыми лежат масляные каналы. Иногда на месте бороздок образуются вторичные ребрышки, легко отличимые от первичных по отсутствию

в околоплоднике проводящих пучков. Масляные каналы также находятся на стороне мерикарпия, обращенной к плоскости расщепления плода. Число и форма ребрышек, а также число и расположение в околоплоднике эфиромасличных каналов – характерные признаки для классификации.

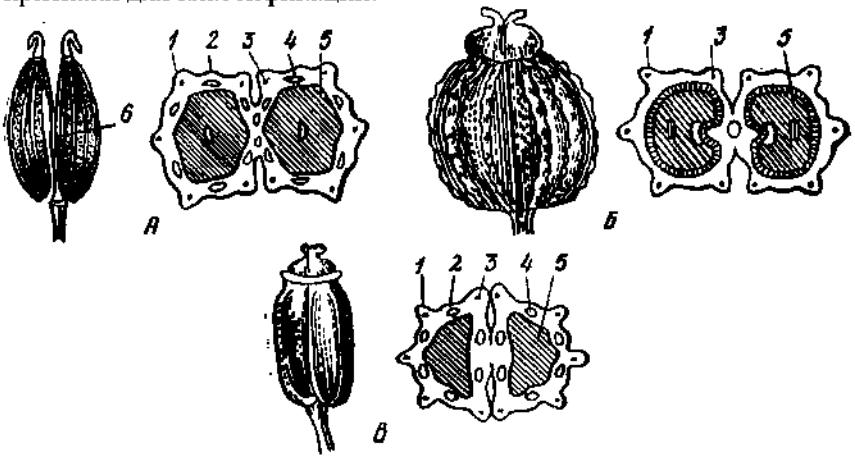


Рис. 43.1. Общий вид и поперечный разрез плодов сельдерейных (сем. Apiaceae):
А – тмин обыкновенный (Carum carvi); Б – болиголов крапчатый (Conium maculatum); В – фенхель обыкновенный (Foeniculum vulgare); 1 – первичное ребрышко; 2 – вторичное ребрышко; 3 – проводящий пучок; 4 – масляный канал; 5 – эндосперм; 6 – карпофор

Существенное значение имеет также форма поверхности эндосперма семени, обращенная к плоскости расщепления. Она может быть плоской или слегка выпуклой, серповидной или вогнутой, что хорошо заметно на поперечном разрезе плода.

Задания

1. Изучить представителей семейства: морковь дикую, сныть обыкновенную, тмин обыкновенный, купырь лесной, болиголов крапчатый, вех ядовитый, петрушку собачью и др. Составить описание некоторых из них, руководствуясь общей схемой.

2. Зарисовать схему соцветия, цветок и его части, общий вид плода и его поперечный разрез у рассмотренных видов.

3. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. В качестве примера рассматривают морковь дикую (Daucus carota) (рис. 43.2) – широко распространенное сорное растение. Растение двулетнее, высотой 30-100 см. Корневая система стержневая. Главный корень утолщается, образуя в первый год жизни растения корнеплод. Только на второй год жизни развивается типичный побег с ветвистым прямостоячим стеблем, хорошо выраженными узлами и полыми междоузлиями. На поперечном разрезе стебель округло-ребристый.

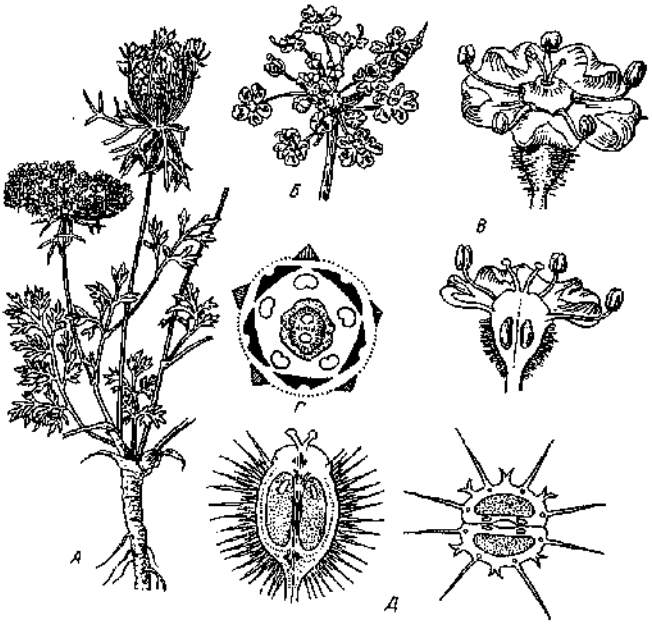


Рис. 43.2. Морковь дикая (Daucus carota):
А – общий вид; Б – зонтичек; В – общий вид и продольный разрез цветка;
Г – диаграмма; Д – продольный и поперечный разрезы плода

2. Листья в первый год жизни образуют прикорневую розетку, на второй – расположены поочередно, черешковые, без прилистников, простые, в очертании почти треугольные, триждыперисторассеченные на узкие доли, только верхние листья дважды перисторассеченные. Основание черешка расширено во влагалище, охватывающее стебель.

3. Соцветие – сложный зонтик, в основании которого расположена обвертка из тройчаторассеченных или перисторассеченных листьев, равных осям зонтика. В основании зонтичков имеются частные обвертки из тройчаторассеченных листьев.

4. Цветки в зонтичках неодинаковые: срединные – актиноморфные, а краевые – зигоморфные (наружные лепестки значительно крупнее внутренних), циклические, пятичленные, надпестичные. Чашечка редуцирована и состоит из пяти небольших зубцов, венчик – из пяти свободных лепестков белого цвета с загнутой внутрь верхушкой. Андроцей – из пяти чередующихся с лепестками тычинок; нити тычинок длиннее лепестков. Гинецей синкарпный, образован двумя плодолистиками. Столбиков два, в основании их – двураздельный нектароносный диск. Завязь нижняя, двухгнездная, с одним семязачатком в каждом гнезде. Формула цветка: $*Ca_{(5)}Co_5A_5G_{(2)}$

5. Плод – вислоплодник, округлый, немного сжатый с боков. Околоплодник, разрастаясь, образует восемь высоких ребрышек с длинными игловидными щетинками, между которыми располагаются 12 мелких ребрышек, усаженных небольшими щетинками. Мерикарпий имеет соответственно четыре высоких и шесть мелких ребрышек. Готовят препарат поперечного среза плода. Для этого используют фиксированные в спирте недозрелые плоды. Зажав часть зонтичка в сердцевину бузины, делают серию срезов. При малом увеличении рассматривают полученные срезы и выбирают лучшие из них, желательно такие, на которых мерикарпии соединены между собой. Препарат изучают при малом и большом увеличениях. Мерикарпии овальной формы. Маленькие ребрышки первичные, так как им соответствуют проводящие пучки. Высокие ребрышки вторичные, они образовались из ткани бороздок, расположенных между первичными ребрышками. Против высоких ребрышек в околоплоднике лежат четыре масляных канала и еще два канала на стороне околоплодника, обращенной к плоскости расщепления. В центральной части мерикарпия расположено семя. Главную часть его занимает эндосперм. Он окружает маленький зародыш. Поверхность эндосперма, обращенная к плоскости расщепления, почти плоская.

6. В заключение работы определяют растение.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Сельдерейные, или Зонтичные (Apiaceae, Umbelliferae)? Какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Сельдерейные, или Зонтичные (Apiaceae, Umbelliferae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Сельдерейные, или Зонтичные (Apiaceae, Umbelliferae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Сельдерейные, или Зонтичные (Apiaceae, Umbelliferae)?

Работа 44. Порядок Норичникоцветные (Scrophulariales). Семейство Пасленовые (Solanaceae)

Цель работы: изучить растения семейства Пасленовые (Solanaceae) на примере видов из родов: паслена (Solarium), томата (Lycopersicum), дурмана (Datura), табака (Nicotiana), перца (Capsicum), белены (Hyoscyamus), красавки (Atropa).

Материалы и оборудование: бинокуляры , лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы: картофеля клубненосного (Solarium tuberosum), паслена черного (S. nigrum), паслена сладко-горького (S. dulcamara), томата обыкновенного (Lycopersicum esculentum), дурмана обыкновенного (Datura stramonium), табака настоящего (Nicotiana tabacum), махорки (N. rustica), перца однолетнего (Capsicum annuum), белены черной (Hyoscyamus niger), красавки обыкновенной, или белладонны (Atropa belladonna) и др. Фиксированные в спирте цветки этих растений.

Норичникоцветные – крупный порядок, нередко называемый также Трубкоцветные (Tubiflorales), в состав его входят 17 семейств. Наиболее широко распространены представители семейств: Пасленовые (Solanaceae), Норичниковые (Scrophulariaceae), Бигнониевые (Bignoniaceae) – преимущественно в Южной Америке; Геснериевые (Gesneriaceae) – в основном в тропических и субтропических районах, Заразиховые (Orobanchaceae) – в умеренной и субтропической зоне Европы и Азии (корневые паразиты на дикорастущих и возделываемых растениях); а также Подорожниковые (Plantaginaceae) – умеренная зона Южного полушария. Жизненные формы – травы или полукустарники, с очередными или супротивными листьями, как правило, без прилистников. У паразитов листья более или менее редуцированы.

Цветки обоеполые, циклические, четырехкруговые. Венчик спайнолепестной, в основании более или менее трубковидный. Андроцей чаще из пяти тычинок. Гинецей из двух, редко трех плодолистиков, синкарпный, завязь верхняя со многими или только двумя семязачатками в каждом гнезде. Семязачатки однопокровные.

Семейство Пасленовые объединяет около 2,2 тыс. видов. В наших широтах это главным образом травянистые растения. Изредка встречаются полукустарники и даже кустарники (род

Дереза – Lycium). В тропических странах преобладают лазающие кустарники, есть и деревья.

Листья очередные, без прилистников, простые, с цельной или рассеченной пластинкой. Цветки в завитках или одиночные, с виду актиноморфные, но нередко вследствие косого положения завязи по отношению к плоскости симметрии цветка слегка зигоморфные. Чашечка сростнолистная, пятизубчатая, сохраняющаяся при плодах. Венчик колесовидный, блюдцевидный, трубчатый или ширококолокольчатый. К трубке венчика, чередуясь с его зубцами, изнутри прирастают пять тычинок с двухгнездными, реже четырехгнездными пыльниками. Гинецей синкарпный, из двух плодолистиков. Завязь верхняя, обычно двухгнездная, однако иногда в результате образования ложных перегородок или срастания пестиков (фасциация) – четырехгнездная или шестигнездная. Плод – ягода или коробочка. Стебель имеет биколлатеральные проводящие пучки с внутренней флоэмой.

Богатые алкалоидами ядовитые пасленовые используют для получения лекарств – это белладонна, или красавка обыкновенная (Atropa belladonna), скополия карниолийская (Scopolia carniolica), дурман обыкновенный (Datura stramonium), белена черная (Hyoscyamus niger). Очень большое значение как овощные растения в нашей стране имеют: картофель клубненосный (Solanum tuberosum) (рис. 44.1), томат обыкновенный (Lycopersicum esculentum), перец однолетний (Capsicum annuum), баклажан (Solanum melongena). Табак персидский (Nicotiana affinis) и петуния гибридная (Petunia hybrida) благодаря своей декоративности нашли применение в цветоводстве.

При определении обращают внимание на строение листьев, цветков, плодов.

Задания

1. Изучить виды родов: паслен, белена, красавка, перец, табак, дурман, различающиеся как строением вегетативных органов, так и цветков и плодов. Описать их, руководствуясь общей схемой.

2. Зарисовать лист, цветок, развернутые чашечку и венчик с прикрепленными к его трубке тычинками, а также гинецей и плод (общий вид и поперечный разрез) у изученных растений.

3. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. В качестве примера рассматривают томат (Lycopersicum esculentum) (рис. 44.2), широко распространенный в культуре. Естественный ареал вида находится в Перу.

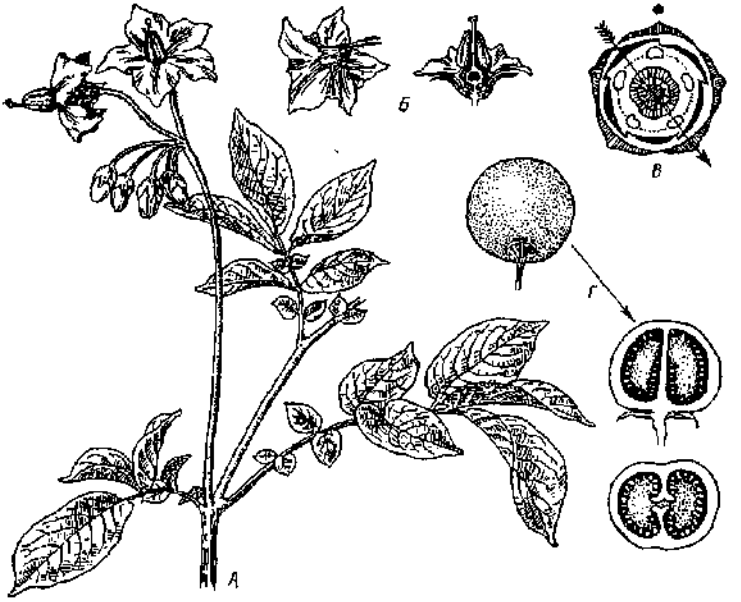


Рис. 44.1. Картофель (Solanum tuberosum):
А – репродуктивный побег; Б – общий вид цветка со стороны чашечки и его продольный разрез; В – диаграмма цветка; Г – общий вид, продольный и поперечный разрезы плода – ягоды

2. Растение однолетнее, высотой до 60 см, травянистое, с острым запахом. Корневая система стержневая. Стебель ветвистый, прямостоячий, в период формирования плодов полегающий, округло-ребристый, опушенный, нередко явно фасциированный, уплощенный. Листья очередные, прерывистоперисторассеченные на цельные или рассеченные доли, опушенные, без прилистников.

3. Соцветие – завиток, иногда извилина, может иметь от трех до двадцати цветков. Цветки актиноморфные. Околоцветник двойной. Чашечка зеленая, может иметь от пяти до десяти чашелистиков, сросшихся у основания, свободные концы чашелистиков шиловидные. При плодах чашечка разрастается.

Венчик желтый, колесовидный, диаметром до 2,5 см, может иметь от пяти до десяти острых, на верхушке отогнутых лепестков, также сросшихся у основания. Доли венчика чередуются с долями чашечки.

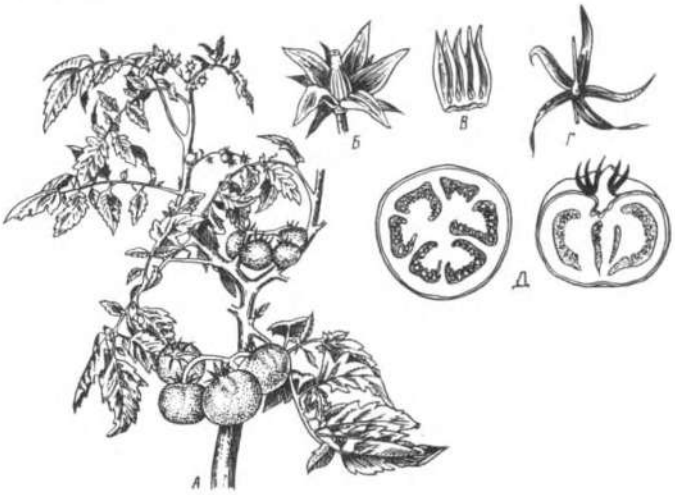


Рис. 44.2. Томат (Lycopersicum esculentum):
А – репродуктивный побег; Б – цветок; В – андроцей; Г – цветок без венчика и андроцея; Д – поперечный и продольный разрезы ягодовидного соплодия

4. Андроцей состоит из тычинок в количестве от пяти до десяти, прикрепленных к основанию трубки венчика между его зубцами. Тычиночные нити длиной 1-2 мм, пыльники довольно крупные, прижаты друг к другу так, что образуют трубку. Гинецей синкарпный, образован плодолистиками в количестве от двух до десяти. Завязь верхняя, двухгнездная или многогнездная, со многими семязачатками; плацентация осевая. Столбик прямой, довольно длинный, в верхней части несколько уплощен. Рыльце слегка двухлопастное. Формула цветка: $*Ca_{(5-10)}Co_{(5-10)}A_{5-10}\ G_{(2-10)}$. При подсчете число членов чашечки, венчика и андроцея оказывается больше пяти, а гинецея – больше двух вследствие фасциации цветков.

5. Плод – мясистая ягода красного или желтого цвета. Если происходит срастание цветков, то образуется ягодовидное

соплодие.

6. В заключение сравнивают признаки представителей двух разных родов: томата и махорки (Nicoiiana rustica) (рис. 44.3).

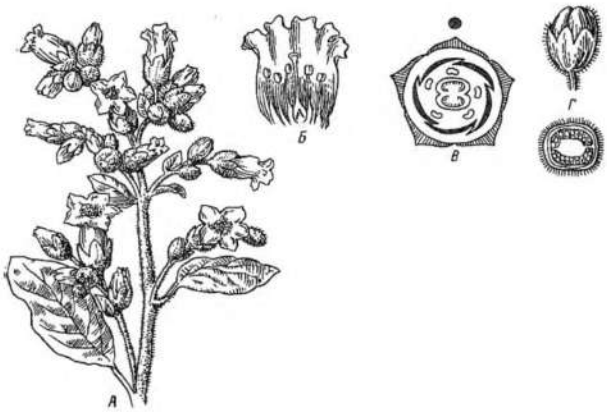


Рис. 44.3. Махорка (Nicotiana rustica):
А – общий вид растения; Б – развернутый венчик с внутренней стороны;
В – диаграмма цветка; Г – общий вид и поперечный разрез плода-коробочки

Оба растения однолетние, травянистые, резко различаются по строению листьев, цветков и плодов.

Томат

1. Листья рассеченные, иногда дважды.
2. Венчик колесовидный, лепестки заостренные.
3. Плод – ягода.

Махорка

1. Листья цельные, яйцевидные, мягкие, железисто-волосистые.
2. Венчик трубчатый, со вздутой верхней частью и нешироким отгибом, с пятью тупыми лопастями.
3. Плод – почти шаровидная двух-гнездная коробочка.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Пасленовые (Solanaceae), какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Пасленовые (Solanaceae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Пасленовые (Solanaceae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Пасленовые (Solanaceae)?

Работа 45. Порядок Яснoткоцветные (Lamiales). Семейство Яснотковые, или Губоцветные (Lamiaceae, Labiatae)

Цель работы: изучить растения семейства Яснотковые, или Губоцветные (Lamiaceae, Labiatae) на примере видов из родов: яснотки (Lamiutn), живучки (Ajuga), бурды (Glechoma), черноголовки (Prunella), чистец (Stachys), мята (Mentha), шалфей (Salvia), пустырник (Leonurus), душица (Origanum), пикульник (Galeopsis), чабрец (Thymus).

Материалы и оборудование: гербарные образцы: яснотки белой (Lamiutn album), живучки ползучей (Ajuga reptans), бурды плющевидной (Glechoma hederacea), черноголовки обыкновенной (Prunella vulgaris), а также видов из родов: чистец (Stachys), мята (Mentha), шалфей (Salvia), пустырник (Leonurus), душица (Origanum), пикульник (Galeopsis), чабрец (Thymus) и др. Фиксированные в спирте цветки этих растений.

Яснoткоцветные очень близки к норичникоцветным. Часто их объединяют в один порядок – Трубкоцветные. Признаки общей организации следующие:

жизненные формы – деревья, реже кустарники, распространенные в тропиках и субтропиках; полукустарники; многолетние и однолетние травы;

листья простые, без прилистников, расположены супротивно или мутовчато;

сосуды с простой перфорацией;

андроцей из четырех или двух (редко пяти или одной) тычинок;

гинецей простой, ценокарпный, из двух плодолистиков, завязь верхняя;

плоды коробочковидные.

В составе порядка четыре семейства, объединяющие около 6,1 тыс. видов (302 рода). Наиболее крупные семейства: Вербеновые (Verbenaceae) и Яснотковые, или Губоцветные (Lamiaceae, Labiatae).

Семейство Вербеновые. Вербеновые в флоре России представлены лишь четырьмя родами (Вербена – Verbena, Прутняк – Vitex и др.) и семью видами. Большинство видов семейства (около 700) произрастает в зонах с тропическим климатом. Среди них особенно большое значение имеет тиковое дерево (Tectona grandis – Индокитай, Индонезия). Его древесина устойчива

к разрушениям морской водой и термитами.

Семейство Яснотковые. Семейство Яснотковые объединяет свыше 200 родов и около 4 тыс. видов травянистых растений, полукустарников и кустарников. Они произрастают почти повсеместно на всех континентах, кроме Антарктиды, но наибольшее видовое разнообразие сосредоточено в засушливых районах Средиземноморья.

Стебель четырехгранный. Листорасположение супротивное; листья простые, без прилистников. Стебель и листья покрыты железистыми волосками или железистыми чешуйками, выделяющими эфирное масло.

Соцветие – различные виды тирса. Цветки зигоморфные, часто двугубые, изредка почти актиноморфные, например у видов рода Мята (Mentha). Чашечка сростнолистная, колокольчатая, трубчатая или двугубая, обычно пятичленная. Венчик всегда пятичленный, в результате срастания лепестков нижняя часть его образует трубку, а верхняя – отгиб. В типичных случаях отгиб двугубый: верхняя губа состоит из двух лепестков, а нижняя – из трех. Реже венчик четырехчленный или одногубый, например у видов родов Дубравник (Teucrium), Живучка (Ajuga). Внутри трубка голая и гладкая или несколько ниже места прикрепления тычинок несет кольцо волосков, преграждающих насекомым доступ к нектару. Наличие или отсутствие этого приспособления (нектаростегия) – важный систематический признак. Андроцей – из четырех обычно двусильных тычинок, прикрепленных к трубке венчика. Однако виды родов Шалфей (Salvia) (рис.), Розмарин (Rosmarinus) и некоторых других имеют только две тычинки. Гинецей всегда состоит из двух сросшихся плодолистиков. Завязь верхняя, четырехгнездная (две перегородки ложные), в каждом гнезде по одному семязачатку. Столбик довольно длинный, заканчивается двухлопастным рыльцем. Плод, называемый ценобием, распадается на четыре равных орешковидных мерикарпия (эремы).

Хотя яснотковые и норичниковые в процессе эволюции развивались как самостоятельные ветви, можно отметить большое сходство их друг с другом. Различают эти семейства по совокупности следующих признаков:

Семейство Яснотковые

1. Стебель всегда четырехгранный.
2. Листорасположение всегда супротивное.

3. Венчик обычно двугубый, редко одногубый или отгиб венчика четырехчленный, как у видов рода Мята.

4. Завязь четырехгнездная, с одним семязачатком в каждом гнезде.

5. Плод дробный, распадающийся на четыре орешковидных мерикарпия.

6. Вегетативные органы богаты эфирными маслами.

Семейство Норичниковые

1. Стебель округлый или округлоребристый до четырехгранного.

2. Листорасположение очередное или супротивное, редко мутовчатое (иногда оба в пределах одного растения).

3. Венчик трубчатый, ширококолокольчатый, колесовидный или двугубый.

4. Завязь двухгнездная, семязачатки многочисленные.

5. Плод – коробочка.

6. Вегетативные органы богаты гликозидами.

Благодаря большому содержанию ароматного эфирного масла Яснотковые находят широкое применение в парфюмерии. Особенно ценны виды родов Розмарин, Лаванда (Lavandula), а также шалфей мускатный (Salvia sclarea). В пищевой промышленности и в медицине используют мяту перечную (Mentha piperita) и виды родов Шалфей (Salvia), Базилик (Ocimum), Пустырник (Leonurus), Чабрец (Thymus). Некоторые виды разводят как декоративные – это шалфей блестящий (Salvia splendens), произрастающий в Южной Америке, иссоп лекарственный (Hyssopus officinalis), распространенный в Средиземноморье. К сорнякам относят: яснотку белую, или глухую крапиву (Lamium album), чистец болотный

(Stachys palustris), пикульник обыкновенный (Galeopsis tetrahit) и др.

Задания

1. Выбрать из имеющегося материала три-четыре растения, различающихся строением соцветий и цветков, внимательно изучить их и сделать описание, руководствуясь общей схемой.

2. Зарисовать лист, форму стебля на поперечном разрезе, общий вид цветка, чашечку, венчик, андроцей, гинецей, плод рассмотренных видов.

3. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. С Яснотковыми знакомятся на примере обычной для средней полосы яснотки белой (Lamium album) (рис. 45.1). Она часто растет как сорное растение на полях, в огородах и садах. Растение травянистое, многолетнее, высотой 30-140 см. Корневая система состоит из придаточных корней, образующихся на горизонтальном корневище. Стебель четырехгранный, прямостоячий, маловетвистый, в междоузлиях полый. Листорасположение супротивное. Листья без прилистников; нижние – длинночерешковые, верхние – почти сидячие или короткочерешковые; все простые, яйцевидные, сверху мягковолосистые, снизу почти голые, морщинистые. Край листа пильчатый.

2. Цветки многочисленные, соцветие – колосовидный тирс. Прицветники в шесть-восемь раз короче чашечки, по краю реснитчатые. Чашечка длиной 1-1,5 см, колокольчатая, покрытая волосками, иногда почти мохнатая, в два раза короче венчика, пятизубчатая. Зубцы ланцетные, на верхушке острые, чуть длиннее трубочки, при плодах оттопыренные. Два боковых зубца несколько длиннее остальных. Венчик белый или грязно-белый, длиной 2-2,5 см, явно двугубый, снаружи опушенный. Трубка прямая, длиной 1-1,5 см, с волосистым кольцом в зеве. Верхняя губа шлемовидная, цельная, на верхушке тупая, по краю реснитчатая, почти равна нижней. Нижняя губа трехлопастная, средняя лопасть выемчатая, внизу суженная в короткий ноготок, а боковые лопасти недоразвиты, шиловидные.

3. Андроцей двусильный, спрятан под верхней губой. Тычинок четыре: две длинные, две короткие; они железисто-волосистые; пыльники черно-фиолетовые. Гинецей состоит из двух сросшихся плодолистиков. Столбик длинный, с двулопастным рыльцем, изогнут и расположен под верхней губой. Завязь верхняя, четырехгнездная, снаружи четырехлопастная, в каждом гнезде по одному семязачатку. Основание завязи окружено нектарием в виде валика. Формула цветка $\uparrow Ca_{(5)}Co_{(2+3)}A_{2+2}G_{(2)}$.

4. Плод заключен в чашечке. Распадается на четыре удлиненно-яйцевидных, почти трехгранных орешковидных мерикарпия.

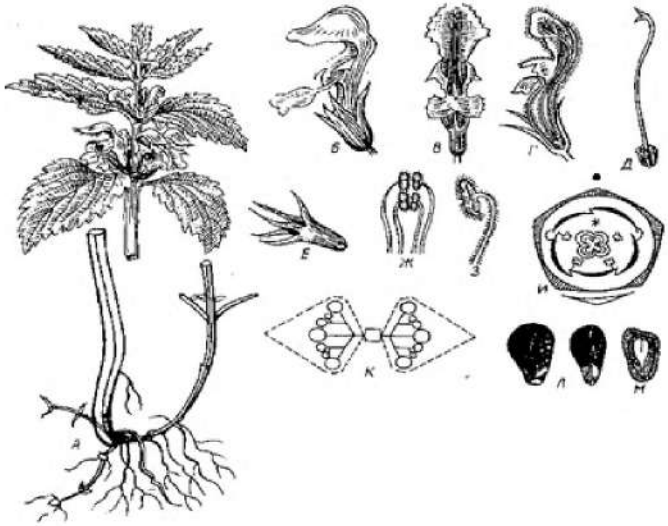


Рис. 45.1. Яснотка белая (Lamium album):
А – общий вид; Б, В – общий вид цветка; Г – продольный разрез цветка;
Д – гинецей; Е – чашечка; Ж – андроцей; З – тычинка; И – диаграмма цветка;
К – схема боковых соцветий; Л, М – общий вид и продольный разрез эрема

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Яснотковые или Губоцветные (Lamiaceae, Labiatae), какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Яснотковые, или Губоцветные (Lamiaceae, Labiatae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Яснотковые, или Губоцветные (Lamiaceae, Labiatae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Яснотковые или Губоцветные (Lamiaceae, Labiatae)?

Работа 46. Порядок Марецветные (Chenopodiales). Семейство Маревые, или Лебедовые (Chenopodiaceae)

Цель работы: изучить растения семейства Маревые, или Лебедовые (Chenopodiaceae) на примере видов из родов: Мари (Chenopodium), Лебеды, Солянки (Salsola).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы: мари белой (Chenopodium album), лебеды лоснящейся (Atriplex nitens), лебеды садовой (A. hortensis), солянки содоносной (Salsola soda); фиксированные в спирте цветки, а также плоды этих растений.

Представители порядка Марецветные – преимущественно травянистые растения, но есть и деревья. Они широко распространены, особенно – в субтропических странах с сухим климатом и засоленными почвами. Листья очередные или супротивные, чаще без прилистников. Цветки мелкие, невзрачные. Околоцветник простой, число свободных или сросшихся долей от пяти до одной. Иногда цветки голые. Андроцей из пяти тычинок, иногда их меньше. Гинецей многочленный, ценокарпный, из 2-3, реже 4-5 плодолистиков или апокарпный.

В состав порядка входит несколько семейств. Наиболее значительное из них – маревые, или лебедовые (Chenopodiaceae) – объединяющее около 1,5 тыс. видов, 100 родов, и щирицевые (Amaranthaceae) – около 900 видов.

Семейство Маревые во флоре бывшего СССР представлено около 350 видами (50 родов). Жизненные формы разнообразны: от многолетних, двулетних, однолетних трав до кустарников и деревьев (виды рода саксаул – Haloxylon). Широко представлены суккуленты с членистыми стеблями и редуцированными листьями.

Вегетативные органы отличаются большой изменчивостью, нередко даже в пределах одного растения. Особенно это относится к листьям. Они бывают копьевидные, стреловидные, ромбовидные с длинными черешками или от овальных до яйцевидных с явно более короткими черешками.

Цветки у многих видов очень мелкие, расположены по одному в пазухах прицветничков, образуя колосовидные соцветия, но чаще они собраны в тирс, боковые соцветия которого – клубочки. Цветки однополые или обоеполые, часто имеют по два

прицветничка, одночленные, четырехчленные, но чаще пятичленные. Околоцветник простой чашечковидный, иногда более или менее сочный или пленчатый, свободный или сросшийся почти до верхушки, при плодах нередко видоизменен в разнообразные придатки в виде крыловидных выростов, крючков и прочее, служащих для распространения.

Нередко на одном экземпляре растения можно наблюдать цветки трехчленные и пятичленные, однополые и обоеполые (полигамия), с околоцветником и голые (виды родов: Марь – Chenopodium, Лебеда – Atriplex). Семена с твердой спермодермой, имеющей разнообразные скульптурные утолщения, постоянные для вида, а потому важные для определения, или же с пленчатой спермодермой без специфических утолщений. Плод односемянный – орешек или семянка, встречается гетерокарпия. Из клубочков иногда образуются соплодия (виды рода Свекла – Beta).

Многие представители семейства из родов: Солянка (Salsola), Солерос (Salicornia), Сарсазан (Halocnemum), Анабазис (Anabasis) и Саксаул доминируют на солонцах и солончаках. Некоторые роды содержат виды важнейшего экономического значения. Например, свеклу обыкновенную (Beta vulgaris) широко возделывают как овощное и кормовое растение, но особенно ценна она как техническое сырье для сахарной промышленности. Саксаул черный (Haloxylon aphyllum) и Саксаул белый (H. persicum) – закрепители песков, а также топливо в безлесных районах Средней Азии. Некоторые виды общеизвестны как сорняки: марь белая (Chenopodium album), марь стенная (Ch. murale), лебеда садовая (Atriplex hortensis) и др.

Задания

1. Изучить виды из родов Марь и Лебеда. Составить их описание, руководствуясь общей схемой.

2. Зарисовать поперечное сечение стебля, лист и покрывающие его волоски, соцветие, цветок, андроцей, гинецей, плод, семя рассмотренных растений.

3. Сопоставить представителей обоих родов и выявить у них общие и отличительные признаки.

4. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. Марь белая (Chenopodium album) (рис. 46.1) – одно из наиболее широко распространенных растений (космополит). Она встречается почти повсеместно как сорняк на полях, а также на сорных местах.

Растение травянистое, однолетнее. Стебель пятигранный. Срединные листья очередные, ромбовидные, неправильно зубчатые, длинночерешковые. Стебли и листья с мучнистым налетом. При помощи стереоскопического микроскопа рассматривают поверхность и край листа. Он покрыт пузыревидными волосками, которые и создают впечатление мучнистого налета.

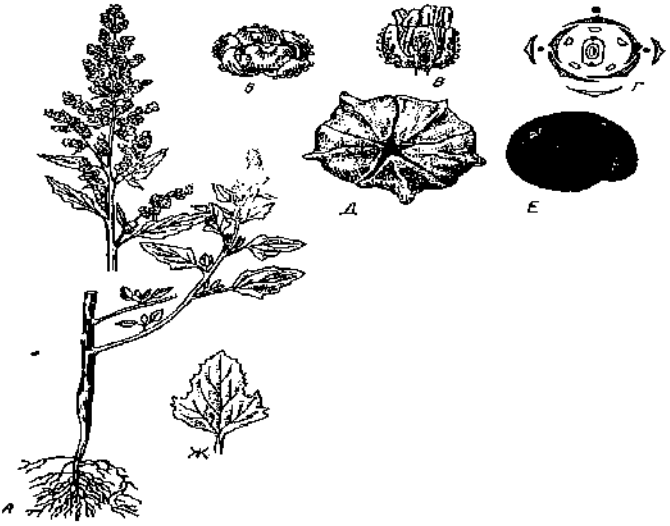


Рис. 46.1. Марь белая (Chenopodium album):
А – общий вид; Б – цветок обоеполый; В – цветок тычиночный; Г– диаграмма обоеполого цветка; Д – плод в околоцветнике; Е – семя; Ж – лист срединной формации

2. Цветки в клубочках, расположенных в пазухах листьев и собранных в тирс. Рассматривают один клубочек при помощи стереоскопического микроскопа и убеждаются в том, что он состоит из очень мелких цветков. Околоцветник простой чашечковидный, из пяти килеватых листочков, по краям пленчатых. Доли околоцветника в основании сросшиеся. По килю расположены пузыре-

видные волоски. Андроцей – из пяти тычинок, супротивных долям околоцветника. Гинецей – из двух плодолистиков, паракарпный. Завязь верхняя. Формула цветка: $P_{(5)}\ A_5G_{(2)}$. Среди обоеполых цветков иногда можно встретить и однополые.

3. Рассматривают плод – семянку. Околоцветник остается при плоде, и его листочки загибаются внутрь, закрывая плод. Препаровальной иглой снимают пленчатый околоплодник и вынимают семя. Оно имеет твердую, почти черную блестящую спермодерму с рисунком.

4. Лебеда лоснящаяся (Atriplex nitens) (рис. 46.2) – также довольно обычное, легко добываемое травянистое однолетнее растение. Нижние побеги и листья на них супротивные. Листья копьевидные, выемчато-зубчатые, с мучнистым налетом. Соцветие агрегатное. Цветки собраны в рыхлые колосья, образующие метелку. По внешнему виду лебеда лоснящаяся настолько похожа на марь белую, что их трудно бывает различить. Однако цветки у лебеды раздельнополые. Тычиночный имеет простой околоцветник из пяти листочков и андроцей из пяти тычинок.

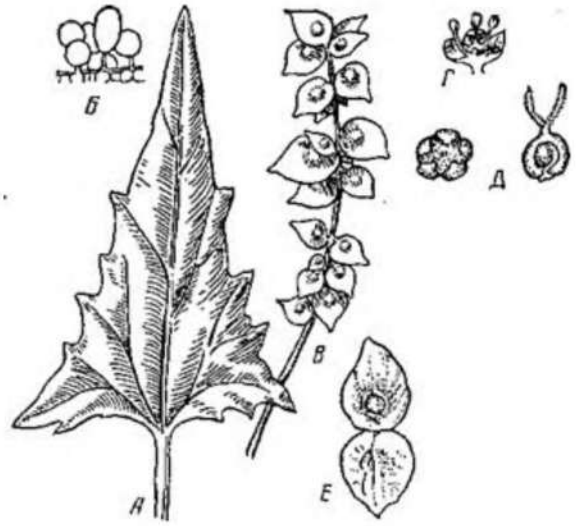


Рис. 46.2. Лебеда лоснящаяся (Atriplex nitens):
А – лист срединной формации; Б – пузыревидные волоски на эпидерме листа; В – репродуктивный побег; Г – продольный разрез тычиночного цветка; Д – пестичные цветки (с околоцветником и голый); Е – плод с прицветничками

Пестичный чаще голый, с двумя прицветничками, сросшимися в основании. Гинецей ценокарпный, из двух плодолистиков. Формулы цветков: ♂*$P_{(5)}A_5G_0$; ♀*$P_0A_0G_{(2)}$.

Среди голых пестичных цветков можно встретить и с околоцветником, но тогда без прицветничков.

5. Прицветнички при плодах округло-овальные, цельнокрайние, сидячие, голые, со временем пурпурно-красные, значительно превышают плоды. Плоды и семена двоякие: в цветках без околоцветника, крупные, диаметром 3-4 мм, в цветках с околоцветником мелкие, диаметром 1-1,5 мм.

В заключение составляют таблицу по основным отличительным признакам репродуктивных органов обоих видов:

Марь белая

1. Цветки обоеполые, иногда с примесью раздельнополых, всегда без прицветничков.

2. Соцветие – тирс (клубочки собраны в метелку).

3. Плоды одного размера.

4. Семена с твердой спермодермой, имеющей рисунок.

Лебеда лоснящаяся

1. Цветки раздельнополые, пестичные, чаще без околоцветника и с прицветничками.

2. Соцветие агрегатное (безлистные колосья, собранные в метелку).

3. Плоды разного размера (гетерокарпия).

4. Семена с пленчатой спермодермой, без рисунка.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Маревые, или Лебедовые (Chenopodiaceae), какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Маревые, или Лебедовые (Chenopodiaceae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Маревые, или Лебедовые (Chenopodiaceae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Маревые, или Лебедовые (Chenopodiaceae)?

Работа 47. Порядок Макоцветные (Rhoeadales). Семейство Капустные, или Крестоцветные (Brassicaceae, Cruciferae)

Цель работы: изучить растения семейства Капустные, или Крестоцветные (Brassicaceae, Cruciferae) на примере видов из родов: Капусты (Brassica), Редьки (Raphanus), Рыжика (Camelina), Сурепицы (Barbarea), Мака (Papaver), Чистотела (Chelidonium), Дымянки (Fumaria), Хохлатки (Corydalis) Желтофиоли (Cheiranthus), Сумочника (Capsella), Брюквы (Brassica), Лунника (Lunaria), Катрана (Crambe).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы капусты огородной (Brassica oleracea), редьки дикой (Raphanus raphanisirum) или редьки посевной (R. sativus), рыжика ярового (Camelina glabrata) или сурепицы обыкновенной (Barbarea vulgaris) из семейства Капустные (Brassicaceae); мака снотворного (Papaver somniferum), мака самосейки (P. rhoeas) и чистотела большого (Chelidonium majus) из семейства Маковые (Papaveraceae) или дымянки аптечной (Fumaria officinalis) и хохлатки плотной (Corydalis solida) из семейства Дымянковые (Fumariaceae). Фиксированные в спирте цветки и плоды этих растений, а также плоды желтофиоли (Cheiranthus cheiri), сумочника пастушьего (Capsella bursa-pastoris), брюквы (Brassica napus) или горчицы черной (B. nigra), лунника многолетнего (Lunaria rediviva), катрана морского (Crambe maritima) или катрана шершавого (C. aspera).

Порядок Макоцветные объединяют 6-7 семейств, представители которых в основном произрастают во внетропических зонах: семейство Капустные, или Крестоцветные (Brassicaceae, Cruciferae), включающее 350 родов, 3 тыс. видов, представленных обычно травами, изредка полукустарниками; семейство Маковые (Papaveraceae) – 30 родов, около 800 видов – травы, изредка кустарники и даже деревья; семейство Дымянковые (Fumariaceae) – 19 родов, около 425 видов – травы, иногда лианы; семейство Каперсовые (Capparidaceae) – 450 видов – травы и кустарники; семейство Резедовые (Resedaceae) – 60 видов – травы и кустарники. Только в тропических странах растут немногие виды семейств: Товариевые (Tovariaceae) и Моринговые (Moringaceae), представленные деревьями. Из них Хренное дерево (Moringa oleifera) возделывают для получения масла из семян и камеди.

Цветки актиноморфные, обычно обоеполые, с двойным околоцветником. Листочки околоцветника свободные в двухчленных, четырехчленных или пятичленных мутовках. Тычинок столько же,

сколько лепестков, или больше и неопределенное число. Гинецей паракарпный из двух или нескольких плодолистиков. Завязь одногнездная или многогнездная, чаще верхняя. Представители многих родов, особенно семейства Маковые, имеют млечники.

У некоторых семейств Макоцветных прослеживаются родственные связи с магнолиевидными (например, маковые с барбарисовыми). Этого нельзя сказать в отношении семейства Капустные и близких к нему семейств Резедовые и Каперсовые.

Семейство Капустные довольно полиморфное и вместе с тем наиболее естественное. Представители семейства распространены в странах с умеренным и холодным климатом Северного полушария. Роды связаны между собой настолько тесно, что зачастую между ними нет четких и надежных морфологических границ.

Особенно большое однообразие наблюдается в строении цветков, не имеющих прицветников и прицветничков и собранных в метелки или кисти. Чашечка свободная, из четырех чашелистиков, расположенных в двух двучленных кругах. Венчик также из четырех свободных лепестков, но расположенных в одном круге. Андроцей из шести тычинок в двух кругах: четыре – во внутреннем и две, более короткие – во внешнем, т. е. четырехсильный. Гинецей паракарпный, он всегда состоит из двух плодолистиков. У мест срастания плодолистиков образуются плаценты. На каждой из плацент вырастает по два семязачатка с двумя покровами, кампилотропные. Смежные ряды семязачатков, однако, разобщены ложной перегородкой, отходящей от середины плаценты, поэтому завязь имеет два ложных гнезда. Завязь верхняя. Столбик увенчан двухлопастным, иногда головчатым рыльцем, лопасти расположены комиссурально, т. е. по швам пестика.

Плод – стручок, иногда укороченный (стручочек). Раскрывается двумя створками, отделяющимися от ложной перегородки снизу вверх. У некоторых капустных (виды родов: Настурция – Nasturtium, Тетропома – Tetropoma) плод имеет не две, а четыре створки. Следовательно, можно предположить, что пестик состоит не из двух, а из четырех плодолистиков. В таком случае у большинства Крестоцветных два плодолистика образуют перегородку. Эта гипотеза подтверждается числом и способом расположения проводящих пучков. Иногда плоды нераскрывающиеся: односемянные (виды рода Катран – Crambe); многосемянные (редька посевная – Raphanus sativus); членистые (редька дикая –

R. raphanistrum). Бывают крылатые стручочки (виды родов: Ярутка – Thlaspi, Клоповник – Lepidium). Для определения видов важно учитывать не только структуру плодов, но и их расположение по отношению к оси соцветия. Семена без эндосперма и перисперма.

Капустные – энтомофильные растения. Однако нередко наблюдают и самоопыление, например, клейстогамия известна у шильника водяного (Subularia aquatica) и др.

Многие виды широко возделывают как овощные культуры: капусту огородную (Brassica oleracea), брюкву, рапс (Brassica napus), репу, турнепс (B. rapa), редьку посевную (Raphanus sativus), кресс-салат (Lepidium sativum) и др. Как масличные возделывают горчицу черную (Brassica nigra), горчицу сарептскую (Sinapis juncea), горчицу белую (S. alba), рыжик посевной (Camelina sativa) и др. Используют также некоторые капустные, произрастающие в естественных зарослях: хрен обыкновенный (Armoracia rusticana), катран кочи (Crambe kotschyana). В корнях последнего много крахмала. Другие виды семейства издавна выращивают как декоративные: вечерницу, или ночную фиалку (Hesperis matronalis), желтофиоль садовый (Cheiranthus cheiri), левкои (Matthiola annua, M. incana) и др. Многие представители родов: ярутка (Thlaspi), гулявник (Sisymbrium), сурепица (Barbarea), сумочник (Capsella) и других – известны как широко распространенные сорняки.

Задания

1. Изучить строение редьки посевной и сделать ее описание.

2. Зарисовать ее лист, цветок, чашелистик, лепесток, андроцей, гинецей, плод.

3. Определить описанное растение.

4. Сравнить строение плодов редьки посевной и редьки дикой, а также плодов видов других родов.

5. Установить сходство и различие в строении цветков и плодов редьки посевной (или любого другого вида капустных) с цветками и плодами маковых – мака снотворного или мака – самосейки.

Порядок работы

1. Редька посевная (Raphanus sativus) (рис. 47.1) – одно из наиболее широко известных растений. Ее издавна возделывают

как овощную культуру, встречают почти повсеместно и в одичавшем виде, преимущественно на сорных местах.

2. В пределах вида различают два подвида.

Редька (R. sativus subsp. niger) – двулетнее растение, корень крупный, длиной до 25 см, сильно утолщенный, черный или белый, изредка красный.

Редис (R. sativus subsp. radicula) – однолетнее растение, корень не превышает в длину 3-15 см, белый, красный, фиолетовый, изредка желтый.

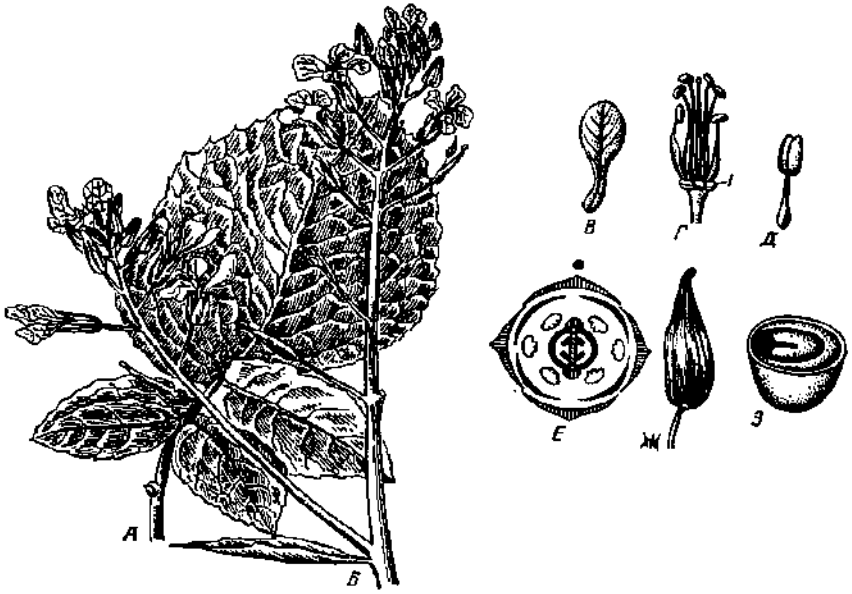


Рис. 47.1. Редька посевная (Raphanus salivas):
А – лист низовой формации; Б – репродуктивный побег; В – лепесток; Г – цветок без околоцветника; Д – тычинка; Е – диаграмма цветка; Ж – плод; З – поперечный разрез семени; 1 – нектарий

3. Рассматривают гербарные образцы, собранные в различные фазы роста: розетки, цветения, плодоношения. У растений, которые образовали цветоносный побег и приступили к цветению и плодоношению, стебель ветвистый, прямостоячий, высотой 40-60 см.

Прикорневые листья черешковые, лировидноперисторассе-

ченные, с крупной верхней долей и двумя-шестью парами боковых. Иногда листья лишь более или менее лопастные или даже почти цельные, неравнозубчатые. Срединные листья большей частью очередные, почти сидячие, цельные, удлиненно-овальные, неравнозубчатые, с одной–двумя парами боковых лопастей.

4. Соцветие – рыхлая кисть. Цветок имеет белые, розовые или фиолетовые лепестки длиной 1,5-1,6 см, обратнояйцевидные, с хорошо выраженным ноготком. Чашелистики прямые, продолговатые, на верхушке тупые. Андроцей из шести тычинок, четырехсильный: две тычинки наружного круга короткие, четыре внутреннего круга – длинные, соединены парами. Нектарии хорошо сформированы лишь на внутренней стороне коротких тычинок. Завязь на очень коротком гинофоре (плодоножке), столбик очень короткий (редуцирован), рыльце головчатое, очень, слабо двухлопастное. Формула цветка $*Ca_{2+2}Co_4A_{2+4}G_{(2)}$.

5. Плод – нераскрывающийся стручок, вздутый, широкий, голый или покрытый волосками; носик слабо выражен, шиловидно-конический. Семя яйцевидно-округлое, зародышевый корешок помещается в желобке между двумя семядолями.

6. Поскольку одним из важнейших признаков для определения родов Капустных служит структура плодов, сравнивают плоды наиболее широко известных и легко добываемых растений, например: редьки дикой, желтофиоля садового, сумочника пастушьего (Capsella bursa-pastoris), капусты огородной, брюквы или горчицы черной, лунника многолетнего (Lunaria rediviva), катрана морского (Crambe maritima) или катрана шершавого (C. aspera) и др. (рис. 47.2).

Наконец, сопоставляют главнейшие признаки строения цветков, плодов и вегетативных органов Капустных на примере редьки посевной и Маковых на примере мака самосейки (Papaver rhoeas) (рис. 47.3).

7. Признаки строения, общие для редьки посевной и мака самосейки: травянистые растения с очередными листьями; цветки обоеполые, актиноморфные, с двойным околоцветником, раздельно-лепестные; гинецей паракарпный, завязь верхняя, плацентация париетальная (постенная); лопасти рыльца расположены по спайкам долей пестика (комиссуральные).

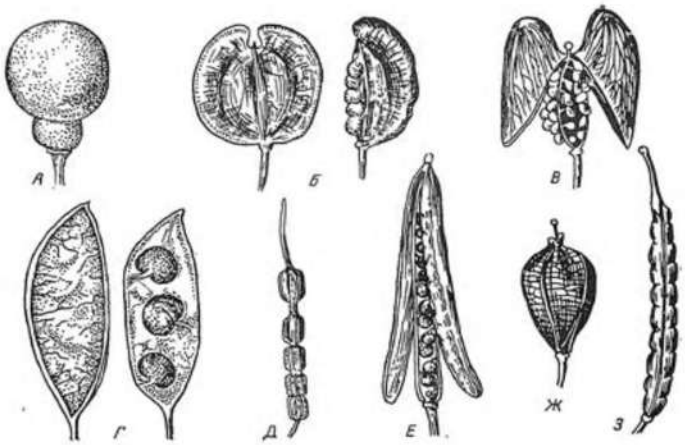


Рис. 47.2. Плоды капустных (сем. Brassicaceae):
А – катран морской (Crambe maritima); Б – ярутка полевая (Thlaspi arvense); В – сумочник пастуший (Capsella bursa-pastoris); Г– лунник многолетний (Lunaria rediviva); Д – редька дикая (Raphanus raphanistrum); Е – желтофиоль садовый (Cheiranthus cheiri); Ж – рыжик посевной (Camelina sativa); З – брюква (Brassica napus)

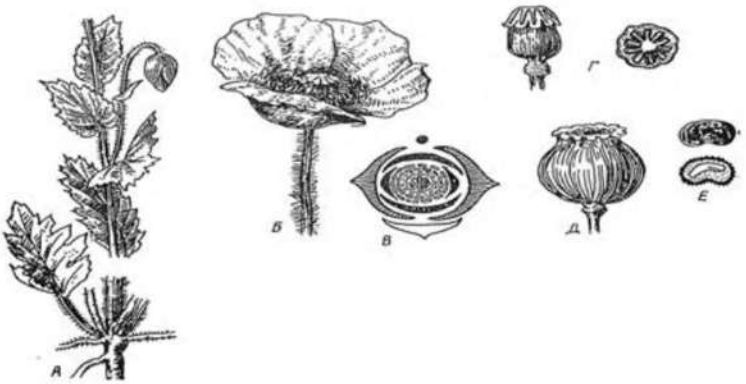


Рис. 47.3. Мак самосейка (Papaver rhoeas):
А – общий вид; Б – цветок; В – диаграмма цветка; Г – общий вид и поперечный разрез гинецея; Д – плод – коробочка; Е – общий вид и продольный разрез семени

Отличительные признаки редьки посевной и мака самосейки

8. Редька посевная

1) Растения без млечного сока, имеются клетки, содержащие

мирозии.

2) Цветки небольшие, в безлистных кистях.

3) Чашелистиков четыре в двух кругах, по два в каждом, они сохраняются, но крайней мере, в период цветения.

4) Андродей из шести тычинок в двух кругах (две короткие снаружи и четыре длинные внутри).

5) Пестик из двух плодолистиков.

6) Завязь вследствие образования ложной перегородки двухгнездная.

7) Плод – стручок (у рассматриваемого вида нераскрывающийся).

8) Семена без эндосперма.

Мак самосейка

1) Растения с млечным соком.

2) Цветки крупные, одиночные.

3) Чашелистиков два в одном круге, они опадают при раскрывании цветков.

4) Андроцей из неопределенного и большого числа тычинок, расположенных несколькими кругами.

5) Пестик из 14-16 плодолистиков. У некоторых родов, например у чистотела (Chelidonium), мачка (Glaucium) и других, плодолистиков два.

6) Завязь одногнездная.

7) Плод – коробочка (раскрывающаяся).

8) Семена с эндоспермом, содержащим масла.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Капустные, или Крестоцветные (Brassicaceae, Cruciferae), какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Капустные, или Крестоцветные (Brassicaceae, Cruciferae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Капустные, или Крестоцветные (Brassicaceae, Cruciferae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Капустные, или Крестоцветные (Brassicaceae, Cruciferae)?

Работа 48. Порядок Астроцветные (Asterales). Семейство Астровые или Сложноцветные (Asteraceae, Compositae)

Цель работы: изучить растения семейства Астровые или Сложноцветные (Asteraceae, Compositae) на примере видов из родов: Подсолнечника (Helianthus), Астры (Aster), Одуванчика (Taraxacum), Нивяника (Leucanthemum), Пижмы (Tanacetum), Осота (Sonchus), Бодяка (Cirsium), Тысячелистника (Achillea); Ромашки (Matricaria), Крестовника (Senecio), Василька (Centaurea), Скерды (Crepis), Ястребинки (Hieracium).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы: подсолнечника однолетнего (Helianthus annuus) или топинамбура (H. tuberosus) или астры (Aster amellus), одуванчика лекарственного (Taraxacum officinale), нивяника обыкновенного (Leucanthemum vulgare), пижмы обыкновенной (Tanacetum vulgare), осота полевого (Sonchus arvensis), бодяка полевого (Cirsium arvense), тысячелистника обыкновенного (Achillea millefolium); видов родов: Ромашка (Matricaria), Крестовник (Senecio), Василек (Centaurea), Скерда (Crepis), Ястребинка (Hieracium) и др. Фиксированные в спирте цветки этих растений.

Астроцветные – монотипный порядок. В его составе лишь одно семейство – астровые, или сложноцветные (Asteraceae, Compositae). Это одна из наиболее высокоорганизованных и наиболее широко распространенных групп покрытосеменных растений. Число видов весьма неопределенно: 18-20 или даже 25 тыс. (по Смоллу), 1 тыс. родов. В растительном покрове они составляют примерно десятую часть всех покрытосеменных.

Многие роды чрезвычайно полиморфны, так как явно находятся в процессе интенсивного формообразования. Их характеризуют высокая пластичность в экологическом отношении (многие виды являются космополитами), большая энергия как семенного, так и вегетативного размножения. Значительная часть видов выступает в качестве основных компонентов растительного покрова. Большое число астровых – хозяйственно ценные растения. Так, салат латук (Lactuca sativa) – важная овощная культура, подсолнечник однолетний (Helianthus annuus) – масличная, эстрагон (Artemisia dracunculus) – пряная. Виды родов Сушеница (Gnaphalium), Пижма (Tanacetum), Цикорий (Cichorium) и других используют в фармакологии; виды рода Пиретрум (Pyrethrum) и др. – для инсектицидных препаратов; виды родов Астра (Aster), Георгин (Dahlia), Хризантема (Chrysanthemum) представляют

интерес как декоративные культуры; виды рода Одуванчик (Taraxacum) – как каучуконосы.

Многие представители семейства являются злостными, трудно искореняемыми сорняками полей. К ним относятся виды родов: Осот (Sonchus), Бодяк (Cirsium), Василек (Centaurea) и др.

Астровые – в основном травянистые растения, реже полукустарники, в горах тропической зоны и на океанических островах встречаются также кустарники и деревья. Листья простые, без прилистников, цельные или расчлененные. Листорасположение очередное, реже супротивное или мутовчатое.

Характерный признак семейства – соцветие корзинка, которое на первый взгляд можно принять за цветок. В некоторых случаях корзинки, если они малы, собраны в щиток или метелку (агрегатное соцветие). Корзинки окружены листочками, в совокупности называемые обверткой. Расположение листочков обвертки по отношению друг к другу, а также их форма и окраска важные признаки для определения. Ложе корзинки может быть вогнутым, плоским или выпуклым, гладким или выемчатым, покрытым щетинками или волосками, внутри выполненным или полым (рис. 48.1). Все это также учитывают при определении.

Цветки очень разнообразные: то довольно крупные и ярко окрашенные, то мелкие, невзрачные. Наиболее типичные цветки четырехциклические, причем околоцветник и андроцей пятичленные, а гинецей образован двумя плодолистиками. Чашечка сростнолистная, прирастает к завязи, свободная часть редуцирована или сохраняется в виде пяти зубцов (редко), прицепок, волосков (хохолок, паппус). Венчик сростнолепестной, актиноморфный или зигоморфный.

Андроцей состоит из пяти тычинок со свободными тычиночными нитями и слипшимися в трубку пыльниками – такое строение характерно только для астровых. Некоторые представители семейства Ворсянковые (Dipsacaceae) тоже имеют соцветие корзинку, но их легко отличить от астровых по неслипшимся пыльникам.

Гинецей паракарпный. Завязь нижняя, одногнездная. Длинный столбик находится внутри тычиночной трубки, над которой возвышается обычно двухлопастное рыльце. Плод – семянка, нередко снабженная летучкой (рис. 48.2). Семя без эндосперма, часто слипается с околоплодником.

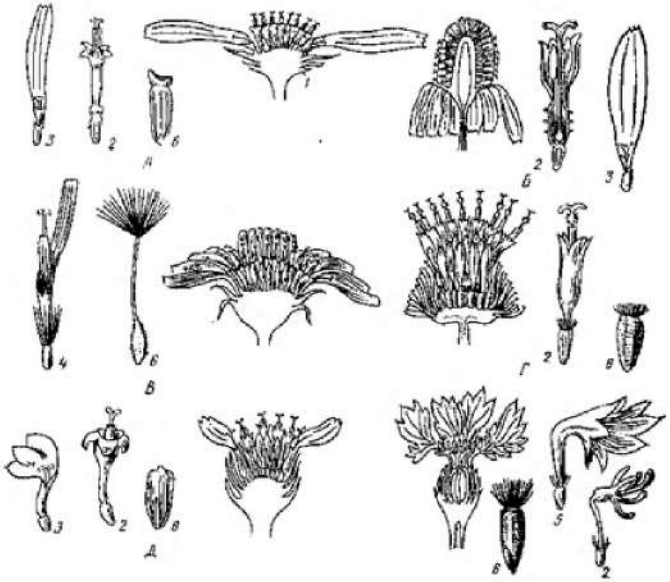


Рис. 48.1. Соцветия и типы цветков астровых (сем. Asteraceae):
А – нивяник обыкновенный (Leucanthemum vulgare); В – ромашка лекарственная (Matricaria recutita); В – одуванчик лекарственный (Taraxacum officinale); Г – лопух большой (Arctium lappa); Д – тысячелистник обыкновенный (Achillea millefolium); Е – василек синий (Centaurea cyanus); 1 – обвертка, 2 – трубчатый цветок, 3 – ложноязычковый цветок, 4 – язычковый цветок, 5 – воронковидный цветок, 5 – плод – семянка

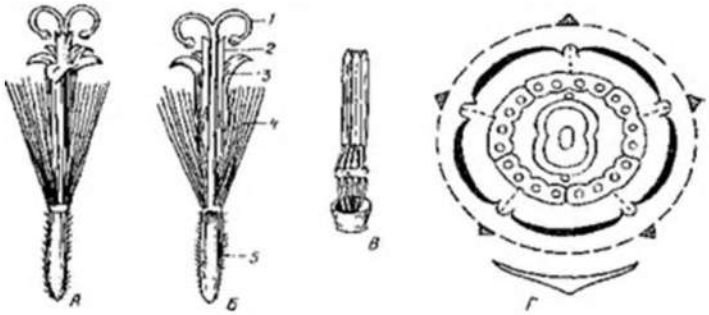


Рис. 48.2. Трубчатый цветок астровых (сем. Asteraceae):
А – общий вид; Б – продольный разрез; В – андроцей; Г – диаграмма цветка; 1 – рыльце; 2 – андроцей; 3 – венчик; 4 – хохолок; 5 – завязь

По строению венчика различают следующие основные типы цветков: трубчатый, язычковый, ложноязычковый, воронковидный (рис. 48.1). У южноамериканских видов известен еще один тип цветка – с двугубым околоцветником. С ним, по-видимому, генетически связаны ложноязычковые цветки.

Трубчатый цветок обычно принимают за исходный тип. Лепестки венчика у него срастаются в трубку, в верхней части трубка расширяется и переходит в пятизубчатый отгиб из свободных верхушек лепестков. Цветок актиноморфный, обоеполый (срединные цветки корзинки у видов родов: Подсолнечник (Helianthus), Ромашка (Matricaria), иногда однополый (пестичные и тычиночные цветки у кошачьей лапки двудомной – Antennaria dioica). Формула цветка: $*Ca_{(5)\text{-}par\text{-}0}\ Co_{(5)}A_{(5)}G_{(2)}$.

Язычковый цветок – явно производный от трубчатого. В нижней части венчика у него также есть трубка, только очень короткая. Выше образуется пластинчатый отгиб (язычок), заканчивающийся пятью зубчиками. Цветок зигоморфный, обоеполый, встречается у видов родов одуванчик, цикорий.

Формула цветка: $\uparrow Ca_{(5)\text{-}par\text{-}0}\ Co_{(5)}A_{(5)}G_{(2)}$.

Ложноязычковый цветок, очевидно, произошел от двугубого, венчик имеет только одну губу – нижнюю. Ложный язычок образован лишь тремя лепестками, на что указывают три зубчика на верхушке язычка. Цветок зигоморфный, часто пестичный, например краевые цветки корзинки у видов родов Подсолнечник и Ромашка. Формула цветка: $\uparrow Ca_{(5)\text{-}par\text{-}0}Co_{(3)}A_0G_{(2)}$.

Воронковидный цветок очень напоминает трубчатый. Основное отличие – воронковидное расширение венчика в верхней части трубки. Число зубцов – более пяти вследствие расщепления свободных окончаний лепестков. Цветок бесполый – без тычинок и пестика. Такие цветки расположены только по периферии корзинки, например у видов рода Василек.

Формула цветка: $\uparrow Ca_{(5)\text{-}par\text{-}0}\ Co_{(5-7)}\ A_0G_0$.

Мелкие цветки, собранные в компактные соцветия – корзинки, более заметны для насекомых-опылителей. Корзинка может состоять только из трубчатых цветков или только из язычковых. Часто в центральной части корзинки расположены трубчатые цветки, а по периферии – ложноязычковые или воронковидные. Крупные краевые цветки бывают иначе окрашенные, чем мелкие срединные, что является, по-видимому, хорошим ориентиром для

насекомых.

Распределение полов в соцветиях очень разнообразно. Корзинка может состоять только из обоеполых цветков (виды родов: Одуванчик, Пижма), обоеполых и однополых или бесполых (роды: Подсолнечник, Василек), однополых, собранных в одной корзинке (виды рода Мать-и-мачеха – Tussilago) или в разных. В последнем случае бывают как однодомные растения (виды рода Дурнишник – Xanthium), так и двудомные (виды рода Кошачья лапка – Antennaria).

Перечисленные особенности строения цветков и их распределение в соцветии имеют решающее значение для определения родов. При определении же видов в пределах рода на первое место выступают особенности строения вегетативных органов.

Семейство подразделяют на два подсемейства: трубчатые (Tubiflorae), у которых все цветки в корзинке трубчатые или краевые цветки ложноязычковые или воронковидные, и язычковые (Liguliflorae), у которых все цветки в корзинке язычковые.

Задания

1. Изучить строение представителей семейства Астровые, у которых соцветие состоит из цветков: язычковых (виды родов: Одуванчик, Осот, Скерда, Ястребинка), трубчатых (виды родов: Пижма, Бодяк), трубчатых и ложноязычковых (виды родов: Подсолнечник, Астра, Нивяник, Ромашка, Крестовник, Тысячелистник), трубчатых и воронковидных (виды рода Василек). Составить их описание, руководствуясь общей схемой.

2. Зарисовать для каждого изученного вида: лист; общий вид корзинки; ее ложе, удалив предварительно с него все цветки; несколько листочков обвертки, взятых из внутренней, средней и наружной частей; все типы цветков; плод.

3. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. В качестве примера рассматривают повсеместно встречающееся сорное растение осот полевой (Sonchus arvensis) (рис. 48.3).

Растение травянистое, многолетнее, высотой 60-150 см. Под землей находится длинное шнуровидное корневище с придаточными почками и придаточными корнями. Стебель ветвится лишь в

верхней части, прямостоячий, на поперечном разрезе округлый, внутри полый. Листья расположены поочередно, простые, чаще сидячие, жестковатые, перисторазделъные, с сердцевидным основанием, охватывающим стебель. Нижние листья черешковые, основания их с округлыми ушками. Прилистников нет.

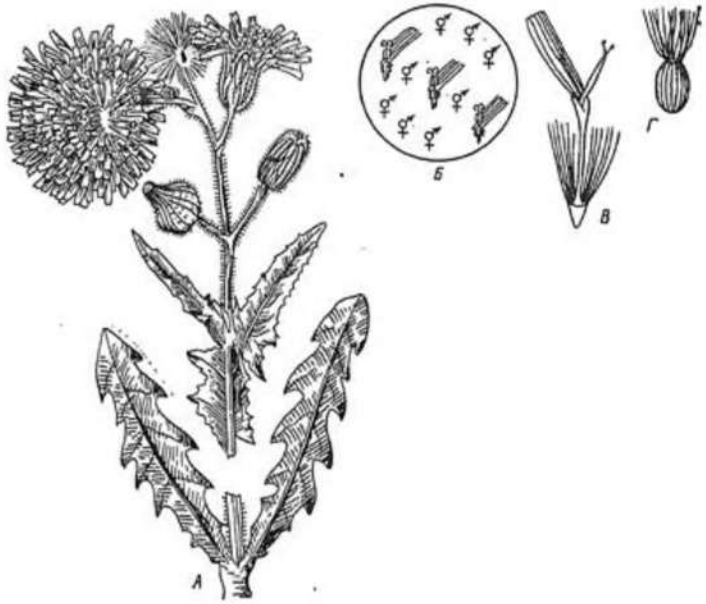


Рис. 48.3. Осот полевой (Sonchus arvensis):
А – нижняя часть растения и репродуктивный побег; Б – схема соцветия;
В – язычковый цветок; Г – плод – семянка

2. Соцветие агрегатное – корзинки собраны в метелку. Корзинка многоцветковая, достигает 2,6 см в диаметре, обвертка черепитчатая. Цветки зигоморфные, четырехкруговые. Чашечка в виде хохолка (паппуса). Венчик язычковый, из пяти сросшихся лепестков, желтый. Андроцей – из пяти тычинок, слипшихся пыльниками в трубку. Гинецей паракарпный, образован двумя плодолистиками. Завязь нижняя, одногнездная, с одним семязачатком. Рыльце двухлопастное. Формула цветка: $\uparrow Ca_{рар}Co_{(5)}A_{(5)}G_{(2)}$.

3. Плод – темно-бурая сплюснутая семянка с поперечноморщинистыми ребрышками, имеющая летучку (хохолок). Зарисовывают части растений согласно заданию.

4. В заключение определяют растение.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Астровые, или Сложноцветные (Asteraceae, Compositae), какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Астровые, или Сложноцветные (Asteraceae, Compositae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Астровые, или Сложноцветные (Asteraceae, Compositae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Астровые, или Сложноцветные (Asteraceae, Compositae)?

Работа 49. Порядок Лилейноцветные (Liliales). Семейство Лилейные (Liliaceae)

Цель работы: изучить растения семейства Лилейные (Liliaceae) на примере видов из родов: Чемерица (Veratrum), Красоднев (Hemerocallis), Лук (Allium), Лилия (Lilium), Спаржа (Asparagus), Майник (Majanthemum), Купена (Polygonalum), Ландыш (Convallaria), Саксапариль (Smilax), Ирис (Iris), Нарцисс (Narcissus).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы растений из родов: Чемерица (Veratrum), Красоднев (Hemerocallis), Лук (Allium), Лилия (Lilium), Спаржа (Asparagus), Майник (Majanthemum), Купена (Polygonalum) или Ландыш (Convallaria), Саксапариль (Smilax) из семейства Лилейные, а также Ирис (Iris) из семейства Ирисовые (Iridaceae), Нарцисс (Narcissus) из семейства Амариллисовые (Amaryllidaceae) и др. Цветки перечисленных растений, фиксированные в спирте.

Общее число видов – около 64 тыс. (2,6 тыс. родов, 85-90 семейств). Основные жизненные формы: преимущественно травы (многолетние, двулетние, однолетние), реже деревья, кустарники, лианы.

Однодольные представляют собой вполне естественный ряд покрытосеменных. Наиболее примитивные роды, например, у Частухоцветных, близки к Магнолиевидным. Наиболее прогрессивные стоят на высшей ступени эволюции покрытосеменных. Таковы Орхидные, которые по уровню специализации и полиморфизму могут быть сравнимы с Астровыми. Однако центры максимального видового разнообразия их не совпадают: большинство видов Орхидных, а их насчитывают, как и Астровых, до 25 тыс., сосредоточено в дождевых тропических лесах, тогда как Астровые, также в большинстве своем – травы, распространены преимущественно во внетропических странах с умеренным и даже холодным климатом.

Среди однодольных много высокоспециализированных растений – геофитов, переносящих неблагоприятные условия жизни в виде корневищ, луковиц, клубней, клубнелуковиц, погруженных в землю; гелофитов, произрастающих на болотах и сильно увлажненных почвах; ксерофитов, приспособленных к аридным условиям; эфемеров, имеющих короткий жизненный цикл, заканчивающийся до наступления длительного периода засухи.

Однодольные делят на три группы порядков: Чашечкоцветные (Calyciflorae), Венчикоцветные (Corolliflorae), Чешуецветные (Glumiflorae).

Чашечкоцветные имеют околоцветник, дифференцированный на чашечку и венчик. Цветки гемициклические и циклические. Тычинок от 3 до 200. Плодолистиков от трех до нескольких десятков. Опыление чаще энтомофильное. К этой группе относят порядки: Пальмоцветные (Palmales, Arecales), Частухоцветные (Alismatales), Водокрасоцветные (Hydrocharitales).

Венчикоцветные имеют околоцветник простой венчиковидный, часто с хорошо выраженными нектариями. Опыление насекомыми, в тропических странах – птицами.

Чешуецветные имеют цветки с простым или редуцированным в связи с опылением ветром околоцветником, состоящим из чешуек, щетинок, волосков.

Порядок Лилейноцветные объединяет около 20 семейств, сотни родов и огромное число видов, встречающихся в самых разнообразных условиях. В соответствии с этим у лилейноцветных наблюдают большое разнообразие жизненных форм – реже деревянистые (деревья, кустарники, лианы), часто многолетние травянистые (луковичные, корневищные), крайне редки однолетние.

Общие признаки организации, указывающие на несомненно родственные взаимосвязи.

Цветки крупные, ярко окрашенные, обоеполые, актиноморфные, изредка зигоморфные (виды рода Шпажник – Gladiolus), с пятью трехчленными кругами. Невзрачные мелкие цветки, явно редуцированные в связи с опылением ветром, встречают лишь у Ситниковых (семейство Juncaceae). Иногда цветки двухчленные или четырехчленные, как, например, у видов рода Майник (Majanthemum), вороньего глаза четырехлистного (Paris quadrifolia). Изредка выпадает один круг тычинок.

Околоцветник раздельнолепестной, редко сростнолепестной, двухкруговой, обычно венчиковидный, реже чашечковидный, иногда дифференцирован на чашечку и венчик.

Андроцей из шести свободных тычинок (в двух кругах по три в каждом), иногда внутренний круг редуцирован; гинецей синкарпный, обычно из трех плодолистиков, завязь трехгнездная, верхняя, кроме семейства Амариллисовые (Amaryllidaceae) и Ирисовые (Iridaceae); плацентация осевая.

Плод – коробочка, изредка ягода, семена с эндоспермом; листья цельнокрайные с параллельным или дуговым жилкованием.

Среди многочисленных видов порядка Лилейноцветные есть издавна известные как ценные декоративные, пищевые и лекарственные растения.

Семейство Лилейные подразделяют на ряд подсемейств (по А. Энглеру – 11). Число родов в семействе от 170 до 250, видов же до 4 тыс. Лилейные представлены во всех флорах мира. Наиболее велик их удельный вес в растительных сообществах тех субтропических районов, в которых бывают периодические засухи, а также в степных областях внетропических стран, в том числе и сухих степях, переходных к пустыням.

У Лилейных в процессе адаптивной эволюции особенно глубоким изменениям подвергались вегетативные органы, из которых образовались луковицы, корневища, клубни, филлокладии, выводковые почки и др. Жизненные формы – изредка древовидные (в тропических странах – виды родов: Алоэ – Aloe, Драцена – Dracaena, Юкка – Jucca), своеобразные травяные деревья (виды рода Ксанторрея – Xanthorrhoea), лианы и полулианы, чаще травянистые многолетние и лишь очень редко однолетние. Листья более или менее мясистые, глянцевитые, цельнокрайные, очередные.

Соцветие – метелка, кисть, зонтик, иногда встречаются одиночные цветки. Цветки с венчиковидным околоцветником, актиноморфные, обоеполые, циклические, круги трехчленные, изредка двухчленные, четырехчленные. Андроцей в двух кругах (A_{3+3}). Гинецей простой, синкарпный, из трех плодолистиков; завязь верхняя. Плод – коробочка или ягода (рис. 49.1).

Во флоре бывшего Советского Союза встречаются всего лишь 44 рода и 640 видов.

Задания

1. Проанализировать несколько представителей Лилейных из числа рекомендуемых и составить их описание, руководствуясь общей схемой.

2. Зарисовать лист, соцветие, цветок, тычинку изученных видов.

3. Сравнить Лилейные с одним из представителей семейства Ирисовые – Ирисом или семейства Амариллисовые – Нарциссом.

4. Определить 2-3 растения.

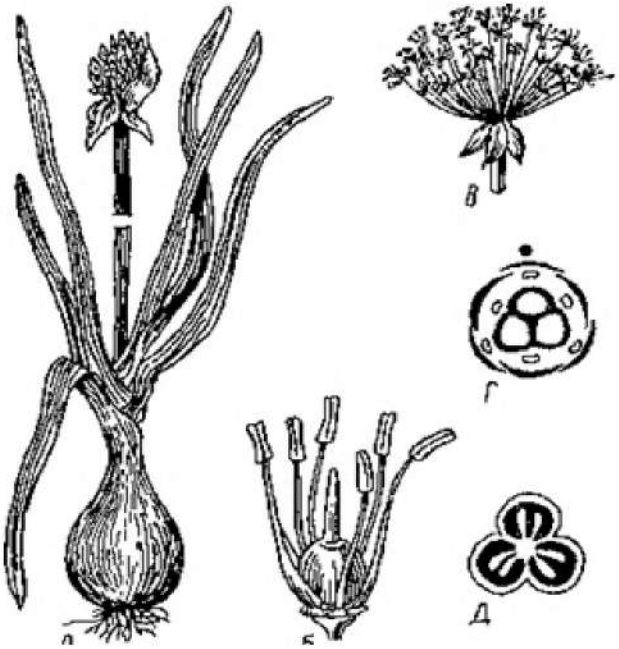


Рис. 49.1. Лук репчатый (Allium cepa):
А – общий вид; Б – цветок без околоцветника; В – соцветие – простой зонтик;
Г – диаграмма цветка; Д – поперечный разрез завязи

Порядок работы

1. В качестве примера рассматривают ландыш майский (Convallaria majalis) (рис. 49.2). Он распространен во внетропических зонах Северного полушария. В России растет в светлых лесах и на лесных полянах, среди кустарника, изредка – на лугах.

Для лабораторных занятий зимой можно иметь не только гербарные образцы, но и цветущие растения. Для этого осенью собирают корневища и хранят в холодном месте. За три или четыре недели до нужного срока их высаживают в ящики и выгоняют при температуре в пределах 20-25°С на регулярно увлажняемой почве и при хорошем освещении. Растение корневищное, высотой 20-30 см. Основание надземных побегов обвернуто несколькими пленчатыми бело-розовыми влагалищными листьями (низовые, или прикорневые, листья).

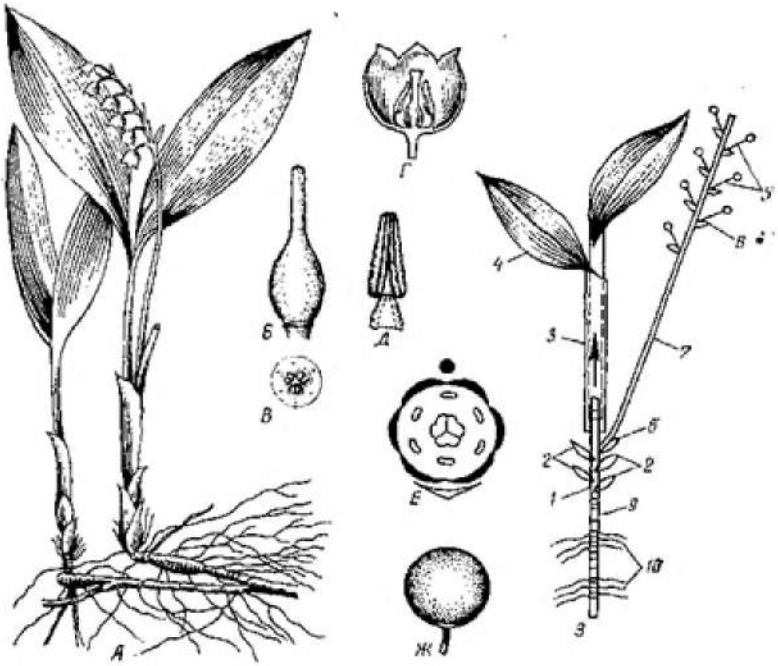


Рис. 49.2. Ландыш майский (Convallaria majalis):
А – общий вид; Б – гинецей; В – поперечный разрез завязи; Г – продольный разрез цветка; Д – тычинка; Е – диаграмма цветка; Ж – плод – ягода; З – схема строения: 1 – главная ось (всегда вегетативный побег); 2 – низовые чешуевидные листья; 3 – замкнутые влагалища листьев, формирующих ложный стебель; 4 – листовая пластина; 5 – оси третьего порядка, заканчивающиеся цветком (цветоножки); 6 – прицветник (кроющий лист оси третьего порядка); 7 – ось второго порядка (репродуктивный побег); 8 – предлист бокового побега; 9 – корневище; 10 – придаточные корни

Стеблевых листьев 2 или 3, они отходят от сильно укороченного стебля (рассматривают под лупой), причем второй лист выходит из трубки, образованной сросшимся черешком первого, а третий лист – соответственно из трубки, образованной черешком второго. Такой же тип листьев можно наблюдать у банана, где стеблевая часть образована черешками, замкнутыми один в другом. Листовые пластинки продолговато-эллиптические, заостренные, длиной от 15 до 20 см, шириной от 5 до 8 см.

2. Соцветие – кисть. Цветонос образуется в пазухе прикорневого листа (предлиста), несет только верховые (кроющие) листья.

Последние редуцированы, более или менее пленчатые, бледно-зеленые. Цветки расположены в их пазухах на длинных цветоножках. Околоцветник простой, венчиковидный, чисто белый, сросшийся, шаровидноколокольчатый, шестизубчатый. Тычинок также шесть (3+3), они спаяны с основанием околоцветника. Гинецей синкарпный, завязь верхняя, трехгнездная, столбик короткий, рыльце треугольное. Формула цветка: $*P_{(3+3)}A_{3+3}G_{(3)}$. Плод – ягода.

3. Определяют исследованное растение. По этой же схеме изучают ирис германский (Iris germanica) из семейства Ирисовые и в заключение сравнивают цветки ландыша и ириса:

Ландыш майский

1) Лепестки у сформированных цветков расположены в один круг; срастаются почти полностью в трубку.

2) Тычинок шесть.

3) Завязь верхняя, семязачатков один-два.

4) Рыльце одно, трехлопастное.

5) Плод – ягода.

Ирис германский

1) Лепестки в два круга, срастаются лишь при основании.

2) Тычинок три.

3) Завязь нижняя, семязачатков много.

4) Рылец три, лепестковиднорасширенные.

5) Плод – коробочка

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Лилейные (Liliaceae), какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Лилейные (Liliaceae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Лилейные (Liliaceae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Лилейные (Liliaceae)?

Работа 50. Порядок Осокоцветные (Cyperales). Семейство Осоковые (Cyperaceae)

Цель работы: изучить растения семейства Осоковые (Cyperaceae) на примере видов из родов: Пушица (Eriophorum), Камыш (Scirpus), Сыть (Cyperus), Осока (Carex).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы растении из родов: Пушица (Eriophorum), Камыш (Scirpus), Сыть (Cyperus), Осока (Carex) и др. Фиксированные в спирте цветки этих растений.

Порядок Осокоцветные включает только одно семейство Осоковые (Cyperaceae) (4 тыс. видов, 95 родов). Представителей его встречают во всех флорах мира. Большинство видов произрастает в тропических странах. В умеренном и холодном поясе некоторые виды представлены огромным числом особей и являются важнейшими компонентами растительного покрова, особенно на болотах. Осокоцветные по строению семязачатка и семени близко примыкают к Лилейноцветным. Родственные связи названных порядков через семейство Ситниковые (Juncaceae) совершенно достоверны. Связующим звеном является род Ореоболус (Oreobolus) из осоковых, распространенный в Южном полушарии (Новая Зеландия, Австралия, Южная Америка), а также род Ожика (Luzula) из семейства Ситниковые.

Осоковые – травянистые многолетние, изредка однолетние растения с длинными или укороченными корневищами. Стебли трехгранные, редко – цилиндрические (виды рода Камыш – Scirpus), внутри выполненные паренхимной тканью, слабо дифференцированы на узлы и междоузлия. Листья расположены по трем сторонам стебля, линейные или линейноланцетные, часто с завернутыми вниз краями. Влагалища почти всегда замкнутые. У видов рода Осока (Carex) одна из граней влагалища пленчатая. У нижних листьев она разрушается и может быть волокнистой, сетчатоволокнистой или состоять из кусков неправильной формы. Язычок отсутствует или сохраняется в виде маленькой пленчатой оторочки. Низовые листья обычно чешуевидные, представляющие собой влагалища без пластинок. Ветвление боковое – кущение (рис. 50.5). Боковые вертикальные побеги могут быть внутривлагалищными, если растут внутри влагалищ, не прорывая их, или вневлагалищными, если прорывают влагалища листьев, из пазушных

почек которых образуются. Из боковых горизонтальных побегов формируются корневища.

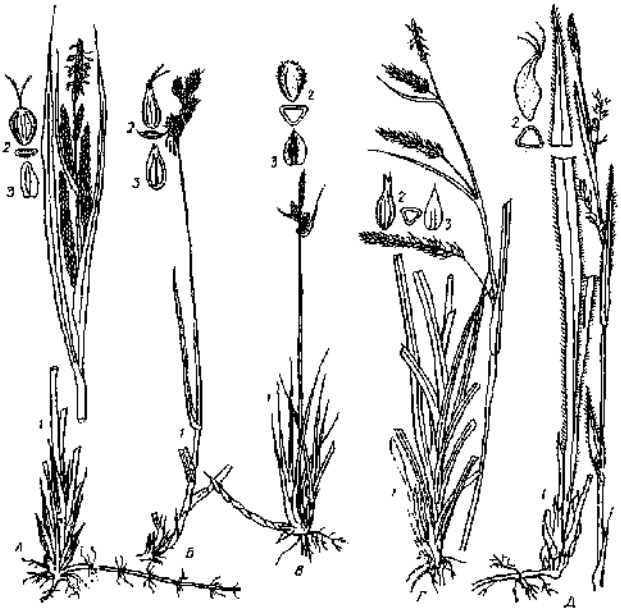


Рис. 50.1. Осоки (р. Carex):
А – осока стройная (C. gracilis); Б – осока заячья (C. leporina); В – осока войлочная (C. tomentosa); Г – осока лесная (C. sylvatica); Д – осока волосистая (C. pilosa); Г – общий вид растений

Соцветие – простой колос или сложный, состоящий из многоцветковых, реже одноцветковых колосков, расположенных в пазухах обычных или кожистых кроющих листьев. Простые и сложные колосья могут быть собраны в метелку, зонтик, головку (агрегатное соцветие).

Цветки мелкие, невзрачные. Околоцветник отсутствует (виды родов: Сыть – Cyperus, Осока – Carex) или сильно редуцирован и состоит из шести или меньшего числа пленочек (род Камыш – Scirpus), реже – из многих волосков (виды рода Пушица – Eriophorum). Андроцей только из одного круга, обычно с тремя тычинками. Гинецей образован тремя или двумя плодолистиками. Завязь верхняя, одногнездная, с одним семязачатком. Столбик несет три

или два довольно длинных нитевидных рыльца (рис. 50.2).

Цветки обоеполые (виды родов: Сыть, Камыш, Пушица) или раздельнополые (виды рода Осока). В последнем случае растения чаще однодомные, но изредка встречаются и двудомные. У однодомных осок бывает следующее распределение пестичных и тычиночных цветков: соцветие состоит только из пестичных или только из тычиночных цветков; соцветие обоеполое, т. е. в одной его части находятся пестичные цветки, а в другой тычиночные. У основания цветка расположен видоизмененный кроющий лист, называемый кроющей чешуйкой. Пестичный цветок осоки, кроме кроющей чешуйки, защищен мешочком, образованным путем срастания двух прицветников. Форма и размеры мешочка – признаки, важные для определения.

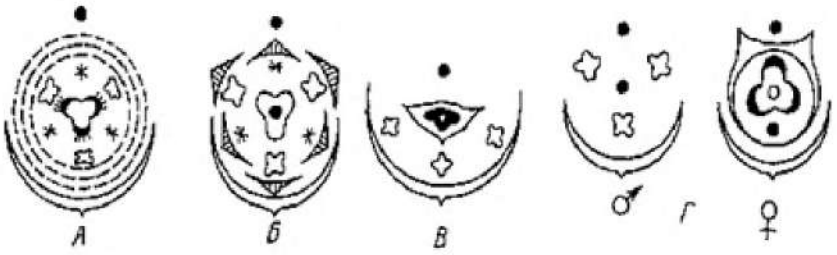


Рис. 50.2. Цветки осоковых (сем. Cyperaceae):
А – Пушицы (род Eriophorum), Б – Камыша (род Scirpus); В – Сыти (род Cyperus); Г – Осоки (род Carex)

У осок в пазухах кроющих чешуек находятся не пестичные цветки, а одноцветковые колоски. Это подтверждается случаями, когда в пазухе кроющей чешуйки имеются два цветка, причем второй – тычиночный, например у осоки заостренной (Carex acutiformis). В результате редукции второго цветка его прицветник срастается с прицветником цветка, образуя таким образом мешочек. Следовательно, у осок соцветие пестичных цветков правильнее считать сложным колосом, где цветки представляют собой редуцированные одноцветковые колоски (рис. 50.3). Плод – трехгранный, шаровидный или сплюснутый орешек, у осок остающийся в мешочке. Семя с эндоспермом, окружающим зародыш.

В России наиболее распространены виды родов: Осока, Пушица, Камыш и Сыть. Осоковые имеют значительную хозяйственную ценность.

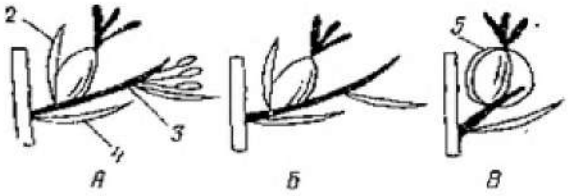


Рис. 50.3. Схема формирования мешочка у пестичного цветка осоки:
А – двухцветковый колосок элины (род Elyna), пестичный и тычиночный цветки расположены на одной оси; Б – одноцветковый колосок гипотетического вида переходного типа – пестичный цветок без мешочка; В – цветок осоки (род Carex) мешочек уже сформирован за счет прицветников; 1 – ось соцветия; 2 – прицветник; 3 – ось колоска; 4 – кроющий лист колоска; 5 – мешочек

Осоки сухих мест (степные, пустынные), а также многих горных районов являются неплохими пастбищными растениями, мало уступающими по своей питательности и поедаемости скотом Мятликовым. Осоку песчаную (Carex arenaria) используют для укрепления подвижных песков – дюн. Некоторые виды применяют для плетения циновок. Есть и декоративные виды. Однако вегетативные органы осок сырых и болотистых мест грубые, поэтому животными поедаются плохо. Некоторые виды рода Пушица, например пушица влагалищная (Eriophorum vaginatum), играют большую роль в процессе торфообразования (пушицевый торф). Сыть съедобная, или чуфа (Cyperus esculentus), образует корневые клубни, употребляемые в пищу как лакомство; ее возделывают в субтропических районах. Папирус (Cyperus papyrus), произрастающий в тропической Африке и на острове Сицилия, в древние времена использовали для изготовления бумаги. Камыш лесной (Scirpus sylvaticus) – хорошее кормовое растение для оленей.

Задания

1. Проанализировать несколько видов из родов: Осока, Пушица, Камыш, Сыть. Составить их описание, руководствуясь общей схемой.

2. Зарисовать поперечное сечение стебля, лист, соцветие, кроющую чешуйку, цветок, плод.

3. Определить исследованные растения.

4. Сопоставить признаки, отличающие растения разных родов, составить таблицу.

Порядок работы

1. Пушица влагалищная (Eriophurum vaginatum) (рис. 50.4) – многолетнее травянистое растение, образующее плотные дерновины. Стебли высотой от 30 до 100 см, многочисленные, прямостоячие, слаботрехгранные, в основании обвернуты коричневыми волокнистыми влагалищами прикорневых листьев. Эти листья узкие, почти нитевидные, короче стебля, гладкие или шероховатые. Стеблевых листьев 2 или 3, они редуцированы и представлены лишь вздутыми влагалищами.

2. Соцветия – колосья, по одному на верхушке стебля, продолговатые или овальные, длиной от 1 до 3 см, в фазе плодоношения шаровидные. Кроющие чешуйки яйцевидно-ланцетные, сероватые, по краю более светлые, перепончатые, просвечивающие, с одной жилкой. Цветки с белым хохолком, представляющим собой редуцированный околоцветник и остающимся при плодах, обоеполые, в нижней части колоса не формируются. Тычинок три, с длинными (2,5-3 мм) пыльниками. Пестик один, с одногнездной верхней завязью, длинным столбиком и тремя нитевидными рыльцами. Формула цветка: $*P_{рар}A_3G_{(3)}$. Плод – трехгранный орешек.

3. Осока пузырчатая (Carex vesicaria) (рис. 50.5) – многолетнее травянистое растение высотой от 40 до 100 см, образующее на сырых лугах или болотах не очень плотные ярко-зеленые дерновины. Корневище ползучее. Стебель остротрехгранный, наверху шероховатый, режущий, в основании покрыт бурыми влагалищами прикорневых листьев. Листья линейные, плоские, шириной 3-5 мм, снизу по средней жилке и краям шероховатые, по длине равный стеблю.

4. Соцветие агрегатное – из четырех или шести прямостоячих, собранных в метелку колосьев. Верхние 1-3 колоса с тычиночными цветками, длиной от 3 до 6 см, шириной от 0,3 до 0,5 см, более или менее сближены; кроющие чешуйки ланцетные, туповатые, светло-бурые, затем ржаво-бурые. Тычинок три. Формула цветка: $♂*P_0A_3G_0$. Сложные колосья пестичных цветков расположены по 2 или 3; они цилиндрические, длиной 3-6 см, шириной 15 см; верхний сидячий; нижний на довольно длинной ножке, при плодах повислый. Кроющие чешуйки узколанцетные, бурые, с зеленой полоской посредине, по краю и на конце они белопленчатые, короче мешочков. Мешочки расположены косо, яйцевидные, вздутые, длиной 7 или 8 мм, зеленые, позднее желтые,

с выступающими от 9 до 12 жилками, наверху суженные в короткий двузубчатый носик.

Рис. 50.4. Пушица влагалищная (Eriophorum vaginatum):
А – общий вид; Б – соцветие; В – цветок; Г – кроющая чешуйка;
Д – плод с хохолком

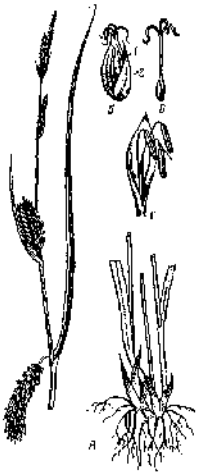


Рис. 50.5. Осока пузырчатая (Carex vesicaria):
А – нижняя часть растения и репродуктивный побег; Б – пестичный цветок;
В – пестик; Г – тычиночный цветок; 1 – мешочек, 2 – кроющая чешуйка

5. Пестик один, завязь верхняя; столбик один, увенчанный тремя нитевидными рыльцами, которые выносятся из мешочка. Формула цветка: ♀*$P_0A_0G_{(3)}$. Плод – трехгранный орешек, остающийся в мешочке.

6. Заключительный этап работы – сравнение цветков и плодов изученных видов и составление перечня признаков, различающих роды:

Пушица влагалищная

1) Соцветие состоит из одного колоса на конце стебля.

2) Нижние кроющие чешуйки обычно не содержат цветков.

3) Околоцветник редуцирован до волосков.

4) Цветки обоеполые.

5) Плод снабжен хохолком.

Осока пузырчатая

1) Соцветие состоит из четырех-шести колосьев.

2) В пазухах всех кроющих чешуек обычно имеются цветки.

3) Околоцветник отсутствует. Пестичные цветки окружены мешочком.

4) Цветки раздельнополые.

5) Плод остается в мешочке, без хохолка.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Осоковые (Cyperaceae), какое место занимает оно в эволюционном ряду?

2. Каково географическое распространение представителей семейства Осоковые (Cyperaceae)?

3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?

4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Осоковые (Cyperaceae)?

5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?

6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Осоковые (Cyperaceae)?

Работа 51. Порядок Мятликоцветные или Злакоцветные (Poales, Graminales). Семейство Мятликовые или Злаковые (Poaceae, Gramineae)

Цель работы: изучить растения семейства Мятликовые, или Злаковые (Poaceae, Gramineae) на примере видов из родов: Пшеница (род Triticum), Рожь (род Secale), Пырей (род Elytrigia), Просо (род Panicum), Овсяница (род Festuca), Мятлик (род Poa), Овес (род Avena), Райграс (род Arrhenatherum), Полевица (род Agrostis), Тимофеевка (род Phleum), Лисохвост (род Alopecurus).

Материалы и оборудование: бинокуляры, лампы, препаровальные иглы, гербарные образцы растений с соцветием сложный колос – Пшеница (род Triticum), Рожь (род Secale), Пырей (род Elytrigia); с агрегатным соцветием – Просо (род Panicum), Овсяница (род Festuca), Мятлик (род Poa), Овес (род Avena), Райграс (род Arrhenatherum), Полевица (род Agrostis) и др.; с соцветием султан – Тимофеевка (род Phleum), Лисохвост (род Alopecurus). Фиксированные в спирте или сухие соцветия этих растений (сухие соцветия перед занятием надо размочить или распарить, положив в воду и нагрев ее до кипения).

Порядок Мятликоцветные включает одно семейство – Мятликовые, или злаковые (Poaceae, Gramineae), объединяющее от 7 до 10 тыс. видов (около 700 родов). Мятликовые – очень разнообразная и широко распространенная группа растений. Среди них есть виды – космополиты. Нередко мятликовые доминируют в естественных растительных сообществах лугов и степей. Общеизвестно их высокое народнохозяйственное значение как основных пищевых и кормовых растений.

Филогенетически мятликовые хорошо обособлены и имеют отдаленные генетические связи только с ситниковыми (пор. Лилейноцветные). По-видимому, это семейство стоит близко к порядку Энантобластоцветные (Enantoblastates), для которого также характерны семена с мучнистым эндоспермом и боковым зародышем. На территории нашей страны этот порядок представлен семейством Коммелиновые (Commelinaceae), у видов которого стебель несколько напоминает стебель Мятликовых. Широко распространено представление о Мятликовых как о редуцированной группе Лилейноцветных в связи с переходом к ветроопылению. Связывающее звено – виды рода Стрептохета (Streptochaeta), встречающиеся в Южной Америке. Структура цветка их близка к

лилейноцветным, даже гинецей при заложении трехчленный.

В семействе Мятликовые преобладают травянистые многолетние, реже однолетние растения. Максимальное разнообразие жизненных форм приурочено к субтропическим и тропическим районам, где встречаются и древовидные представители (подсемейство Бамбуковидные – Bambusoidae).

Стебель у большинства Мятликовых полый, лишь в узлах выполненный (соломина). В основаниях междоузлий находится интеркалярная меристема, обусловливающая рост стебля в длину (рис. 51.1). Ветвление боковое – кущение (рис. 51.2). Боковые побеги могут быть внутривлагалищными или вневлагалищными (рис. 51.2 А). Листья очередные, влагалищные. Влагалище обычно длинное, незамкнутое. Листовая пластинка линейная почти у всех форм, кроме бамбуковидных. В месте перехода влагалища в листовую пластинку нередко есть язычок (пленчатый или из волосков) и ушки.

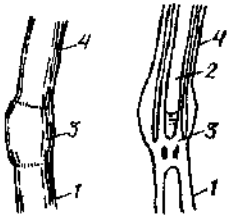


Рис. 51.1. Стебель мятликовых (сем. Poaceae) соломина:
1 – междоузлие; 2 – полость; 3 – узел; 4 – влагалище листа

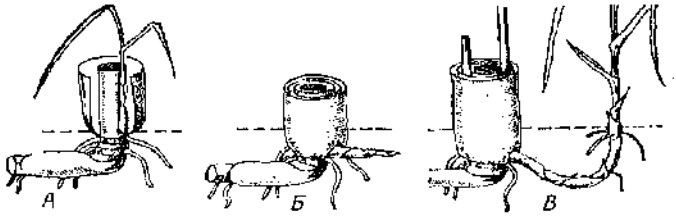


Рис. 51.2. Типы образования боковых побегов
у мятликовых (семейство Poaceae):
А – внутривлагалищное; Б – вневлагалищное; В – смотанное

Соцветие – сложный колос или агрегатное – метелка, состоящая из колосков. В основании колоска расположены видоизмененные листья – колосковые чешуйки. Каждый цветок образуется на оси колоска в пазухе прицветника, называемого наружной цветковой чешуйкой (рис. 51.3).

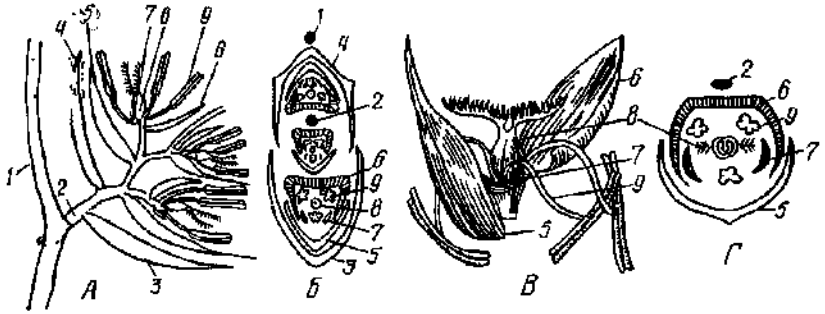


Рис. 51.3. Схема цветка и колоска Мятликовых (сем. Poaceae):
А – трехцветковый колосок; Б – диаграмма колоска; В – цветок; Г – диаграмма цветка; 1 – ось колоса; 2 – ось колоска; 3 – нижняя колосковая чешуйка; 4 – верхняя колосковая чешуйка; 5 – наружная (нижняя) цветковая чешуйка; 6 – внутренняя (верхняя) цветковая чешуйка; 7 – цветковые пленочки (лодикулы); 8 – гинецей; 9 – андроцей

Цветки мелкие, невзрачные, обычно обоеполые, лишь у видов рода Кукуруза (Zea) раздельнополые, в последнем случае растения однодомные. Трехчленный цветок, типичный для однодольных, можно наблюдать только у немногих современных Мятликовых, например из рода Стрептохета. Околоцветник редуцирован. По мнению исследователей, он низведен до внутренней цветковой чешуйки, возникшей в результате срастания двух листочков, и двух цветковых пленок – лодикул. Тычинок обычно три (наружный круг), реже две (душистый колосок – Anthoxanthum odoratum) или одна (виды рода Цинна – Cinna), но иногда их шесть (виды рода Рис – Oryza) или даже больше (некоторые бамбуки). Завязь верхняя, всегда с одним семязачатком (рис. 51.3 В). Формула цветка: ↑ $P_{(2)+2}A_3G_{(2)}$. Плод – зерновка, кожистый околоплодник слипается с кожурой семени, а иногда и с цветковыми чешуйками (виды рода Ячмень – Hordeum). Зародыш прилегает к эндосперму сбоку.

Эволюцию цветка мятликовых легко представить, сравнив диаграммы – теоретическую (по Шустеру) (рис. 51.4) и типичного цветка современных видов (рис. 51.3).

Семейство подразделяют на три подсемейства: Бамбуковидные (Bambusoideae), Мятликовидные (Poaeoideae), Просовидные (Panicoideae).

Подсемейство Бамбуковидные. Оно объединяет около 600 видов. Они распространены преимущественно в тропических и субтропических странах. В России растут только три вида рода Саса (Sasa). Это относительно небольшие растения, имеющие стебли высотой до 3 м, диаметром 1 см, произрастающие на Курильских островах.

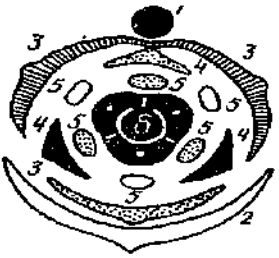


Рис. 51.4. Теоретическая диаграмма цветка мятликовых по Шустеру (атрофированные члены цветка показаны точками):
1 – ось колоска; 2 – наружная цветковая чешуйка; 3 внутренняя цветковая чешуйка; 4 – лодикулы; 5 – тычинки; 6 – гинецей

Бамбуки в основных местах своего произрастания – крупные растения высотой до 40 м. Листья черешковые. Черешок в основании расширяется во влагалище. Листовая пластинка ланцетная, овальная. Колоски одноцветковые или многоцветковые. Цветки обоеполые. Тычинок обычно шесть (3 + 3), иногда больше – до 20-30. Пестик один, столбиков два (редко три). Плод – чаще зерновка, иногда ягодовидный. Бамбуковидные имеют очень широкое практическое применение, главным образом как строительный материал, но вместе с тем их молодые побеги можно использовать как овощи.

Подсемейство Мятликовидные. Колоски имеют по две колосковые чешуйки, многоцветковые или одноцветковые. Листья большей частью с пленчатыми язычками и равномерно

распределенной (диффузной) хлорофиллоносной паренхимой. Немало родов представлено важнейшими хлебными растениями или кормовыми травами: Пшеница (Triticum) (рис. 51.5), Рожь (Secale), Ячмень (Hordeum) (рис. 51.6), Овес (Avena), Мятлик (Poa), Костер (Bromus), Овсяница (Festuca) (рис. 51.7), Тимофеевка (Phleum), Лисохвост (Alopecurus) и другие виды.

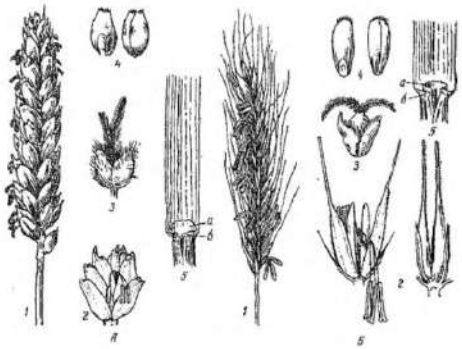


Рис. 51.5. Строение и внешний вид хлебных злаков:
А – пшеница мягкая (Triticum aestivum), Б – рожь посевная (Secale cereale); 1 – соцветие – сложный колос, 2 – колосок, 3 – пестик и лодикулы, 4 – плод – зерновка, 5 – лист (а – язычок, б – ушки)

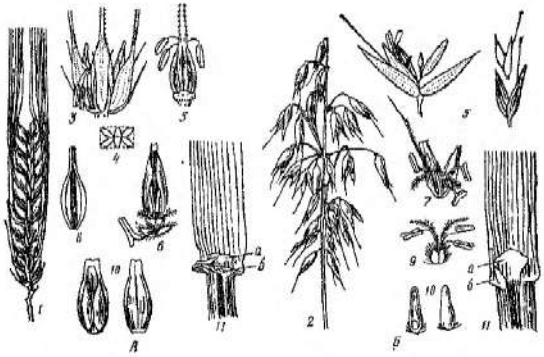


Рис. 51.6. Строение и внешний вид кормовых злаков:
А – ячмень обыкновенный (Hordeum vulgare), Б – овес посевной (Avena saliva); 1 – соцветие – сложный колос; 2 – соцветие – агрегатное; 3 – колоски на уступе оси соцветия; 4 – схема поперечного сечения сложного колоса; 5 – колосок; 6 – цветок; 7 – цветок с наружной цветковой чешуйкой; 8 – наружная цветковая чешуйка; 9 – цветок без внутренней цветковой чешуйки; 10 – плод – зерновка; 11– лист (а – язычок, б – ушки)

Рис. 51.7. Строение и внешний вид луговых злаковых трав:
А – овсяница луговая (Festuca pratensis), Б – тимофеевка луговая (Phleum pratense); 1 – общий вид; 2 – колосок; 3 – цветок; 4 – цветок с наружной цветковой чешуйкой; 5 – пестик; 6 – плод – зерновка с цветковыми чешуйками; 7 – лист

Подсемейство Просовидные. Его отличают от предыдущего по следующим признакам: колосковых чешуек больше двух, колоски одноцветковые, но иногда образуется второй цветок – тычиночный; язычки листьев волосовидные; хлорофиллоносная паренхима листьев сосредоточена вокруг жилок (венечная). Важнейшие роды: Кукуруза или Маис (Zea) (рис. 51.8), Сорго (Sorghum), Рис (Oriza), Просо (Panicum), Сахарный тростник (Saccharum).

Мятликовые от осок (род Carex) отличают по следующим признакам.

Мятликовые

1. Стебель более или менее цилиндрический, внутри полый, состоит из хорошо выраженных узлов и междоузлий; выполненные стебли имеют только виды родов Кукуруза, Сахарный тростник и Сорго.

2. Влагалища чаще открытые; на границе листовой пластинки и влагалища более пли менее выраженный язычок.

3. Соцветия и цветки обоеполые, исключения крайне редки (виды рода Кукуруза).

4. Плод – зерновка.

Осоки

1. Стебель чаще всего трехгранный, внутри выполненный, слабо дифференцированный на узлы и междоузлия.

2. Влагалища почти всегда замкнуты, язычок отсутствует или в виде маленькой пленчатой оторочки.

3. Соцветия и цветки чаще раздельнополые.

4. Плод – трехгранный, шаровидный или сплюснутый орешек.

Определение родов мятликовых осуществляют на основании структуры соцветия, колоска, цветка. При этом обращают внимание на следующие признаки: тип соцветия; расположение колосков – поодиночке или группами; число, размер и форма колосковых чешуек; число жилок на колосковых чешуйках, наличие или отсутствие киля на них; число цветков в колоске; все ли цветки одинаковые – обоеполые, или есть однополые; форма наружной цветковой чешуйки, число жилок на ней; наличие или отсутствие киля и ости на наружной цветковой чешуйке, место прикрепления ости, ее форма; число тычинок.

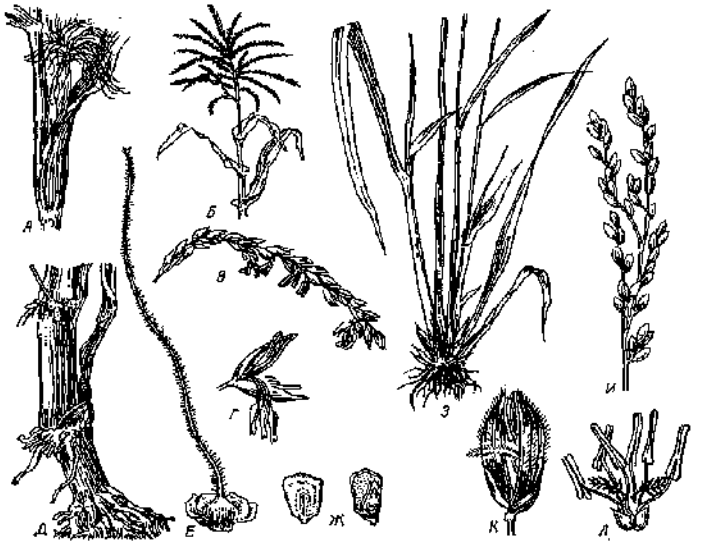


Рис. 51.8. Строение и внешний вид кукурузы обыкновенной (Zea mays) (А-Ж), риса посевного (Oryza sativa) (З-Л):
А – часть стебля с соцветием пестичных цветков; Б – часть стебля с соцветием тычиночных цветков; В – часть соцветия тычиночных цветков; Г – колосок с тычиночным цветком; Д, З – нижняя часть растения; Е – колосок с пестичным цветком; Ж – общий вид и продольный разрез плода; И – соцветие; К – колосок; Л – цветок без внутренней цветковой чешуйки

При определении видов помимо перечисленных признаков учитывают строение вегетативных органов.

Задания

1. Изучить несколько видов Мятликовых из разных родов: Пшеница, Рожь, Пырей (рис. 51.9), Просо, Овсяница, Мятлик, Овес, Райграс, Полевица, Тимофеевка, Лисохвост. Составить их описание, руководствуясь общей схемой.

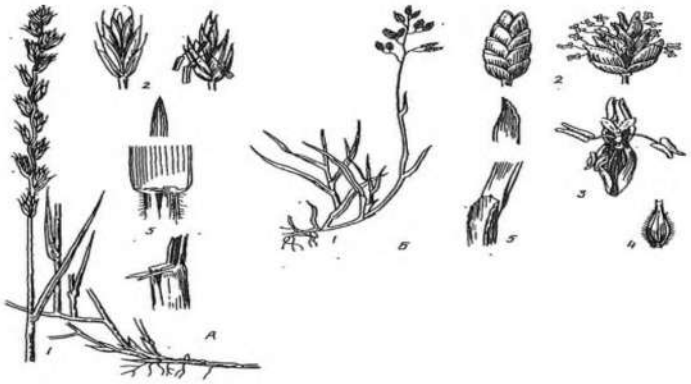


Рис. 51.9. Строение и внешний вид пырея ползучего (Elytrigia repens) (А) и мятлика однолетнего (Poa annua) (Б):
1 – общий вид; 2 – колосок; 3 – цветок с наружной цветковой чешуйкой; 4 – наружная цветковая чешуйка; 5 – лист

2. Зарисовать лист, соцветие, колосок, цветок, колосковые и цветковые чешуйки каждого из рассмотренных растений.

3. Определить исследованные растения.

Порядок работы

1. В качестве примера описывают райграс высокий (Arrhenalherum elatius) (рис. 51.10).

Растение травянистое, многолетнее, высотой 60-125 см, образует небольшие дерновины. Корни придаточные, мочковатые. Стебель – соломина, прямостоячий или восходящий, гладкий. Листья с влагалищами, расположены поочередно, линейные, на краю острошершавые, шириной от 3 до 7 см. Влагалища открытые, язычок короткий, по краю реснитчатый.

2. Соцветие агрегатное – колоски собраны в более или менее узкую, прямостоячую метелку длиной от 20 до 25 см с короткими острошероховатыми разветвлениями. Для исследования колосков пользуются стереоскопическим микроскопом.

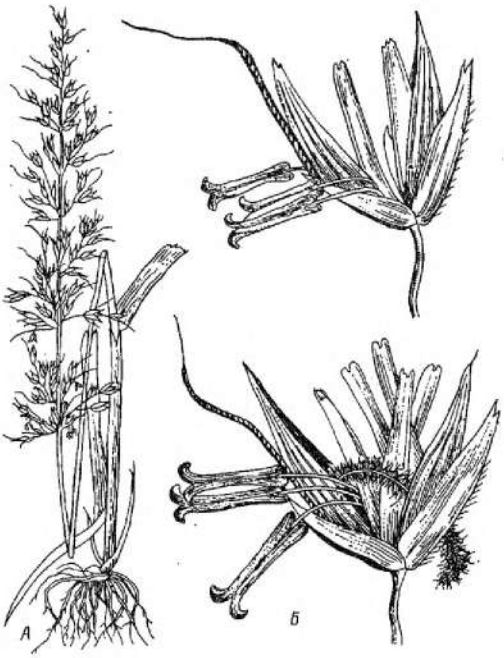


Рис. 51.10. Райграс высокий (Arrhenatherum elatius):
А – общий вид; Б – колоски

Один из колосков кладут на предметный столик, при помощи препаровальных игл раздвигают колосковые чешуйки и находят признаки, описанные выше. При этом очень важно безошибочно отыскать колосковые и цветковые чешуйки, подсчитать число цветков, определить их структуру. Если кроме обоеполых будут обнаружены цветки однополые или редуцированные, их описывают отдельно. Колоски зеленовато-белые, длиной от 1 до 1,5 см, двухцветковые. Колосковых чешуек две, разной длины. Цветки в колоске неодинаковые: верхний обоеполый, нижний тычиночный. Обоеполый цветок имеет две цветковые чешуйки, две лодикулы, пестик с двумя перистыми рыльцами и три тычинки. Наружная цветковая чешуйка без ости или с короткой прямой остью, внутренняя – пленчатая, двукилеватая. Тычиночный цветок имеет две цветковые чешуйки, две лодикулы и три тычинки. Наружная цветковая чешуйка на верхушке с двумя короткими зубцами, ость ее в

два раза длиннее колоска, коленчато согнута, в нижней части скручена, выходит из середины спинки чешуйки. Плод – зерновка.

3. В заключение определяют растение.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково число видов семейства Мятликовые, или Злаковые (Poaceae, Gramineae), какое место занимает оно в эволюционном ряду?
2. Каково географическое распространение представителей семейства Мятликовые, или Злаковые (Poaceae, Gramineae)?
3. В каких экологических условиях встречаются представители этого семейства?
4. Какое строение имеют вегетативные и репродуктивные органы представителей семейства Мятликовые, или Злаковые (Poaceae, Gramineae)?
5. Каковы важнейшие роды и виды, входящие в его состав?
6. Каково хозяйственное значение представителей семейства Мятликовые, или Злаковые (Poaceae, Gramineae)?

Рекомендуемая литература

1. Андреева, И. И. Ботаника : учебник / И. И. Андреева, Л. С. Родман. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : КолосС, 2007. – 528 с.

2. Андреева, И. И. Практикум по анатомии и морфологии растений / И. И. Андреева, Л. С. Родман, А. В. Чичев. – М. : Колос, 2005. – 156 с.

3. Открытый иллюстрированный атлас сосудистых растений России и сопредельных стран [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: //www.plantarium.ru./

4. Сашенкова, С. А. Ботаника : лабораторный практикум / Н. В. Корягина, Ю. В. Корягин, С. А. Сашенкова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2015. – 275 с.

5. Семенова, Е. Ф. Практикум по ботанике / Н. А Меженная, Т. М. Фадеева, Е.Ф. Семенова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. – 162 с.

6. Суворов, В. В. Ботаника с основами геоботаники : учебник для вузов / В. В. Суворов, И. Н. Воронова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : АРИС, 2012. – 520 с.

7. Флора сосудистых растений Центральной России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.jcbi.ru/eco1/index.shtml

8. Хржановский, В. Г. Ботаническая география с основами экологии растений / В. Г. Хржановский, С. В. Викторов, П. В. Литвак [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1994. – 383 с.

9. Хржановский, В. Г. Курс общей ботаники. Ч. 1. – М. : Высшая школа, 1989. – 544 с.

10. Хржановский, В. Г. Курс общей ботаники. Ч. 2. – М. : Высшая школа, 1989. – 498 с.

11. Хржановский, В. Г. Практикум по курсу общей ботаники / В. Г. Хржановский, С. Ф. Пономаренко. – М. : Высшая школа, 1990. – 348 с.

12. Яковлев, Г. П. Ботаника : учеб. для вузов / Г. П. Яковлев, В. И. Дорофеев. – СПб. : СпецЛит. – 2008. – 687 с.

Алфавитно-предметный указатель

А
Антеридий 201
Архегоний 201
Апокарпный 164
Акропетально 179
Ассиметричный 153
Актиноморфный 152
Андроцей 157
Аэренхима 45
Аппарат Гольджи 13
Автолиз 13
Алейроновые зерна 24
Анафаза 28

Б
Биологические мембраны 12
Ботрические 179
Брахиобласт 223

В
Вакуоль 12
Включения 20
Венчик 146

Г
Гипокотиль 70
Газообмен 140
Гиподерма 143
Гинецей 164
Гаметофит 200
Голосеменные 223

Д
Дерматоген 75
Дихазий 98
Дихотомическое 98
Двубратственный 157
Двусильный 157

Ж
Железистые волоски 66

З
Зона кущения 99
Заболонь 109
Зигоморфный 152
Завязь 165

И
Интегументы 168
Индузий 218
Интина 223

К
Клетка 11
Кариоплазма 12
Каротиноиды 18
Крахмал 20
Камбий 34
Корка 41
Колленхима 47
Ксилема 53
Корневая шейка 70
Колеоптиль 70
Корневая система 72
Корневой чехлик 75
Корнеплод 88
Кущение 98
Корневищное 99

Л
Лизосомы 13
Лейкопласты 14
Лизигенные вместилища 65
Лепестки 146
Лизикарпный 165

М
Митохондрии 14
Митоз 28
Метафаза 28
Мейоз 29
Меристема 34
Мезодерма 60
Междоузлия 70
Моноподиальное 98
Монохазий 98
Мезофилл 139
Многобратственный 157
Монохазий 179
Микропиле 168
Мезокарп 191
Мегаспорангии 209
Микроспорангии 209
Микроспора 209
Моховидные 200

Н
Нуцеллус 185
Надпестичные 166

О
Органеллы 12
Околоцветник 146
Однобратственный 157
Околоплодник 186

П
Протопласт 11
Пластиды 14
Профаза 28
Примордии 35
Покровная ткань 37
Пробка 37
Перидерма 37
Периблема 75
Плерома 75
Первичная кора 79
Перицикл 81
Пояски Каспари 82
Паренхима 44
Проводящий пучок 52
Плейохазий 98
Плотнокустовое 98
Плодушка 101
Привенчик 150
Пыльник 159
Пыльцевое зерно 160
Прицветник 178
Плейохазий 180
Перисперм 185
Плодолистик 164
Паракарпный 165
Подпестичный 166
Плацента 167
Плаун 209
Папоротник 218
Покрытосеменные 229
Плод 191
Перикарп 191

Р
Рибосомы 12
Рыхлокустовое 98
Ризоиды 203

С
Спермодерма 26
Склеренхима 47
Склереиды 47
Ситовидные трубки 52
Сосуды 52
Схизогенные вместилища 65
Семядоли 70
Семядольный лист 70
Симподиальное 98
Сердцевина 109
Связник 159
Стаминодии 160
Спорогенная ткань 162
Соцветие 178
Семя 185

Синкарпный 165
Семязачаток 165
Синергиды 169
Спорофит 200
Спорангий 209
Спорофилл 209
Сорус 218
Соплодия 192
Спорогон 203

Т
Телофаза 28
Трахеиды 52
Транспирация 140
Трансфузионная ткань 144
Тычинка 146
Тычиночная нить 159
Тирс 180
Тапетум 162
Таллом 200

У
Устьичный аппарат 37

Ф
Флоэма 53
Фуникулус 168
Филлоид 203

Х
Хлоропласты 14
Хромопласты 14
Хромосомы 28
Хроматиды 28
Халаза 168
Хвощ 214

Ц
Цитокинез 28
Центральный цилиндр 75
Цветоножка 146
Цветоложе 146
Цимозные 178
Центробежно 178
Центростремительно 179
Ценокарпный 164

Ч
Чечевичка 37
Чашечка 146
Чашелистик 146
Четырехсильный 157

Щ
Щиток 180

Э
Эукариоты 11
Эндоплазматическая сеть 12
Эпидермис 15
Эпиблема 75
Экзодерма 79
Эндодерма 60
Эпикотиль 70
Эндосперм 185
Эндотеций 161
Экзокарп 191
Эндокарп 191
Элатера 214
Экзина 223

Ю
Ювенильный лист 70

Я
Ядро 12
Ядрышко 12

Оглавление

Предисловие ... 3
Работа 1. Устройство микроскопа и правила работы с ним ... 4
Работа 2. Строение растительной клетки. Хлоропласты ... 9
Работа 3. Хромопласты в клетках мякоти зрелых плодов ... 15
Работа 4. Включения растительной клетки. Запасной крахмал ... 17
Работа 5. Алейроновые зерна в клетках эндосперма зерновки пшеницы и семядолей фасоли ... 21
Работа 6. Деление клетки ... 24
Работа 7. Образовательные ткани. Первичная меристема ... 29
Работа 8. Покровные ткани. Первичный, вторичный и третичный покровные комплексы ... 32
Работа 9. Основные ткани ... 38
Работа 10. Механические ткани ... 40
Работа 11. Проводящие ткани ... 45
Работа 12. Выделительные ткани ... 56
Работа 13. Макроморфология проростка ... 59
Работа 14. Корень. Типы и формы корневых систем ... 62
Работа 15. Зоны корня ... 64
Работа 16. Микроскопическое строение корня однодольных растений (первичное строение) ... 67
Работа 17. Микроскопическое строение корня двудольных растений (вторичное строение) ... 70
Работа 18. Запасающие корни корнеплоды ... 75
Работа 19. Побег и стебель. Строение почки ... 81
Работа 20. Микроскопическое строение стебля голосеменных и древесных покрытосеменных (двудольных) растений непучковое строение ... 91
Работа 21. Микроскопическое строение стебля травянистых двудольных растений ... 101
Работа 22. Микроскопическое строение стебля однодольных растений ... 110
Работа 23. Морфология и анатомия листа ... 115
Работа 24. Цветок. Строение околоцветника ... 126
Работа 25. Андроцей ... 136
Работа 26. Гинецей ... 142
Работа 27. Формула и диаграмма цветка ... 149
Работа 28. Классификация соцветий ... 154
Работа 29. Строение и классификация семян ... 160
Работа 30. Строение и классификация плодов ... 165
Работа 31. Отдел Моховидные (Bryophita) ... 173

Работа 32. Отдел Плауновидные(Lycopodiophita)..... 181
Работа 33. Отдел Хвощевидные (Equisetophyta)..... 186
Работа 34. Отдел Папоротниковидные (Polypodiophita)..... 190
Работа 35. Отдел Голосеменные (Gimnospermae), или сосновые (Pinophyta)..... 195
Работа 36. Отдел Покрытосеменные (Angiospermatophyta, Magnotiophyta)..... 200
Работа 37. Семейства Лавровые (Lauraceae) и Магнолиевые (Magnoliaceae)..... 207
Работа 38. Семейство Нимфейные, или Кувшинковые (Nymphaeaceae)..... 211
Работа 39. Семейство Лютиковые (Ranunculaceae)..... 214
Работа 40. Порядок Розоцветные (Rosales). Семейство Розановые (Rosaceae)..... 219
Работа 41. Порядок Бобовоцветные (Fabales). Семейство Бобовые (Fabaceae). Подсемейство Мотыльковые (Papilionoideae)..... 227
Работа 42. Порядок Мальвоцветные (Malvales). Семейство Мальвовые (Malvaceae)..... 234
Работа 43. Порядок Аралиецветные (Araliales). Семейство Сельдерейные или Зонтичные (Apiaceae, Umbelliferae)..... 242
Работа 44. Порядок Норичникоцветные (Scrophulariales). Семейство Пасленовые (Solanaceae)..... 248
Работа 45. Порядок Яснoткоцветные (Lamiales). Семейство Яснотковые, или Губоцветные (Lamiaceae, Labiatae)..... 254
Работа 46. Порядок Марецветные (Chenopodiales). Семейство Маревые или Лебедовые (Chenopodiaceae)..... 259
Работа 47. Порядок Макоцветные (Rhoeadales). Семейство Капустные, или Крестоцветные (Brassicaceae, Cruciferae)..... 264
Работа 48. Порядок Астроцветные (Asterales). Семейство Астровые, или Сложноцветные (Asteraceae, Compositae) 271
Работа 49. Порядок Лилейноцветные (Liliales). Семейство Лилейные (Liliaceae)..... 278
Работа 50. Порядок Осокоцветные (Cyperales). Семейство Осоковые (Cyperaceae)..... 284
Работа 51. Порядок Мятликоцветные, или Злакоцветные (Poales, Graminales). Семейство Мятликовые, или Злаковые (Poaceae, Gramineae)..... 291
Рекомендуемая литература..... 301
Алфавитно-предметный указатель..... 302

Учебное издание

Мельникова Наталья Александровна
Нечаева Елена Хамидулловна
Царевская Валентина Михайловна
Коваленко Марина Викторовна
Марковская Галина Кусаиновна

БОТАНИКА

Практикум

Подписано в печать 26.12.2017. Формат 60×841/16
Усл. печ. л. 17,84, печ. л. 19,19.
Тираж 100. Заказ №373.
Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru
Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО»
443086, г. Самара, ул. Песчаная, 1
Тел.: (846) 267-36-82

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Растениеводство и земледелие»

Л. В. Киселева, О. П. Кожевникова, В. Г. Васин

Земледелие

Методические указания для выполнения курсовой работы

Кинель
РИО СГСХА
2018

УДК 631.5 (07)
ББК 41.4 Р
К-44

Киселева Л. В.
К-44 Земледелие : методические указания / Л. В. Киселева, О. П. Кожевникова, В. Г. Васин. – Кинель : РИО СГСХА, 2018. – 32 с.

В методических указаниях приведены цель и задачи курсовой работы, общие положения, порядок и этапы выполнения; требования к структуре и объему, оформлению, порядку представления к защите; примерные темы, ответственность автора. Учебное издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия.

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2018
© Киселева Л. В., Кожевникова О. П., Васин В. Г. 2018

Предисловие

Цель курсовой работы по дисциплине «Земледелие» – закрепление теоретических знаний по вопросам земледелия. Выполняя ее, студенты приобретают навыки самостоятельной работы по проектированию севооборотов и систем обработки почвы под сельскохозяйственные культуры для конкретных условий хозяйства.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия.

Курсовая работа должна свидетельствовать об уровне сформированности следующих компетенций обучающегося:

- способность распознавать основные типы и разновидности почв, обосновать направления их использования в земледелии и приемы воспроизводства плодородия;
- готовность установить соответствие агроландшафтных условий требованиям сельскохозяйственных культур при их размещении по территории землепользования;
- способность обосновать подбор сортов сельскохозяйственных культур для конкретных условий региона и уровня интенсификации земледелия, подготовить семена к посеву;
- готовность скомплектовать почвообрабатывающие, посевные и уборочные агрегаты и определить схемы их движения по полям, провести технологические регулировки сельскохозяйственных машин;
- готовность обосновать систему севооборотов и землеустройства сельскохозяйственной организации;
- готовность адаптировать системы обработки почвы под культуры севооборота с учетом плодородия, крутизны и экспозиции склонов, уровня грунтовых вод, применяемых удобрений и комплекса почвообрабатывающих машин;
- готовность обосновать технологии посева сельскохозяйственных культур и ухода за ними;
- способность обосновать способ уборки урожая сельскохозяйственных культур, первичной обработки растениеводческой продукции и закладки ее на хранение.

1. Общие положения

Курсовая работа является формой самостоятельной работы студентов. В ходе выполнения курсовой работы закрепляются основные компетенции, реализуемые выпускником в ходе обучения, оценивается его готовность к производственно-технологической, организационно-управленческой и научно-исследовательской формам профессиональной деятельности.

Курсовая работа выполняется на третьем курсе. Приступать к написанию курсовой работы следует после изучения тем «Сорные растения и меры борьбы с ними», «Севообороты и их агротехнические основы», заканчивать – после изучения темы «Системы обработки почвы под сельскохозяйственные культуры».

Методические указания содержат рекомендации по написанию курсовой работы на тему: «Проектирование севооборотов и обработки почвы в хозяйстве _____ района Самарской области».

На основании полученных от преподавателя (или взятых в хозяйстве) материалов студент должен:

определить специализацию хозяйства, установить структуру посевных площадей, число севооборотов, научно-обоснованное чередование культур в них, дать агротехническую и экономическую оценку севооборотов, составить ротационные таблицы;

разработать систему обработки почвы в севообороте с учетом почвенно-климатических условий зоны, в которой находится хозяйство, новейших достижений науки и передового опыта;

спланировать систему механических и химических мероприятий по борьбе с сорняками в севообороте, рассчитать потребность в гербицидах для уничтожения сорной растительности в посевах сельскохозяйственных культур.

Курсовая работа оформляется в соответствии с требованиями «СМК 04-30-2013 Положение о курсовом проектировании» и настоящими методическими указаниями студентами всех форм обучения (направление подготовки Агрономия).

Методические указания помогут обучающимся правильно разработать структуру курсовой работы, грамотно ее оформить.

2. Требования к оформлению курсовой работы

Курсовая работа должна быть написана грамотно, сжато и содержательно, отображать все разделы, предусмотренные методическими указаниями. Материал излагается на одной стороне

стандартного листа. Порядковый номер страницы размещают по центру нижнего поля страницы. На титульном листе номер на странице не ставится, но включается в общую нумерацию работы. Текст титульного листа оформляется без рамки.

Курсовая работа должна быть напечатана на стандартном листе офисной бумаги в формате А4 с соблюдением следующих требований:

- поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм;
- шрифт размером 14 пт, Times New Roman;
- межстрочный интервал – полуторный;
- абзацный отступ – 1,25;
- выравнивание текста – по ширине.

Каждая курсовая работа состоит из нескольких структурных элементов: титульный лист, задание на курсовую работу, реферат, оглавление, введение, основная часть, выводы и предложения, список использованной литературы и источников, приложения (при необходимости).

Титульный лист печатается по образцу, приведенному в приложении 1.

Задание на курсовую работу (с согласованием сроков исполнения) разрабатывает руководитель курсовой работы, утверждает заведующий выпускающей кафедры, после чего обучающийся расписывается в его получении (прил. 2).

Реферат содержит краткое, точное изложение содержания работы, включающее в себя основные сведения об объеме текстового материала, количество иллюстраций, таблиц, формул, приложений, использованных источников, а так же сокращения, используемые в работе (прил. 3).

Оглавление – путеводитель по курсовой работе. В него следует выписать с указанием страниц все заголовки, подзаголовки в той последовательности и в той же словесной формулировке, в которой они приведены в курсовой работе. Оглавление помещается после реферата.

Во ***введении*** (1-2 стр.) необходимо кратко изложить направления развития сельского хозяйства страны в области земледелия, назвать и охарактеризовать проблемы, стоящие в России в области земледелия. Отметить, что в решении проблем земледелия умение

правильно, рационально разрабатывать систему севооборотов, систему обработки почвы и систему борьбы с сорной растительностью играет большую роль. При этом кратко охарактеризовать роль севооборотов, обработки почвы и мероприятий по борьбе с сорняками в правильном использовании земли, повышении плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

Основная часть. Текст основной части делят на главы (разделы) и подразделы. Заголовки глав размещаются на странице симметрично тексту прописными буквами. Заголовки подразделов – строчными. Не допускается перенос слов в заголовках. Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Каждый раздел (глава) начинается с нового листа (страницы).

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 7-10 мм (одна строка).

Главы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей работы и обозначаться арабскими цифрами, пункты нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого параграфа. Номер пункта состоит из номеров главы, параграфа, пункта, разделенных точками. В конце номера пункта точка не ставится.

Сокращения слов допускаются только в соответствии с обще принятыми нормами. Например, сантиметр «см», гектар «га», килограмм «кг», год «г.», годы «гг.», грамм «г», «ц/га», «$м^2$», «млн.», «тыс. руб.» и т. д.

Цитирование различных источников в курсовой работе оформляется ссылкой на данный источник с указанием его порядкового номера в списке использованной литературы в квадратных скобках после цитаты. В необходимых случаях в скобках указываются страницы. Возможны и постраничные ссылки.

Прямая речь в тексте не указывается.

В ***выводах и предложениях*** (1-1,5 стр.) четко и кратко излагается итог всей проделанной работы, суть которой должна быть понята без чтения основного текста. Формулируется суть проведенных исследований, выводы и даются рекомендации производству (при необходимости).

В ***список использованной литературы и источников*** включаются только те источники, на которые сделаны ссылки в тексте

курсовой работы. Фамилии авторов располагают в алфавитном порядке – сначала отечественных, затем – зарубежных. При наличии более трех авторов допускается указывать фамилии и инициалы только первых трех, далее пишут слово «и др.». После фамилии и инициалов автора пишется полное название работы, место издания, издательство, год издания. Допускается сокращение названия только двух городов: Москва «М.» и Санкт-Петербург «СПб.». Примеры оформления списка литературы приведены в приложении 4.

Объем курсовой работы 30-35 страниц в напечатанном виде. Список использованной литературы должен включать не менее 10-15 наименований, 30% которых за последние 5 лет.

Цифровой материал, помещаемый в курсовую работу, следует оформлять в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь тематический заголовок, раскрывающий ее содержание. Таблицы в курсовой работе располагаются непосредственно после текста, в котором они упоминается впервые или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки в тексте. Нумерация таблиц должна быть сквозной по всему тексту в пределах раздела или работы. Порядковый номер таблицы проставляется в правом верхнем углу над ее названием после слова «Таблица». Тематический заголовок таблицы размещается над таблицей и выравнивается по центру строки, точка в конце заголовка не ставится. Нумерация таблиц сквозная (1, 2, 3, и т.д.). Таблицы должны быть наглядными, понятными без обращения к тексту. Не рекомендуется начинать раздел таблицей, а так же заканчивать его таблицей без анализа, выводов, сравнения представляемого цифрового материала.

Все листы работы и приложений аккуратно подшиваются (брошюруются) в папку. Страницы курсовой работы, включая приложения, нумеруются арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации. Порядковый номер страницы размещают по центру нижнего поля страницы. Студенты должны сдать курсовую работу на проверку не позднее, чем за 15 дней до начала экзаменационной сессии.

3. Порядок проведения защиты курсовой работы

Курсовая работа допускается к защите при условии законченного оформления, допуска руководителя. Если курсовая работа

не допущена к защите, руководитель проставляет в зачетно-экзаменационную ведомость студенту неудовлетворительную оценку.

Защита курсовых работ должна быть проведена до начала экзаменационной сессии.

Защита курсовой работы проводится в установленное кафедрой время в виде публичного выступления студента перед специальной комиссией, создаваемой заведующим кафедрой, с участием руководителя работы. В отсутствие последнего защита может быть проведена при условии представления руководителем письменного отзыва на курсовую работу. Состав комиссии, порядок ее работы определяются заведующим кафедрой и доводятся до сведения студентов, руководителей курсовых работ и членов комиссий не позднее, чем за неделю до защиты.

Комиссия оценивает защиту в протоколе. По решению ведущего преподавателя к сведению могут приниматься вопросы присутствующих в зале аспирантов и студентов.

Непосредственная подготовка к защите курсовой работы сводится к написанию тезисов доклада. Защита состоит из доклада продолжительностью 3-5 мин, ответов на вопросы комиссии и присутствующих.

Рекомендуемая последовательность изложения:

1) тема курсовой работы;
2) постановка задачи и проблематики;
3) анализ состояния изучаемого вопроса;
4) обоснование и принятие решений по теме курсовой работы;
5) выводы и предложения по результатам исследований.

Ответы на вопросы необходимо формулировать четко, ясно и по существу.

Основными критериями оценок являются:

1. Полнота изложения работы, содержательность.
2. Объем экспериментальной части, критическая осмысленность результатов исследований.
3. Полнота обобщения литературы и наличие ссылок на нее в тексте.
4. Наличие в работе обобщения передового опыта и достижений сельскохозяйственной науки.
5. Четкость построения работы, логическая последовательность изложения материала.
6. Срок сдачи работы на проверку.

Оценка «*отлично*» выставляется при выполнении курсовой работы в полном объеме; работа отличается глубиной проработки

всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; в работе обобщен передовой опыт и достижения сельскохозяйственной науки, на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

Оценка «*хорошо*» выставляется при выполнении курсовой работы в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент твердо владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

Оценка «*удовлетворительно*» выставляется при выполнении курсовой работы в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

Оценка «*неудовлетворительно*» выставляется, когда студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или вовсе не отвечает на них.

4. Структура курсовой работы

Для студентов, выполняющих курсовую работу, план изложения материала следующий:

Задание

Реферат

Оглавление

Введение

1. Почвенно-климатические условия хозяйства

1.1. Климатические условия

1.2. Характеристика почв

2. Разработка системы севооборотов на основе структуры посевных площадей

2.1. Определение числа севооборотов

2.2. Разработка чередования культур в севооборотах, определение их типов и видов

3. Разработка плана освоения севооборота

3.1. План перехода на принятый севооборот

3.2. Ротационная таблица

4. Разработка системы обработки почвы в освоенном севообороте

4.1 Обоснование технологий обработки почвы

4.2 Оценка качества полевых работ

5. Засоренность полей хозяйства и меры борьбы с сорняками

5.1 Предупредительные и агротехнические меры борьбы с сорняками

5.2 Химический метод. Расчет потребности в гербицидах

5.3 Охрана труда при работе с гербицидами

6. Продуктивность и оценка стоимости продукции, полученной с разработанных севооборотов

6.1. Продуктивность разработанных севооборотов

6.2. Агротехническое обоснование вводимых севооборотов

6.3. Оценка стоимости продукции, полученной с разработанных севооборотов

Выводы и предложения

Список использованной литературы и источников

5. Основная часть курсовой работы

5.1. Почвенно-климатические условия района

Климатические условия

По данным ближайшей к хозяйству метеорологической станции (прил. 5) дать краткую характеристику климатических условий по среднемноголетним данным.

Сделать краткие выводы из данных климатических условий (наличие неблагоприятных климатических явлений, характерных для зоны, где расположено хозяйство, достаточность выпадающих осадков), поставить задачи перед агротехническими мероприятиями, разрабатываемыми в курсовой работе, в снижении отрицательного действия погодных условий на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Эти выводы учесть при обосновании схемы принятого севооборота № 1 и разработке системы обработки почвы.

Характеристика почв

Назвать преобладающие в данном районе почвы, дать краткую агрофизическую и агрохимическую характеристику наиболее распространенной из них: указать гранулометрический (механический) состав, обеспеченность гумусом и мощность гумусового горизонта.

Выяснить наличие и степень проявления водной и ветровой эрозии, указать площади эродированных и эрозионно-опасных земель. Эти данные необходимо учесть при разработке и обосновании системы обработки почвы.

5.2. Разработка системы севооборотов на основе структуры посевных площадей

Определение числа севооборотов

Основой для проектирования севооборотов является структура посевных площадей. В хозяйствах ее разрабатывают исходя из потребностей хозяйства в продукции растениеводства, плановой урожайности сельскохозяйственных культур и площади пашни в проектируемых севооборотах.

В индивидуальном задании к выполнению курсовой работы имеются сведения о структуре посевных площадей на год введения севооборотов в хозяйстве. Структура посевных площадей дает возможность разработать систему севооборотов в хозяйстве, состоящую из сочетания полевых, кормовых и специальных севооборотов, а насыщенность их зерновыми и пропашными культурами, чистыми парами и многолетними травами позволит определить их виды. Отклонение размеров полей внутри каждого севооборота не должно превышать 10% от среднего размера поля.

При проектировании новых севооборотов в хозяйствах стремятся к тому, чтобы внутри каждого севооборота свойства почвы резко не отличались. На эрозионно-опасных склонах, пойменных землях, труднодоступных участках выделяют самостоятельные севообороты с более высоким насыщением их многолетними травами или другими культурами в зависимости от назначения сельскохозяйственных угодий. Вблизи животноводческих ферм размещают кормовые севообороты с высоким насыщением их малотранспортабельными сочными кормами.

Указанные в структуре посевных площадей (см. индивидуальное задание) сельскохозяйственные культуры распределяют по севооборотам с учетом биологических особенностей культур и технологии их возделывания (табл. 1).

Таблица 1

Распределение культур и паров по севооборотам

Культуры	Площадь, га	Распределение площадей по севооборотам, га			
		Севооборот №1		Севооборот № 2	
		площадь	остаток	площадь	остаток
1	2	3	4	5	6
Общая площадь					

Используя данные индивидуального задания, где указаны количество и размер полей в севообороте № 1, определяют состав культур для этого севооборота. Севооборот № 1 должен быть зернопаропропашным.

После того, как подобраны культуры для первого севооборота, приступают к подбору культур и их площадей для севооборота № 2. Этот севооборот может быть аналогичен первому или быть совершенно другим (с другим набором и чередованием культур, другим количеством и размером полей). Затем из оставшейся площади проектируют севообороты № 3, 4, 5 и т.д. до тех пор, пока вся оставшаяся посевная площадь, включая чистый пар и промежуточные культуры, не будет вписана в севообороты.

Часть культур, имеющие обычно небольшие площади (например, овощи, картофель), используемые для общественного питания и др., в севообороты можно не включать, но площадь их указывается вне севооборотов.

После составления системы севооборотов для хозяйства, дальнейшее выполнение курсовой работы (разделы 3, 4, 5, 6) будет проводиться по одному севообороту № 1.

Разработка чередования культур в севооборотах, определение их типов и видов

Используя распределение культур по севооборотам (табл. 1), составляют чередование культур в каждом севообороте и записывают в таблицу 2. Определяют тип и вид проектируемых севооборотов.

Таблица 2

Рекомендуемые севообороты

Номер поля	Чередование культур	Площадь поля, га	Тип, вид севооборота и соотношение *групп культур* в них (в % от площади севооборота)
Севооборот № 1			
1.			
…			
Общая площадь			
Ср. размер поля			
Допустимое отклонение			

5.3. Разработка плана освоения севооборота

План перехода на принятый севооборот

В таблицах индивидуального задания имеются сведения о фактическом размещении сельскохозяйственных культур на полях севооборота № 1 за последние 2 года и засоренность полей этого севооборота.

При освоении проектируемого севооборота составляется план перехода к нему (табл. 3), в котором с учетом предшественников и установленного чередования культур осуществляется постепенный переход к принятой схеме. Севооборот считается освоенным, когда выполняется новая структура посевных площадей, каждая культура будет возделываться в границах своих полей и по своему предшественнику в соответствии со схемой севооборота.

Таблица 3

План перехода на принятый севооборот

Номер и площадь поля	Предшественники				Размещение культур по полям в переходный период			
	20__ год		20__ год		20__ год		20__ год	
	с.х. культуры, пар	площадь, га	с.х. культуры, пар	площадь, га	с.х. культуры, пар	площадь, га	с.х. культуры, пар	площадь, га
1-300								
…								

При этом, с учетом предшественников (см. индивидуальное задание) планируется размещение культур вводимого севооборота в каждом поле на несколько лет вперед: сначала в первый год освоения, затем во второй год и т.д. до тех пор, пока все культуры вводимого севооборота будут размещены в полях по предшественникам, предусмотренным схемой чередования культур. В первую очередь размещаются культуры прошлых лет посева (многолетние травы, озимые), яровые культуры по предшественникам располагают по убывающей ценности. Ослабленные, засоренные поля отводятся под чистый пар, если он предусмотрен во вводимом севообороте.

В переходный период нельзя допускать резкого изменения посевных площадей основных культур, переходный период должен быть как можно короче – 2-3 года.

После составления плана перехода к принятому севообороту необходимо дать агротехническое обоснование перехода на вводимый севооборот, в котором необходимо объяснить, как реализовались правила размещения культур в полях севооборота в переходный период. При этом должны найти отражение такие вопросы, как требование возделываемой культуры к плодородию почвы, предшественникам, отношение к засоренности, вредителям, болезням и т.д.

Ротационная таблица

Для контроля смены культур по годам и полям в севообороте составляется ротационная таблица 4, началом которой считается год освоения севооборота. Для севооборотов без выводного поля многолетних трав таблица составляется настолько лет, сколько полей в севообороте плюс первый год второй ротации.

Таблица 4

Ротационная таблица освоенного севооборота

Год	Номер и площадь поля	
	1 - 300	…
20__		
…		

Севообороты с выводным полем имеют две ротации: полную и неполную. При неполной (малой) ротации чередование культур на полях осуществляется согласно схеме севооборота, но без выводного поля. При полной ротации выводное поле должно пройти через каждое поле севооборота. При этом время полной ротации будет

зависеть от числа лет под выводным полем и количества полей в севообороте. В год распашки выводного поля многолетние травы необходимо посеять к ячменю или яровой пшенице на чистом поле, а по пласту трав посеять просо, яровую пшеницу или бахчевые культуры.

5.4. Разработка системы обработки почвы в освоенном севообороте

Обоснование технологий обработки почвы

После того, как будет составлена таблица на переходный период до освоения севооборота и определится год, когда все культуры вводимого севооборота будут размещены по предшественникам, предусмотренным схемой чередования культур, разрабатывают систему обработки почвы в севообороте на год освоения, которую записывают в таблицу 5.

Вначале планируют систему обработки почвы для первого поля под ту сельскохозяйственную культуру, которая оказалась в этом поле на год освоения севооборота, затем для второго поля под культуру, которая окажется в этом поле и далее по всем полям вводимого севооборота.

Систему обработки почвы под каждую культуру начинают с осенней обработки (сразу после уборки предшественника) и заканчивают последней обработкой перед уборкой урожая культуры. Если на поле размещаются две и более культур, то система обработки почвы разрабатывается под каждую из культур отдельно.

Таблица 5

Система обработки почвы в полях освоенного севооборота

№ поля	Культура	Предшественник	Засоренность поля (тип,, степень, состав)	Приемы обработки почвы, применение гербицида	Глубина обработки	Агротехнические сроки проведения	Марки машин, орудий
1	2	3	4	5	6	7	8
…							

В паровых полях обработку показывают от уборки предшественника и до посева озимых. В поле, где размещаются озимые от начала весенних полевых работ и до уборки урожая.

В систему обработки почвы должны быть включены все ее приемы (в порядке последовательности их проведения) с указанием глубины и сроков обработки, марок почвообрабатывающих машин и орудий. При этом учитывают биологические особенности культуры, мощность перегнойного горизонта, влияние предшественника, тип, степень и состав засоренности поля.

Разрабатываемая система обработки почвы должна иметь почвозащитную и влагосберегающую направленность, поэтому следует предусмотреть элементы ее минимализации.

Необходимо дать обоснование системы обработки почвы в севообороте:

- объяснить, почему выбрана та или иная система обработки почвы в севообороте (отвальная, комбинированная или безотвальная);

- пояснить, почему в том или ином поле проводится вспашка или она заменяется приемами безотвальной, мелкой и поверхностной обработки почвы, почему механическая обработка почвы заменяется применением гербицида;

- объяснить, в каких полях реализуются те или иные методы механической борьбы с сорняками (методы истощения, удушения, провокации семян сорняков на прорастание) или они заменены применением химического метода;

- объяснить выбор сеялок или посевных комплексов для посева культур севооборота.

Обоснование системы обработки почвы в освоенном севообороте проводится с учетом почвенно-климатических условий, засоренности полей, при этом используются результаты научных учреждений области.

Оценка качества полевых работ

Любой прием обработки почвы наиболее полно достигает поставленной цели при соблюдении срока обработки, направления и способа движения агрегата, правил регулировки и настройки. Записи ведутся в виде таблицы (табл. 6).

Таблица 6

Агротехнические требования к выполнению технологических операций по обработке почвы

Показатели	Требования и допуски

5.5. Засоренность полей хозяйства и меры борьбы с сорняками

Предупредительные и агротехнические меры борьбы с сорняками

Разработать для конкретных условий хозяйства предупредительные меры борьбы с сорными растениями.

Разработать для одного из освоенных севооборотов агротехнические меры борьбы с наиболее вредоносными видами малолетних, корневищных и корнеотпрысковых сорняков. Описать агротехнические приемы борьбы с карантинными и паразитными сорняками.

Разрабатываемые приемы и их обоснование представить в виде текста.

Химический метод. Расчет потребности в гербицидах

В этом подразделе необходимо сказать о значении химического метода в борьбе с сорняками. Подобрать необходимый ассортимент гербицидов из государственного каталога пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации за последний год и представить их в виде таблицы 7.

Таблица 7

Потребность в гербицидах в севообороте №___ и затраты на химическую обработку посевов

Культура и пары	Площадь, га	Засоренность	Обрабатываемая площадь, га	Гербицид	Норма расхода, кг/га, л/га	Способ, время применения	Расход гербицида	Стоимость гербицида, руб.	Стоимость обработки, руб.	Всего затрат, руб.
…										
Итого										

Обосновать выбор химических препаратов для применения борьбы с сорными растениями. Описать условия и способы применения рекомендуемых гербицидов и меры предосторожности при работе с ними.

Охрана труда при работе с гербицидами

В этом разделе необходимо привести правила по технике безопасности и охране окружающей среды при использовании гербицидов с указанием соответствующего федерального закона, ГОСТа и инструкций по технике безопасности.

5.6. Продуктивность и оценка стоимости продукции, полученной с разработанных севооборотов

Методы агроэкономического обоснования и оценки системы севооборотов сводятся к оценке каждого севооборота и всей системы севооборотов по выходу продукции на единицу севооборотной площади, выраженной в сопоставимых величинах: в зерновых, кормовых и денежных единицах.

Продуктивность разработанных севооборотов

Чтобы дать сравнительную оценку севооборотам по их продуктивности, необходимо установить выход продукции на единицу земельной площади по всем полям севооборотов: зерна, технических культур, клубней картофеля, зеленых, сочных и грубых кормов, кормовых единиц. Кормовые единицы подсчитываются по валовому сбору основной и побочной продукции.

Расчет продуктивности необходимо представить в виде таблицы 8.

При расчете продуктивности севооборота необходимо рассчитать валовой сбор основной и побочной продукции. Валовой сбор находим путем умножения урожайности основной или побочной продукции на площадь, занятую культурой. Урожайность основной продукции берется из приложения 6, урожайность побочной продукции рассчитывается исходя из соотношения выхода в биомассе культуры основной и побочной продукции (прил. 7).

В связи с тем, что в севообороте возделывается определенный набор культур, которые дают различную продукцию, несопоставимую по валовому сбору, необходимо выразить ее в сопоставимых величинах (в кормовых единицах).

Для расчета используются коэффициенты, определяющие содержание кормовых единиц в единице продукции (прил. 7). Общий сбор кормовых единиц определяется умножением величины валового сбора на соответствующий коэффициент.

Например, при валовом сборе зерна (основной продукции) озимой пшеницы 600 ц и содержании в 1 ц 1,20 ц корм. ед. валовой сбор по данному виду продукции составит 600×1,20 = 720 ц корм. ед.

Далее рассчитывают выход общей продукции, выраженный в кормовых единицах на 100 га пашни севооборота, для чего сумму валового сбора основной и побочной продукции всех культур севооборота, выраженную в кормовых единицах, делят на общую площадь пашни севооборота и умножают на 100.

Таблица 8

Продуктивность разработанных севооборотов

Сельскохозяйственные культуры и пары	Вид продукции		Площадь, га.	Урожайность, ц/га		Валовой сбор, ц		В 1 ц содержится к. ед		Валовой сбор, к. ед., ц		
	основной	побочной		основной	побочной	основной	побочной	основной	побочной	основной	побочной	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Севооборот № 1:												
…												
Итого	-	-	Σ=	-	-	-	-	-	-	Σ=		
В среднем на один га севооборотной площади: _____ ц												
Севооборот № 2:												
…												
Итого	-	-	Σ=	-	-	-	-	-	-	Σ=		
В среднем на один га севооборотной площади: _____ ц												

Всего: выход на 100 га пашни: зерна ____ц, корм. ед. _____

Сравните полученные данные и объясните причины различной продуктивности пашни в севооборотах. Наметьте мероприятия по ее повышению.

Агротехническое обоснование вводимых севооборотов

В агротехническом обосновании следует показать, почему принято именно такое чередование культур в севооборотах. Показать

влияние каждой предшествующей культуры на развитие последующей (чистота поля от сорных растений, борьба с вредителями и болезнями, истощение почвы основными элементами питания растений - N, P, K и др.). Оценить севообороты по сохранению и повышению плодородия почвы.

Оценка стоимости продукции, полученной с разработанных севооборотов

При оценке стоимости продукции, полученной с разработанных севооборотов (табл. 9), необходимо рассчитать продуктивность пашни вводимого севооборота в денежных единицах (выход кормовых единиц и стоимость произведенной продукции в среднем с 1 га севооборотной площади). Стоимость товарной продукции, получаемой в севообороте, рассчитывается исходя из текущих цен реализации (цены реализации сельскохозяйственной продукции по Самарской области ежегодно публикуются в журналах Агро-Информ).

Таблица 9

Оценка стоимости продукции, полученной с разработанных севооборотов

Сельскохозяйственные культуры и пары	Вид продукции		Площадь, га	Урожайность, ц/га		Валовой сбор, ц		Цена ц, руб.		Стоимость продукции, руб		
	основной	побочной		основной	побочной	основной	побочной	основной	побочной	основной	побочной	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Севооборот № 1:												
...												
Итого	-	-	Σ=	-	-	-	-	-	-	Σ=		
В среднем на один га севооборотной площади: _____ ц												
Севооборот № 2:												
...												
Итого	-	-	Σ=	-	-	-	-	-	-	Σ=		
В среднем на один га севооборотной площади: _____ ц												

Всего: выход на 100 га пашни: основной продукции ____ руб., побочной продукции ____ руб., продукции (общий) ____ руб.

Расчет стоимости для товарной и нетоварной (на кормовые цели) продукции проводится по-разному. Для товарной продукции – валовой сбор ее умножается на цену реализации. Стоимость зеленой массы кормовых культур, соломы и другой нетоварной продукции (цена на них не установлена) подсчитывают следующим образом: сбор кормовых единиц по этим видам продукции умножают на цену 1 ц овса.

При этом использовать сведения о питательности кормов (прил. 8).

Далее рассчитывают выход общей продукции, выраженный в кормовых единицах и в стоимостном выражении на 100 га пашни севооборота, для чего сумму валового сбора основной и побочной продукции всех культур севооборота, выраженную в кормовых единицах или в стоимостном выражении, делят на общую площадь пашни севооборота и умножают на 100.

На основании проведенного расчета и критериев продуктивности севооборотов в различных зонах Самарской области сделать краткий вывод об экономической целесообразности освоения нового севооборота.

Выводы и предложения (не более 1-2 стр.). Здесь четко и кратко излагается итог всей проделанной работы, суть которой должна быть понята без чтения основного текста. Формулируется суть проведенных исследований, выводы и даются рекомендации производству.

Приложения

Приложение 1

Пример оформления титульного листа

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

кафедра «Растениеводство и земледелие»

Курсовая работа

по дисциплине: _____

Тема: _____
_____

Выполнил:
Студент ____ курса
Группы ____
Направление подготовки _____

Личный номер _____
(номер зачетной книжки)

_____
(Фамилия, Имя, Отчество студента полностью)

К защите допущен: _____ / _____
(подпись) *(инициалы, фамилия)*

_____ / _____
_____ / _____
Оценка _____ _____ / _____
(цифрой и прописью) *(подпись членов комиссии)* *(расшифровка подписи)*

Самара 20___

Приложение 2

Пример оформления задания

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Растениеводство и земледелие»

ЗАДАНИЕ
на курсовую работу по дисциплине
«Земледелие»

Студенту_____
(Фамилия, Имя, Отчество, полностью)

Тема работы _____
_____
_____

Исходные данные (технические требования) на курсовую работу

Культуры	Площадь	
	га	%
1. Зерновые и зернобобовые (всего), в т.ч.		
озимые зерновые:		
яровые зерновые:		
зернобобовые:		
2. Технические (всего), в т.ч.		
…		
3. Овощебахчевые и картофель (всего), в т.ч.		
…		
4. Кормовые (всего), в т.ч.		
…		
5. Вся посевная площадь		
6. Пары чистые		
ВСЕГО ПАШНИ		100.0

Номер и площадь (га) полей	Предшественники		Степень засоренности полей в 2016 году, балл	Тип засоренности, название преобладающих видов сорняков
	2016 год	2017 год		
1. - 355				
…				

Характеристика полей севооборота № 1 в предшествующие годы

Задание выдано «____» _____20___г.

Руководитель _____ _____

(подпись) *(расшифровка подписи)*

Приложение 3

Пример оформления реферата

Реферат

Курсовая работа содержит 35 страниц машинописного текста, включает 9 таблиц, 20 наименований использованной литературы и источников.

Правильная обработка почвы и соблюдение севооборотов на территории хозяйства обеспечивают накопление и сохранение влаги в корнеобитаемом слое, мобилизацию питательных веществ, более интенсивную борьбу с сорняками, болезнями и вредителями, создание оптимальных физических условий или биологических процессов, роста и развития культурных растений, повышения плодородия почвы и защиты ее от эрозии.

Исходя из передоложенной структуры посевных площадей было составлено 2 шестипольных полевых севооборота.

Стоимость основной произведённой продукции с учетом побочной в среднем с 1 га севооборотной площади составляет 39,1 тысяч руб. Выход кормовых единиц с учетом побочной продукции составил 24,5 тыс. руб., что не соответствует биоклиматическому потенциалу зоны.

В 2020 году все культуры встают на свои места согласно схеме севооборота и этот год считается годом освоения севооборота и первым годом ротации. Ротация севооборота с 2020 по 2026 год.

Обработка почвы проведена с учетом засоренности полей и почвенно- климатических условий района.

Приложение 4

Примеры оформления использованной литературы и источников

Книга (1 автор)

Баздырев, Г. И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии. – М. : Изд-во МСХА, 1993. – 242 с.

Книга (до 4 авторов)

Чулкина, В. А. Интегрированная защита растений: фитосанитарные системы и технологии / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов. – М. : Колос, 2009. – 670 с.

Книга (4 автора)

Лобков, В. Г. Интенсификация биологических факторов воспроизводства плодородия почвы в земледелии / В. Г. Лобков, Н. И. Абакумов, Ю. А. Бобокова. – Орёл : Изд-во Орел ГАУ, 2016. – 160 с.

Книга (более 4 авторов)

Баздырев, Г. И. Земледелие / Г. И. Баздырев, В. Г. Лошаков, А. И. Пупонин [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 550 с.

Статья в журнале (1 автор)

Руденко, Н. Е. Как эффективно воздействовать на почву при поверхностной обработке / Н. Е. Руденко // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – №6. – С. 3-8.

Статья в журнале (до 4 авторов)

Казаков, Г. И. Почвозащитная обработка почвы в Среднем Поволжье / Г. И. Казаков, В. А. Корчагин // Земледелие. – 2009. – №1. – С. 26-28.

Статья в журнале (4 автора)

Чернышёва, Н. М. Плодородие и обработка почвы / Н. М. Чернышёва, С. С. Балабанов, Н. И. Картамышев, В. Ю. Тимонов // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – №5. – С. 48-51.

Статья в журнале (более 4 авторов)

Андреев, В. Л. Ресурсосбережение при основной обработке почвы / В. Л. Андреев, С. Л. Дёмшин, Р. Р. Нуризянов [и др.] // Земледелие. – 2008. – №1. – С. 22-23.

Статья в сборнике трудов (1 автор)

Кузина, Е. В. Обработка почвы как фактор улучшения структурных качеств и строения пахотного слоя чернозёмных почв Лесостепи Поволжья / Е. В. Кузина // Эволюция и деградация почвенного покрова : сб. стат. межд. конф. – 2015. – С. 272-273.

Статья в сборнике трудов (до 4 авторов)

Сабитов, М. М. Обработка почвы – доступный, эффективный агротехнический приём по сохранению и восстановлению плодородия почв / М. М. Сабитов, К. И. Карпович, Е. В. Кузина // Интродукция нетрадиционных и редких растений : сб. стат. межд. конф. – Ульяновск, 2012. – С. 468-475.

Статья в сборнике трудов (4 автора)

Сухарев, А. А. Влияние однотипных обработок почвы на продуктивность севооборотов в южной зоне Ростовской области / Т. С. Маркелова, О. В. Иванова, Е. А. Нарышкина, Э. А. Баукенова // Разработка инновационных технологий и технических средств для АПК : сб. стат. межд. конф. – Зерноград, 2014. – С. 62-67.

Статья в сборнике трудов (более 4 авторов)

Вандышев, И. А. Обработка почвы в регулировании агрофизических показателей в посевах гороха в севооборотах Лесостепи Поволжья / И. А. Вандышев, Н. Г. Захаров, Н. А. Хайртдинова [и др.] // Микроэлементы и регуляторы роста в питании растений: теоретические и практические аспекты : сб. стат. межд. конф. – Ульяновск, 2014. – С. 18-20.

Документы

Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : [федеральный закон РФ : от 10.01.2002 г. №7-ФЗ : в ред. от 31.12.11 г.].

Стандарты

ГОСТ 16265-89. Земледелие. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 21 с.

Электронные ресурсы

Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://msh-samara.ru/. – Загл. с экрана.

Приложение 5

Список метеорологических станций Самарской области

Тольяттинская Специализированная Гидрометеорологическая обсерватория (ТСГМО)

1. Метеогруппа в составе Тольяттинской СГМО.

Специализированные станции

1. Объединенная гидрометеорологическая станция (ОГМС) Самара.
2. Аэрологическая станция (АЭ) Безенчук.
3. Гидрологическая станция 1 разряда (Г-1) Самара.
4. Агрометеорологическая станция (А) АГЛОС.

Станции

Метеорологические 2 разряда (М-2)

1. Авангард, зерносовхоз.
2. Большая Глушица.
3. Кинель-Черкассы.
4. Клявлино.
5. Новодевичье.
6. Серноводск.
7. Сызрань.
8. Челно-Вершины.

Автоматические метеорологические станции (АМС)

1. Богатое.
2. Новокуйбышевск.
3. Приволжье.
4. Самара (речпорт).
5. Чапаевск.

Гидрометеорологические посты

Метеорологические 2, 3 разрядов (МП)

1. Кротовка, МП-2.
2. Сосновый Солонец, МП-2.
3. Борское, МП-3.

Приложение 6

Ориентировочная урожайность основных сельскохозяйственных культур в Самарской области*

Культуры	Урожайность, ц/га
Озимая пшеница и озимая рожь по чистому пару	30-40
Озимая пшеница и озимая рожь по занятому пару	25-30
Яровая пшеница	15-20
Ячмень, овес	20-25
Горох	10-15
Соя	15-20
Гречиха	7-12
Просо	10-15
Подсолнечник	8-14
Рапс	10-15
Вико-овсяная смесь (однолетние травы)	150-200 (зел. масса)
Суданская трава (однолетние травы)	200-250 (зел. масса)
Люцерна (многолетние травы)	200-250 (зел. масса)
Кукуруза на силос	200-250 (зел. масса)
Картофель	100-180
Сахарная свекла	200-250

*Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://msh-samara.ru/

Приложение 7

Калорийность сельскохозяйственных культур, соотношение основной и побочной продукции*

Культура	Стандартная влажность продукции, %	Отношение основной продукции к побочной	Сумма частей (Л)	Калорийность (кДж) 1 кг сухой биомассы		
				целое растение	основная продукция	побочная продук-ция
Пшеница озимая	14	1:1,8	2,8	18 600	19 019	17 975
Яровая мягкая	14	1:1,5	2,5	18 810	19 228	17 975
Яровая твердая	14	1:1,5	2,5	19 020	19 395	18 183
Рожь озимая	14	1:2	3,0	18 392	18 810	18 015
Ячмень	14	1:1,1	2,1	18 475	18 935	18 057
Овес	14	1:1,3	2,3	18 392	18 726	18 100
Просо	14	1:1,7	2,7	19 228	19 646	18 810
Гречиха	14	1:2,5	3,5	18 977	19 310	18 392
Горох	14	1:1,5	2,5	19 688	20 482	18 935
Соя	14	1:1,1	2,1	20 065	20 482	19 228
Подсолнечник	8	1:3	4,0	18 600	19 311	18 100
Кукуруза на зерно	14	1:1,2	2,2	17 138	17 555	16 720
Кукуруза на силос	70	1,0	1,0	16 302	16 302	16 302
Картофель	80	1:0,7	1,7	17 975	18 225	17 723
Сахарная свекла	80	1:0,5	1,5	17 680	18 140	17 598

*Растениеводство : Практикум / В. А. Федотов, В. В. Коломейченко, Г. И. Дурнев [и др]. – Воронеж : Издательство Воронежского университета, 1996. – 392 с.

Приложение 8

Сведения о питательности кормов для сельскохозяйственных животных (в расчете на 1 единицу продукции)*

Культура	Содержание кормовых единиц	
	Зерно	*Солома*
Вика	1,16	0,22
Горох	1,17	0,30
Гречиха	0,98	0,29
Овес	1,00	0,31
Подсолнечник	1,47	-
Просо	0,96	0,40
Пшеница озимая	1,19	0,20
Пшеница яровая	1,18	0,22
Рожь озимая	1,11	0,22
Сорго	1,15	0,39
Ячмень	1,13	0,33
	Зеленая трава	*Сено*
Викоовес	0,17	0,45
Горохоовес	0,18	0,55
Донник	0,19	0,44
Житняк	0,23	0,54
Костер безостый	0,29	0,48
Кукуруза на силос	0,19	-
Люцерна	0,21	0,46
Люцерна+житняк	0,20	0,52
Люцерна+костер	0,19	0,50
Овес	0,19	0,48
Подсолнечник на силос	0,17	-
Пшеница озимая	0,18	-
Рожь озимая	0,17	0,51
Суданская трава	0,22	0,57
Ячмень	0,18	0,53
	Корни, клубни	*Ботва*
Картофель	0,31	0,12
Морковь кормовая	0,14	0,17
Свекла кормовая	0,12	0,10
Свекла сахарная	0,24	0,16

*Справочник кормовые нормы и таблицы / М. Ф. Томмэ. - Сельхозгиз, 1959. – 335 с.

Рекомендуемая литература

1. Агроклиматические ресурсы Куйбышевской области : справочник. – Л. : Гидрометеоиздат, 1968. – 208 с.

2. Артохин, К. С. Сорные растения: справочное и учебно-методическое пособие / К. С. Артохин. М.: Печатный Город, 2010. – 272 с.

3. Баздырев, Г. И. Земледелие : учебник / Г. И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.И. Пупонин, А.Я. Рассадин [и др.] ; под ред. А.И. Пупонина. – М. : Колос, 2000. – 552 с.

4. Есипов, В. И. Современная техника для ресурсо- и влагосберегающих технологий: учеб. пособие для вузов / Самарская ГСХА – Самара, 2005. – 230 с.

5. Земледелие в Среднем Поволжье : учеб. пособие для вузов / Г. И. Казаков., Р. В. Авраменко, А. А. Марковский [и др.] ; под ред. Г. И. Казакова. – М. : Колос, 2008. – 308 с.

6. Казаков, Г. И. Обработка почвы в Среднем Поволжье : монография. – Самара : СГСХА, 2008. – 251 с.

7. Казаков, Г. И. Севообороты в Среднем Поволжье : учеб. пособие / Г. И. Казаков, Р. В. Авраменко – Самара: СГСХА, 2008. – 136 с.

8. Казаков, Г. И. Экологизация и энергосбережение в земледелии Среднего Поволжья : монография / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 245 с.

9. Корчагин, В.А. Севообороты в Среднем Заволжье : науч.-практ. рек. – Самара : Книга, 2009. – С. 265-296.

10. Марковский, А. А. Агроэкономические основы севооборота : учебное пособие. – Кинель, 2005. – 69 с.

11. Марковский, А. А. Краткая характеристика агроклиматических условий и почвенного покрова Самарской области : учебное пособие / А. А. Марковский, В. Г. Кутилкин. – Кинель, 2005. – 37 с.

12. Несмеянова, Н. И. Почвенный покров Самарской области и его качественная оценка : учебное пособие / Н. И. Несмеянова, С. Н. Зудилин, А. С. Боровкова. – Самара, 2007. – 124 с.

13. Оформление курсовых и дипломных работ : методические рекомендации / сост. А. М. Петров, М. И. Дулов, С. С. Петрова, [и др.]. – Самара, 2010. – 38 с.

14. Подскочая, О. И. Сорные растения и борьбы с ними в Самарской области : учебное пособие / О. И. Подскочая, Г. И. Казаков, М. С. Раскин, Н. С. Никитин ; под ред. Г. И. Казакова. – Самара, 2006. – 128 с.

15. Практикум по земледелию / И. П. Васильев, А. М. Туликов, Г. И. Баздырев, А. В. Захаренко [и др.]. – М. : Агропромиздат, 2004. – 382 с.

16. Справочник полевода. – Куйбышев : Кн. изд-во, 1988. – 366 с.

Оглавление

Предисловие 3
1. Общие положения 4
2. Требования к оформлению курсовой работы 4
3. Порядок проведения защиты курсовой работы 7
4. Структура курсовой работы 9
5. Основная часть курсовой работы 10
5.1. Почвенно-климатические условия района 10
5.2. Разработка системы севооборотов на основе структуры посевных площадей 11
5.3. Разработка плана освоения севооборота 13
5.4. Разработка системы обработки почвы в освоенном севообороте 15
5.5. Засоренность полей хозяйства и меры борьбы с сорняками.. 17
5.6. Продуктивность и оценка стоимости продукции, полученной с разработанных севооборотов 18
Приложения 22
Рекомендуемая литература 30

Учебное издание

Киселева Людмила Витальевна,
Кожевникова Оксана Петровна,
Васин Василий Григорьевич

Земледелие

Методические указания для выполнения курсовой работы

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 11.09.2018. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 1,86; печ. л. 2.
Тираж 50. Заказ № 248.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Растениеводство и земледелие»

Л. В. Киселева

СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Методические указания для выполнения лабораторных работ

Кинель
РИО СГСХА
2017

УДК 6315 (07)
ББК 41.4 Р
К-44

Киселева, Л. В.
К-44 Системы земледелия : методические указания для выполнения практических работ / Л. В. Киселева. – Кинель : РИО СГСХА, 2017. – 74 с.

Методические указания содержат теоретический материал, задания для выполнения лабораторных работ, список рекомендованной учебной литературы, контрольные вопросы.

Учебное издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению: 35.03.04 Агрономия.

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2017
© Киселева Л. В., 2017

Предисловие

Методические указания для практических занятий по дисциплине «Системы земледелия» составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки: 35.04.04 Агрономия. Учебное издание освещает признаки и свойства систем, методов системных исследований, научных основ современных систем земледелия, методики обоснования и разработки технологических звеньев, систем земледелия сельскохозяйственных предприятий. Каждая работа завершена контрольными вопросами. Все расчеты и записи ведутся в тетради. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП ВО):

- способность распознавать основные типы и разновидности почв, обосновать направления их использования в земледелии и приемы воспроизводства плодородия;
- готовность установить соответствие агроландшафтных условий требованиям сельскохозяйственных культур при их размещении по территории землепользования;
- способность обосновать подбор сортов сельскохозяйственных культур для конкретных условий региона и уровня интенсификации земледелия, подготовить семена к посеву;
- готовность скомплектовать почвообрабатывающие, посевные и уборочные агрегаты и определить схемы их движения по полям, провести технологические регулировки сельскохозяйственных машин;
- способность рассчитать дозы органических и минеральных удобрений на планируемый урожай, определить способ и технологию их внесения под сельскохозяйственные культуры;
- готовность обосновать систему севооборотов и землеустройства сельскохозяйственной организации;
- готовность адаптировать системы обработки почвы под культуры севооборота с учетом плодородия, крутизны и экспозиции склонов, уровня грунтовых вод, применяемых удобрений и комплекса почвообрабатывающих машин;

- способность обосновать способ уборки урожая сельскохозяйственных культур, первичной обработки растениеводческой продукции и закладки ее на хранение.

ТЕМА 1. ИЗУЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕЕ ПЛОДОРОДИЯ

Занятие 1. Изучение оптимальных параметров почвенного плодородия и методы исследования плодородия

Оптимальные параметры – это сочетание количественных и качественных показателей состава, свойств и режимов почвы, при котором могут быть максимально использованы все факторы жизни растений и наиболее полно реализованы возможности выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Закон незаменимости факторов жизни растений. Отсутствие одного из факторов (свет, вода, тепло, питание и др.) приостанавливает рост и развитие организма. Ни один из факторов жизни растений не может быть замене другим.

Закон минимума, оптимума и максимума. Зона оптимума фактора жизни растений занимает определенный интервал, в границах которого рост и развитие растений, при обеспеченности их другими факторами, будут наиболее активными.

Закон совокупного действия и оптимального сочетания факторов. Изменение одного из факторов жизни растений влечет за собой изменение действия других. Наибольшая эффективность действия – при оптимальном сочетании факторов.

Закон лимитирующего фактора. Недостаток одного фактора снижает положительное влияние всех других. Выявление и устранение лимитирующего фактора дает необходимый и наибольший эффект.

Закон соответствия (адекватности) культуры среде произрастания. Условия местообитания растений должны соответствовать биологическим требованиям растений.

Закон возврата. Вынос элементов питания с урожаем, а также другие потери веществ, связанные с деятельностью человека (эрозионные, усиление растворимости и вымывания и др.), приводят к снижению уровня плодородия и должны устраняться внесением соответствующих удобрений и другими агротехническими и мелиоративными приемами.

Кроме перечисленных законов существует ряд экологических принципов, которыми руководствуется научное земледелие: плодосмен, уничтожение и подавление конкурентов (сорных растений) возделываемых культур, защита сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней, сохранение и восстановление структуры почвы и др., направленные на оптимизацию свойств и условий роста и развития растений, реализующихся в урожае.

Многие оптимальные параметры могут различаться в зависимости от требования культуры или группы культур. Очевидна возможность различий оптимальных параметров для почв отдельных природных зон и даже элементов ландшафта в связи с разными климатическими, погодными и другими условиями. Например, известно, что в условиях южной тайги оптимальными для большинства культур являются легко- и среднесуглинистые почвы, а в лесостепи – глинистые. Очевидна необходимость дифференциации оптимальных параметров для почв разного гранулометрического состава и с разным содержанием гумуса.

Тем не менее большинство культур, возделываемых человеком, обладает многими общими требованиями к почвенным условиям, что дает возможность определять диапазон оптимальных параметров свойств почв для преобладающего числа культур. Это можно объяснить тем, что основная часть урожая предназначена для питания человека и животных, и многовековой отбор культурных растений привел к общности их требований к почвенным условиям. Нахождение оптимальных параметров состава, свойств и режимов почв для отдельных групп и видов культур является одной из главных задач современного агрономического почвоведения.

В таблице 1 перечислены только наиболее общие, установленные к настоящему времени показатели оптимальных параметров состава, свойств и режимов почв для большинства культур. Имеющиеся сведения об их дифференциации в зависимости от требований культур частично были приведены в соответствующих главах и некоторые будут приведены в последующих.

Факторы, лимитирующие плодородие почв

К факторам, лимитирующим плодородие почв, относятся показатели состава, свойств и режимов почв, снижающие урожай

культурных растений и биопродуктивность естественных фитоценозов.

Таблица 1

Оптимальные параметры состава, свойств и режимов почв

Состав, свойства и режимы почв	Оптимальные параметры
Минералогический состав	Наличие полевых шпатов, роговых обманок, глинистых минералов с высокой ЕКО, кальцита
Гранулометрический состав	От супесчаных до глинистых в зависимости от условий увлажнения
Химический состав	Полиэлементный с отсутствием дефицита и избытка кальция и магния, загрязнения тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами. Содержание гумуса, превышающее критическое на 1% и более. Содержание ЛОВ более 0,2-0,4%
Физико-химические свойства	ЕКО более 10 мг-экв для супесчаных и более 15 мг-экв для суглинистых. Преобладание в составе ППК кальция и магния. Степень насыщенности основаниями более 55-70%. Реакция среды – близкая к нейтральной
Агрохимические свойства	Оптимальное содержание элементов питания в соответствии с зональными группировками
Общие физические свойства	Общая порозность 55-65%, плотность 1,0-1,3 г/см^3
Структура	Содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов (0,25-10 мм с порозностью более 45%) более 55% массы почвы
Водные свойства и запасы влаги	Запас воды в диапазоне ВРК-НВ, 30-50 мм в пахотном слое, 100-200 – в метровом
Воздушные свойства и состав почвенного воздуха	Порозность аэрации более 20% объема почвы. Содержание CO_2 0,03-2(3)%; O_2 – 19-20%
Окислительно-восстановительные условия	ОВП (Eh) 400-600 мВ

В первом приближении их можно обозначить как отклонения от оптимальных показателей. Степень отклонения характеризует уровень лимитирующего фактора и степень снижения урожая.

Теоретической основой исследований факторов, лимитирующих почвенное плодородие, являются законы лимитирующего фактора и совокупного действия и оптимального сочетания факторов жизни растений.

Следует различать общепланетарные лимитирующие факторы, характерные для почв всех природных зон, внутризональные (региональные), характерные для определенных зон и регионов, и местные, характерные для небольших территорий.

К общепланетарным можно отнести: недостаточную обеспеченность элементами питания, повышенную плотность, неудовлетворительную структуру, пониженное содержание легкоразлагаемого органического вещества.

К внутризональным (региональным) – повышенную кислотность, повышенную щелочность, недостаток и избыток влаги, эродированность почв, каменистость, засоленность, солонцеватость и др.

К местным факторам, лимитирующим почвенное плодородие, можно отнести локальное загрязнение почв радионуклидами и тяжелыми металлами, нефтепродуктами, нарушение почвенного покрова горными выработками и др.

Для ряда свойств почв и режимов определены критические уровни показателей, при которых резко ухудшаются другие агрономически важные свойства и режимы почв и резко снижается урожай растений или его качество (табл.2).

В почвах с низким естественным плодородием выделяют освоенные, окультуренные и культурные разности. Освоенные почвы формируются в условиях низкой агротехники, при нерегулярном внесении невысоких доз органических и минеральных удобрений. Окультуренные и культурные – формируются при высокой агротехнике, регулярном внесении органических и минеральных удобрений и проведении необходимых мелиоративных мероприятий (осушение, орошение, известкование, внесение высоких доз торфа, пескование глинистых почв, глинование – песчаных и др.). В результате мероприятий, направленных на устранение лимитирующих факторов, плодородие окультуренных почв существенно выше по сравнению с освоенными аналогами.

Процесс противоположный окультуриванию называют выпахиванием. Выпахивание – снижение уровня плодородия пахотных почв, ухудшение агрономических свойств (снижение содержания гумуса, обеструктуривание, переуплотнение, почвоутомление) в результате использования их при низком уровне поступления источников гумуса (органических удобрений и послеуборочных

остатков) в течение ряда лет. В настоящее время ведутся научные исследования по количественной оценке степени выпаханности.

Таблица 2

Критические уровни показателей состава, свойств и режимов почв

Состав, свойства и режимы почв	Критические параметры
Минералогический состав	Преобладание кварца, более 98%
Гранулометрический состав	Песчаные почвы в аридных областях, глинистые – в гумидных. Высокая степень каменистости.
Химический состав	Преобладание оксида кремния (более 98%). Содержание гумуса менее 1% в почвах с фульватным составом гумуса и менее 2% с гуматным. Содержание ЛОВ менее 0,1%. Содержание водорастворимых солей более 0,6-2% в зависимости от вида солей. Повышенной концентрации тяжелых металлов и токсикантов, превышающие ПДК, и радионуклидов.
Физико-химические свойства	ЕКО менее 5 мг-экв/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями менее 50%, pH_{KCl} ниже 4,5-5. Содержание обменного натрия более 10-15% от ЕКО, сильнощелочная реакция среды pH_{H_2O} более 8,5.
Агрохимические свойства	Содержание элементов питания очень низкое.
Общие физические свойства	Плотность более 1,4-1,5 г/см^3, общая порозность менее 40%.
Структура	Содержание агрономически ценных агрегатов менее 40%.
Водные свойства и запасы влаги	Влажность, соответствующая ВЗ, водопроницаемость – ниже 30 мм/час.
Воздушные свойства и состав почвенного воздуха	Порозность аэрации менее 15%. Содержание CO_2 более 3%; O_2 – менее 10-15%.
Окислительно-восстановительные условия	ОВП (Eh) ниже 250 мВ.

Выпаханными могут быть как освоенные, так и в разной степени окультуренные почвы. В выпаханных почвах наиболее часто проявляется почвоутомление и фитотоксичность почв, резко снижающие урожай растений.

Почвоутомление – многофакторное явление, проявляющееся в агроценозах, особенно в условиях монокультуры. А. М. Гродзинский

(1965), В. Т. Лобков (1964) выделяют следующие, наиболее существенные причины почвоутомления:

- односторонний вынос питательных элементов, нарушение сбалансированного питания растений;
- изменение физико-химических свойств почв, сдвиг pH;
- ухудшение структуры и водно-физических свойств почв;
- нарушение биологического режима, развитие патогенной микрофлоры (грибков Fusarium, Penicilliumn и др., бактерий Pseudomonas, некоторых актиномицетов);
- накопление фитотоксичных веществ (колинов) – производных фенолов, хинонов и нафтизина, обусловливающих токсичность почв;
- размножение вредителей и злостных сорняков.

Почвоутомление рассматривается как результат нарушения экологического равновесия в системе почва-растение вследствие одностороннего воздействия на почву культурных растений.

Методики исследования плодородия почв

Для количественной оценки плодородия почв используют показатели, которые находятся в корреляционной связи с урожаем. Эти показатели объединены в три группы: агрофизические, биологические и агрохимические.

Агрофизические показатели плодородия почв представлены гранулометрическим и минералогическим составом, структурой, плотностью, порозностью, воздухоемкостью и мощностью пахотного слоя. К биологическим показателям относятся содержание, запасы и состав органического вещества почвы, активность почвенной биоты, фитосанитарное состояние почвы. Группу агрохимических показателей плодородия составляют содержание питательных веществ, реакция почвенной среды и поглотительные свойства почвы.

Показатели плодородия в большинстве случаев взаимосвязаны. Одни из них могут быть отнесены к основополагающим, которые определяют состояние всех почвенных процессов. К ним относятся гранулометрический и минералогический составы, органическое вещество и фитосанитарное состояние почвы. Другие показатели плодородия, такие, как активность почвенной биоты, агрофизические и агрохимические, в значительной мере являются производными от вышеназванных.

Контрольные вопросы

1. Каковы оптимальные параметры почвенного плодородия?
2. Перечислите экологические принципы, которыми руковод-

ствуется научное земледелие.

3. Перечислите оптимальные параметры состава, свойств и режимов почв.

4. Перечислите факторы, лимитирующие плодородие почв.

5. Какие существуют методики исследования плодородия почв?

Занятие 2. Оценка сельскохозяйственных культур по их биологическим требованиям к условиям произрастания

Исходной позицией в решении проблемы экологизации земледелия является разработка системы агроэкологической оценки сельскохозяйственных культур. Чтобы выявить ареалы возделывания культур, необходимо четко представлять их требования к агроклиматическим, почвенным, геоморфологическим, литологическим, гидрологическим и другим условиям. Используя паспорта районированных сортов и другие справочные материалы произвести оценку сельскохозяйственных культур по их биологическим требованиям к условиям произрастания (табл. 3).

Таблица 3

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур

Культура	Сорт	Урожайность, ц/га	Скороспелость	Продолжительность вегетационного периода, дней	Устойчивость к засухе	Поражаемость фитопатогенами	Другие факторы
1	2	3	4	5	6	7	8

Контрольные вопросы

1. Каковы условия формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия?

2. Каков механизм формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия?

3. Что необходимо знать, чтобы выявить ареалы возделывания культур?

4. Как проводится оценка сельскохозяйственных культур по их биологическим требованиям к условиям произрастания?

5. По каким показателям проводится Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур?

ТЕМА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ ПО ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Занятие 1. Распределение земель по группам пригодности

Агроландшафт – природно-территориальный комплекс, сельскохозяйственные угодья которого используются для производства сельскохозяйственной продукции.

Для рационального и экологически безопасного использования земель проводится анализ их состояния и определяется пригодность для возделывания сельскохозяйственных культур. В этих целях проводится агроэкологическая группировка земель хозяйства.

Агроэкологическая группировка – это объединение земель в категории и группы близкие по свойствам, уровню плодородия, эродированности и другим качествам. В основу группировки земель положены следующие признаки.

Приуроченность почв к определенным элементам рельефа (склоны водоразделов, пойма, болото) и степень их эродированности.

Однородность и сходство почв по свойствам и уровню плодородия, по комплексу агрофизических, агрохимических и биологических показателей плодородия и пригодности земель для возделывания сельскохозяйственных культур.

Качественное состояние поверхности почв и пахотного слоя (каменистость, завалуненность, его мощность).

Однородность гидрологических условий: степень увлажнения, затопления, уровень грунтовых вод и др.

При выделении экологических групп почв должны учитывать следующие условия:

1. Объединять в группы однородные почвы по гранулометрическому составу и близкие по свойствам и показателям плодородия.

2. Группируют земли склонов, близкие по крутизне (0-3°; 3,1-5°; 5,1-8° и более 8°) по степени смытости, по экспозиции.

3. В однородные группы включают почвы, имеющие одинаковую степень мелиоративного состояния: увлажнения, оглеения и др.

При этом нельзя объединять почвы с разной степенью эродированности, деградации, загрязнения.

С учетом перечисленных признаков, условий и для более эффективного использования земли хозяйства объединяют в определенные группы.

1-я группа – пахотнопригодные земли интенсивного использования. К ним относятся неэродированные почвы с высоким и средним уровнем плодородия, расположенные на относительно ровных участках и водораздельных территориях, а также на склонах крутизной не более 3°. Эта группа объединяет супесчаные, легко- и среднесуглинистые почвы на карбонатных и бескарбонатных отложениях. На этих землях возможно возделывание всех районированных культур.

2-я группа – пахотные земли с небольшими ограничениями для возделывания отдельных районированных культур. Эта группа объединяет тяжелосуглинистые и глинистые почвы, включая слабодренированные, кратковременного переувлажнения (пойменные, мелиорированные торфяно-болотные, каменистые). На пойменных кратковременно переувлажняемых землях исключают озимые культуры, на тяжелосуглинистых и глинистых почвах – картофель, корнеплоды, кукурузу и другие пропашные.

3-я группа – пахотные земли ограниченного использования, расположенные на склонах 3,1-5° со слабо- и среднесмытыми почвами различного гранулометрического состава. На этих землях исключают пропашные культуры и чистые пары, а размещают культуры сплошного посева: озимые, яровые зерновые, зернобобовые, однолетние и многолетние травы; вводят в севообороты промежуточные посевы.

4-я группа – пахотные земли ограниченного использования на склонах 5,1-8° со средне- и сильносмытыми почвами. На этих почвах выращивают культуры с высокими почвозащитными способностями – многолетние и однолетние травы, озимую рожь, лекарственные травы сплошного посева. В севообороте применяют специальные почвозащитные приемы обработки почвы и вводят промежуточные посевы.

5-ая группа – малопригодные земли особо ограниченного использования, расположенные на крутых склонах более 8° с сильносмытыми и очень сильносмытыми почвами, с ложбинным рельефом. Такие земли исключают из оборота пашни, залужают и используют как сенокосы и пастбища.

Задание. Пользуясь данными хозяйства или выданным преподавателем заданием заполнить таблицу 4.

Таблица 4

Характеристика сельскохозяйственных угодий по рельефу

Вид угодья	Распределение по рельефу			
	до 1°	1–3°	3–5°	>5°
Пашня				
Сенокосы				
Пастбища				

Анализ таблицы_____

Контрольные вопросы

1. Что такое агроландашфт?
2. Что есть агроэкологическая группировка и какие признаки положены в ее основу?
3. Какие условия учитываются при выделении экологических групп почв?
4. В какие группы объединяют хозяйства для более эффективного использования земли?
5. Какова характеристика сельскохозяйственных угодий хозяйства по рельефу?

Занятие 2. Описание агроландшафтных и климатических условий хозяйства

Рельеф – ведущий природный компонент, который определяет экологическое равновесие (природный баланс) в агроландшафтах. Характер рельефа определяет водный режим территории и сток осадков. Изменяется скорость и направления ветра, формирование биогеоценозов, их продуктивность и устойчивость агроландшафта.

Задание. Пользуясь данными хозяйства или выданным преподавателем заданием заполнить таблицы 5, 6, 7.

Таблица 5

Агрохимические показатели плодородия почв

Типы, подтипы и	Пло-	Грануломет-	Гумус	Содержание мг	pH

разновидности почв	щадь, га	рический состав			100 г почвы		
			%	т/га в 30 см слое	P_2O_5	K_2O	

Анализ таблицы_____

Таблица 6

Агроэкологическая оценка и группировка земель хозяйства

Тип почвы	Агрохимическая характеристика					Рельеф	Агро-эколо-гиче-ская группа	Возможность сельскохо-зяйственного использова-ния
	N	P_2O_5	K_2O	Нг	содер. гу-муса, %			

Анализ таблицы_____

Таблица 7

Агроклиматические ресурсы

№	Показатели	Количественные данные
1	Сумма осадков, мм	
	– среднемноголетняя	
	– за вегетационный период	
	–в т.ч. замай-июнь	
2	Колебание осадков по годам	от до
3	Температура воздуха, ˚С	
	– в среднем за год	
	– за вегетационный период	
	– замай	
	– заиюнь	
	– за июль	
	– за август	
	– за сентябрь	
4	Сумма активных температур за вегетационный период	
5	Продолжительность вегетационного периода	

Анализ таблицы_____

Дается общая оценка региональных ресурсов земледелия и производственного потенциала сельскохозяйственного предприятия. Проводится обоснование урожайности по ресурсам влаги и тепла, запасам доступных элементов питания в почве.

Контрольные вопросы

1. Что определяет характер рельефа?
2. Отношение растений к реакции почвы.

3. Оценка культур по влиянию на фитосанитарное состояние почв.

4. Какова почвозащитная способность сельскохозяйственных культур?

5. По каким показателям проводится оценка агроклиматических ресурсов?

ТЕМА 3. РАСЧЕТ СТРУКТУРЫ ПОСЕВНОЙ ПЛОЩАДИ

Занятие 1. Расчет потребности в кормах

Параметры кормовой базы разрабатываются, исходя из полного обеспечения потребности хозяйства всеми видами кормов и создания страховых запасов по основным видам кормов.

Задание. Исходя из поголовья животных, его продуктивности (из задания, выданного преподавателем), норм расхода кормовых, энергетических единиц на единицу продуктивности или голову и по обеспеченности переваримым протеином провести расчет потребности в кормах. Нормы расхода кормов взять из таблиц 10, 11. Результаты расчетов записать в таблицы 8 и 9.

Объем производства продукции (табл. 8, колонка 5) рассчитывается как произведение среднегодового поголовья и продуктивности.

Затраты кормовых единиц (колонка 7) рассчитывается как произведение показателей колонок 5 и 6.

Расчет затрат кормовых единиц с учетом страхового фонда (колонка 8) ведется путем прибавления к затратам кормовых единиц (колонка 7) страхового фонда (по заданию).

Потребность в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ) (табл. 9, колонка 4) рассчитывается как произведение показателей колонки 3 и колонки 5 (из табл. 8).

Расчет потребности в энергетических кормовых единицах с учетом страхового фонда (колонка 5) ведется путем прибавления к потребности в ЭКЕ (к.4) страхового фонда (по заданию).

Таблица 8

Потребность в кормовых единицах

№	Группа животных	Средне – годовое поголовье	Продуктивность	Объем производства, т	Затраты кормовых единиц		
					на единицу продукции	всего, тыс. (т)	с учетом страхового фонда тыс. (т)
1	2	3	4	5	6	7	8

Потребность в переваримом протеине (ПП) (табл. 9, колонка 7) рассчитывается как показатель колонки 5 × показатель колонки 6/1000.

Расчет переваримого протеина с учетом страхового фонда (колонка 8) ведется путем сложения потребности в ПП (колонка 7) и страхового фонда (по заданию).

Таблица 9

Потребность в энергетических кормовых единицах и переваримом протеине

№	Группа животных	Требуется энергетических кормовых единиц, тыс.			Переваримый протеин		
		на единицу продукции	всего	с учетом страхового фонда	на 1 корм ед., г	всего,т	учетом страхового фонда
1	2	3	4	5	6	7	8

Годовая потребность овец в питательных веществах шерстно- и шерстно-мясной породы в среднем на овцу:

кормовые единицы – 558;
обменная энергия, МДж – 6314;
сырой протеин, кг – 90;
переваримый протеин, кг – 57.

Таблица 10

Годовая потребность коров разной продуктивности в энергии и переваримом протеине (в среднем на корову при жирности молока 3,8-4,0%)

Удой в год, кг	Затраты на 1 кг молока		Потребность в протеине, г		Потребность на год		
	корм.ед.	ЭКЕ	на 1 корм. ед.,г	на 1 ЭКЕ, г	корм. ед	ЭКЕ	перев прот., кг
1	2	3	4	5	6	7	8
2500	1,25	1,50	95	79	3125	3750	297
3000	1,15	1,37	98	82	3450	4106	338
3500	1,10	1,30	100	85	3850	4543	385

4000	1,05	1,23	102	87	4200	4914	428
4500	1,03	1,19	104	90	4635	5377	482
5000	1,02	1,17	106	92	5100	5865	540

продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8
5500	1,01	1,16	108	94	5555	6388	600
6000	1,00	1,15	110	96	6000	6900	660
6500	0,98	1,13	112	97	6370	7345	713
7000	0,96	1,11	114	99	6720	7770	766
7500	0,93	1,07	116	100	6975	8025	809
8000	0,91	1,05	118	102	7280	8400	859

Таблица 11

Затраты энергии на 1 кг прироста молодняка крупного рогатого скота при выращивании на мясо

Возрастные группы	Для крупных по живой массе молочно-мясных пород			Для средних по живой массе молочно-мясных и молочных пород		
	корм. ед.	ЭКЕ	ПП на 1 к.ед.	корм.ед.	ЭКЕ	ПП на 1 к.ед.
До 1 года	6,0	5,4	120	6,5	5,4	120
Старше года	8,0	9,0	95	10,8	9,4	95
Взрослые на откорме при суточном приросте 1000 г	10,0	11,6	90	11,3	12,2	90

Годовая потребность рабочих лошадей
в питательных веществах:
кормовые единицы – 4700,
обменная энергия, МДж – 59000,
переваримый протеин, кг – 380.

Таблица 12

Годовая потребность свиней при откорме в энергии, протеине (в среднем на 1 голову)

Суточный прирост, г	В период выращивания или откорма			Всего за год		
	корм. ед	ЭКЕ	ПП, кг	корм. ед	ЭКЕ	ПП, кг
550-600	550	451	36,1	1430	1172	95
650-700	570	425	36,0	1710	1312	111
800-850	810	385	34,2	2990	1445	129
более 850	810	757	63,3	2430	2301	193

Контрольные вопросы

1. Как рассчитываетсяобъем производства продукции животноводства?
2. От чего зависит годовая потребность коров в энергии и переваримом протеине?
3. Как рассчитываются затраты кормовых единиц?
4. Как рассчитывается потребность в энергетических кормовых единицах?
5. Как рассчитывается потребность в переваримом протеине?

Занятие 2. Структура годового расхода кормов и потребность в кормах

Полученные данные кормовых единиц, взятые из таблицы 8, (с учетом запланированного страхового фонда) переносятся в таблицу 16 в соответствии с группами животных.

Задание. В зависимости от вида животных, надоев коров, а так же типов кормления, пользуясь таблицами 13, 14 и 15, определяется структура расхода кормов.

Физический вес корма определяется путем деления потребности в кормовых единицах на кормовые достоинства корма.

Корнеплоды могут быть заменены патокой в соотношении 4:1, т.е. если корнеплодов надо 4%, то патоки – 1% (и наоборот). Разница в 3% должна быть отнесена на сочные корма (силос).

Таблица 13

Примерная структура расхода кормов в зависимости от норм надоя молока, кормовых единиц, %

Показатели надоя, т	Концентрированные			Сочные			Грубые			Зеленые	Всего
	всего	в том числе		всего	в том числе		всего	в том числе			
		зерно	трав. мука		силос	патока		сено	сенаж		
Смешанный тип кормления											
3000	**25**	24	1	**16**	14	2	**34**	10	24	**25**	**100**
3500	**26**	25	1	**15**	13	2	**34**	10	24	**25**	**100**
4000	**28**	27	1	**15**	12	3	**33**	11	22	**24**	**100**
4500	**30**	28	2	**15**	12	3	**33**	11	22	**22**	**100**
5000	**32**	30	2	**15**	11	4	**33**	11	22	**20**	**100**

продолжение таблицы 13

С переходом на однотипный тип кормления											
5000	**34**	31	3	**17**	13	4	**49**	13	36	**0**	**100**
6000	**37**	34	3	**17**	13	4	**46**	14	32	**0**	**100**
7000	**39**	35	4	**17**	12	5	**44**	14	30	**0**	**100**
8000	**39**	35	4	**17**	12	5	**44**	14	30	**0**	**100**

Таблица 14

Примерная структура расхода кормов на продукцию животноводства, кормовых единиц, %

Показатели	Концентрированные			Сочные			Грубые				Зеленые	Молоко
	всего	в том числе		всего	в том числе		всего	в том числе				
		зерно	трав. мука		силос	корнеплоды		сено	сенаж	солома		
Привес свиней	**85**	80	5	**10**	1	9	**—**	---	---	---	**5**	
Привес овец	**18**	17	1	**14**	13	1	**28**	9	17	2	**40**	
Лошади	**30**	28	2	**3**	3	---	**37**	13	19	5	**30**	
Молодняк на молоко (КРС) до 1 года	**16**	15	1	**20**	14	6	**32**	11	21	---	**25**	**7**
Молодняк на молоко (КРС) 1-2 года	**22**	21	1	**21**	13	8	**32**	8	24	---	**25**	**-**
Молодняк на молоко (КРС) более 2 лет (нетели)	**25**	24	1	**18**	12	6	**33**	10	23	---	**24**	

Таблица 15

Структура рационов при различных системах выращивания и откорма молодняка КРС на мясо, %

Корма	Системы выращивания				
	Интен-сивная	Полуинтен-сивная	Умеренная		
			вариант I	вариант II	вариант III
Молодняк в возрасте 4-10 мес. (среднесуточные приросты по системе выращивания – 900, 800, 700, 650, 600 г. соответственно)					
Концентраты: Зернофураж Травяная мука	48 44 4	39 35 4	29 26 3	23 20 3	16 12 4
Сенаж	16	18	22	23	21
Силос	12	14	16	18	18
Зеленые корма	20	24	27	30	33
Солома	4	5	6	6	4
Корнеплоды	-	-	-	-	6
Сено	-	-	-	-	2
Молодняк в возрасте 11-18 мес. (среднесуточные приросты соответственно по системам выращивания: 1200, 900, 800, 700, 650 г соответственно.)					
Концентраты: Зернофураж Травяная мука	57 51 6	47 42 5	35 30 5	30 25 5	18 15 3
Сенаж	15	18	21	23	20
Силос	10	13	16	17	18
Зеленые корма	15	17	23	24	35
Солома	3	5	5	6	4
Корнеплоды	-	-	-	-	5
Всего	100	100	100	100	100

Таблица 16

Потребность в кормах

Показатели	Ед. измерения	Кормовые единицы, т	Концент-раты	Сено	Сенаж	Солома	Силос	Зеленый корм	Корнепло-ды	Патока	Молоко
1.	%										
	т к.ед										
Итого	т к.ед										
Питательность корма	т к.ед	X	1,0	0,46	0,35	0,3	0,2	0,18	0,13	0,76	0,3
Физический вес	т	X									

Кормовые единицы, а так же физический вес (т), из таблицы 16, переносится в сводную, 17 таблицу.

Таблица 17

Потребность в кормах с учетом страхового фонда (…%)

№ п/п	Корма	Кормовые единицы, тыс.	Физический вес, т
1.	Концентраты		
2.	Силос		
3.	Сенаж		
4.	Корнеплоды		
5.	Сено		
6.	Солома		
7.	Зеленый корм		
8.	Патока*		
9.	Молоко цельное		

Контрольные вопросы

1. Чем определяется структура расхода кормов?
2. Что такое питательность корма?
3. Как определяетсяфизический вес корма?
4. Доля каких кормов в рационе КРС увеличивается с увеличением показателя надоя?
5. Доля каких кормов в рационе КРС уменьшается с увеличением показателя надоя?

Занятие 3. Зеленый и сырьевой конвейеры

Задание 1. Составить зеленый конвейер. Расчет зеленого конвейера ведется по декадам или периодам. Для этого потребное количество зеленых кормов (табл. 17, строка 7, данные физического веса) делится на продолжительность пастбищного периода и умножается на число дней в декаде, периоде. Продолжительность пастбищного периода составляет в Самарской области 150-160 дней. Все полученные данные записываются в таблицу 18.

Из задания необходимо взять площадь пастбищ (га), если такая есть. Затем определяется помесячное количество зеленых кормов, поступающих с природных кормовых угодий и культурных пастбищ (табл. 18).

Таблица 18

Зеленый конвейер

№ п/п	Периоды	Число дней	Потребность на период, т	Поступит с пастбищ, т	Поступит с пашни, т	Культура	Площадь, га	Урожайность, т/га	Валовой сбор, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1-10. V								
2	11-20.V								
…									
15	21-30.IX								
16	Итого								
в т.ч.						Основной посев			
						Отава многолетних трав			
						Отава однолетних трав			
						Поукосные посевы			

Зная потребность в зеленом корме и получаемое количество его с естественных кормовых угодий и сеяных трав, установить избыток или недостаток зеленых кормов.

При недостатке зеленых кормов наметить источники их покрытия за счет озимых, многолетних и однолетних кормовых культур (колонка 6).

Примерный состав кормовых культур для зеленого конвейера и сроки их использования для центральной зоны Самарской области приведены в таблице 19. Для районов первой зоны сроки использования будут на 7-10 дней позднее, а третьей зоны – раньше, чем во второй зоне.

Таблица 19

Примерная схема зеленого конвейера на богаре Самарской области (Центральная зона)

Культуры и смеси	Сроки посева	Норма высевы семян, млн.га	Сроки использования		Урожай зеленой массы, т/га	Фазы использования растений на зеленый корм
			начало	конец		
1	2	3	4	5	6	7
Естественные пастбища	В течении пастбищного сезона				20-30	При высоте травостоя не менее 12-15 см
Озимая сурепица	5-10 VIII	5-4	5-10V	16-20 V	80-130	От бутонизации доцветения

продолжение таблицы 19

1	2	3	4	5	6	7
Озимая рожь в смеси с озимой викой	5-10 VIII	0,5-6,0+3,0	15-20 V	25-30 V	80-120	От трубкования до начала колошения
Озимая пшеница, тритикале Многолетняя рожь	10-20 VII	5,5-6,0	25-30 V	15-15 VI	60-90	От трубкования до начала колошения
Многолетние травы (козлятник), житняк, эспарцет, донник, кострец, пырей сизый, люцерна, их смеси	Прошлых лет	7,0-10,0	15-30 V	15-20 VI	70-120	Злаковые до начала трубкования. Бобовые от бутонизации до цветения
Овсяно-бобовые смеси, 1-й срок посева	25-30IV	2,0-2,5 овес0,7 горох и чинаили 1,5-2,0 вики	20 -25VI	1-5 VII	90-140	От трубкования до выметывания
Овсяно-бобовые смеси, 2-й срок посева	15-20 V	2,0-2,5 овес+0,7-0,9 гороха и чиныили 2,0-2,5 вики	25-30VI	10-15 VII	70-120	
Подсолнечниково-бобовые смеси	1-5 V	0,15-0,2подсолнечник, 0,7-0,9гороха и чины или 1,0-1,5 вики	20-25VI	10-15 VII	100-150	От бутонизации до цветения подсолнечника
Многолетние травы,2-й укос		Отава	15-20 VII	25 VII-5 VIII	60-90	От бутонизации до цветения
Яровой рапс	28-30 IV	2,5-3,0	1-5 VII	10-15 VII	130-170	От бутонизации дополного цветения
Суданская трава, кормовое просо и их смесис бобовыми, 1-й срок посева	12-15 V	2,0+0,3 гороха или чины или 0,8 вики	5-10 VII	20-25 VII	80-130	От бутонизации до выметывания
Кукуруза, смеси кукуруза + суданская трава, 1-й срок	12-15 V	0,15 0,20+2,0	20-25 VII	5-10 VIII	100-150	При высоте 70-80 см до выметывания
Кукуруза, суданская трава, 2-й срок укоса	25-30 V	кукуруза 0,20-0,25 суданка 2,5-3,0	30 VII - 5 VIII	15-20 VIII	100-150	При высоте растений 70-80 см до выметывания
Суданская трава 2-й укос	-	Отава	15-20 VIII	1-5 IX	70-90	В фазе единичных метелок до полноговыметывания

окончание таблицы 19

1	2	3	4	5	6	7
Подсолнечник с бобовыми, суданка, кукуруза, поукосный посев после уборки озимых (на зеленый корм)	10-15 VI	На 15-20 % выше весенних	15-20 VIII	25-30 VIII	60-90	От трубкования или бутонизации до цветения
Кукуруза, междурядье 70 см	15-25 V	60-80 тыс.	20-25 VIII	10-15 X	150-250	Перед выметыванием до молочно-восковой спелости
Овес, подсолнечник и их смеси с бобовыми и рапсом (поукосный посев после уборкиовсяно-бобовых смесей на зеленый корм)	5-15 VII	На 15-20% выше весеннего посева	5-10 IX	10-15 X	100-130	До конца пастбищного периода
Яровой рапс, поукосный посев (факультативно)	10-25 VII	12-15кг	15-20 IX	10-15 X	150-200	До конца пастбищного периода
Кормовые корнеплоды(кормовая свекла)	1-5 V	10-15кг	5-10 IX	-	250-400	До конца пастбищного периода

Продолжительность использования одного посева при укосном использовании составляет 10-14 дней. Суданская трава после первого укоса через 30-40 дней дает отаву, поэтому использовать ее посевы надо двукратно. Для позднелетнего и осеннего использования необходимо включать в зеленый конвейер поукосные (после уборки озимых и ранних однолетних кормовых культур) и пожнивные (после уборки озимых на зерно) посевы.

Бахчевые, корнеплоды включаются в количестве до 25-30 процентов от потребности в кормах (графа 4).

Пример расчета:

- Продолжительность пастбищного периода 150 дней,
- Суточная потребность в зеленом корме составляет 30 т
- С природных пастбищ поступит 50 т зеленой массы,

в том числе в мае (35%) 17,5 т, июне (25%) 12,5 т, в июле и в августе (15%) 7,5 т, в сентябре (10%) 5,0 т.

- Ежедневно с природных пастбищ будет поступать: в мае 0,6 т, июне 0,4 т, в июле и в августе 0,2 т, сентябре 0,2 т.

Задание 2. Организация сырьевых конвейеров. Для составления сырьевого конвейера необходимо переписать из таблицы 17 потребность в кормах (физический вес) и перенести в таблицу 20.

Расчет сена. Если по заданию есть природные сенокосы, то эти данные переносятся в таблицу 20, где указывается их продуктивность, площадь, и выход корма. Недостающую часть сена мы получаем с посевов многолетних трав. Если многолетних трав, по каким то причинам недостаточно, то сено заготавливается из однолетних трав: из викоовсяной смеси, суданки, смеси суданки с викой и др.

Расчет сенажа. Для заготовки сенажа используются многолетние бобовые травы и их смеси со злаковыми травами; смешанные посевы однолетних культур – ячень+горох+овес или овес с горохом, викой или чиной. Скашивание проводится в те же сроки, что и при использование на зеленый корм.

Но ячменно-горохово-овсяная смесь наибольший выход питательных веществ с гектара дает при уборке в начале восковой спелости зерна ячменя. Влажность в это время составляет около 60%. Для повышения биологической ценности корма ячменно-гороховую смесь целесообразнее закладывать с добавлением провяленной отавы многолетних бобовых трав.Однако при этом необходимо учесть, заготавливаемый объем сенажной массы, не должен быть меньше объема одной траншеи.

Таблица 20

Сырьевой конвейер

Корма, потребность, т	Требуется зеленой массы, т		Культуры	Площадь, га	Урожайность, т/га	Валовой сбор, т
	на 1 т	всего				
Сено	-		**Природные сенокосы**			
	4,0					
			Итого			
Сенаж	2,6					
			Итого			
Силос	1,3					
			Итого			
Корнеплоды	1,0					
Концентраты	1,0					
			Итого			

Расчет силоса. Первая часть силоса закладывается из подсолнечниково-бобовой смеси. Вторая часть силоса заготавливается из раннеспелого гибрида кукурузы или среднеспелого гибрида кукурузы в смеси с мальвой, однолетним донником или бобовыми культурами.

Расчет корнеплодов. Потребность корнеплодов делится на запланированную урожайность, полученная площадь (га) записывается в 5 колонку.

Расчет концентратов. Концентрированный корм должен быть в первую очередь полноценным и сбалансированным по всем компонентам, в частности по протеину. Поэтому есть много вариантов набора культур, которые подходят под фуражный блок. Например, смесь ячменя с горохом (60 % от потребности), ячмень (20%), овес (10%), пшеница (10 %). Можно высевать так же и смесь ячменя, гороха и овса. Дополнительный источник белка можно компенсировать посевом сои. Однако необходимо учитывать, что сою можно давать животным только после термической обработки.

Природные сенокосы, их площадь и урожайность берутся из задания.

После расчета сырьевого конвейера необходимо указать срок и объем проводимых работ по следующей схеме:

Пример. Сена требуется 870 т.

Оно заготавливается с природных сенокосов в количестве 152 т, из многолетних трав: 500 т; из однолетних трав: 218 т.

Сенажа требуется 2560 т (зеленой массы 6565 т). На 1 т готового сенажа нужно 2,6 т зеленой массы.

Рассчитать размеры и количество траншей при условии: траншея заполняется за 3-5 дней, ширина траншей 8-11 м, высота укладки сенажной массы 3-3,5 м, масса 1 м^3 сенажа 0,5 т.

- Ширина 10 м, высота 3 м, объем траншеи на 1 м длины равен 30 м ^{3};
- объем заложенного сенажа: 2560 т × 1 м^3 /0,5 т = 5120 м^3;
- длина всех траншей: 5120 м^3/ произведение ширины и высоты траншеи (10 м×3 м = 30 м^2) = 170 м;
- количество траншей: 170/ среднюю длину одной траншеи (50 м) = 3 шт. Одна траншея длиной: 170/3 = 56 м;
- продолжительность закладки: количество траншей (3) × количество дней закладки 1 траншеи (4) = 12 дней;
- ежедневно закладывается: 2560 т/12 дн = 213 т.

Силоса нужно 2710 т, а зеленой массы 3523 т. Для заготовки силоса используется раннеспелый гибрид кукурузы – 1057 т и среднеспелый гибрид кукурузы в смеси с мальвой – 1653 т. Скашивание проводится в фазе молочно-восковой спелости зерна.

Определить потребность в силосных траншеях, если размеры: ширина – 10 м, длина – 50 м, высота – 2,5 м, слой над траншеей – 1м. Масса 1 м^3 силоса из кукурузы – 0,7 т, подсолнечника – 0,75 т, смеси кукурузы с мальвой и соей – 0,75 т.

- Объем силоса (м^3) находится по формуле: О = Ш×В×Д = 10×3,5×50 = 1750 м^3;
- масса зеленой травы в 1 траншее = О × масса 1 м^3 силоса = 1750×0,75=1312,5 т;
- Количество траншей = валовой сбор, т / масса зеленой травы в 1 траншее = 2710/1312,5 = 2;

Зерна нужно 1379 т (горох – 276 т, овес – 345 т, ячмень – 414 т, ячмень+горох+овес – 345 т).

Все культуры убираются в фазу полной спелости.

Задание 3. Рассчитать посевные площади, урожайность и выход готового корма. Вся посевная площадь на кормовые цели должна быть сведена в таблицу 21.

Все культуры, которые были запланированы в зеленом и сырьевом конвейерах переписываются в сводную таблицу.

Таблица 21

Посевные площади, урожайность и выход готового корма

№ п/п	Культуры, их использование	Площадь, га	Урожайность, т/га	Валовой сбор, т	Выход готового корма, т
1	2	3	4	5	6
1	Многолетние травы всего,				
	в т.ч				
2	Однолетние травы, всего				
	в т.ч				
3	Озимые культуры				
	в т.ч				
4	Корнеплоды				
	в т.ч				
5	Силосные культуры, всего				
	в т.ч				
6	*Поукосные посевы*				
	в т.ч				
7	Итого травяные культуры				
8	Зернофураж всего				
	в т.ч				
9	Вся площадь без поукосных посевов				
10	Природные сенокосы				
11	Природные пастбища				

Необходимо указать культуру или смесь, ее использование (зеленый корм, на сено, на силос), если она используется более чем два раза, необходимо указывать ее общую площадь.

Контрольные вопросы

1. Какие культуры используются для заготовки сена? В какие фазы проводится уборка?
2. Какие культуры используются для заготовки сенажа? В какие фазы проводится уборка?
3. Какие культуры используются для заготовки силоса? В какие фазы проводится уборка?
4. Какие варианты набора культур подходят под фуражный блок?
5. Как рассчитать размеры и количество траншей?

Занятие 4. Расчет структуры посевных площадей

Структура посевных площадей представляет собой соотношение различных сельскохозяйственных культур, возделываемых на пашне хозяйства.

Обычно её выражают в процентах или гектарах, показывая какой процент или количество гектаров от общей площади занимает та или иная культура.

В таблице 22 представлена научно-обоснованная структура посевных площадей, рекомендуемая для разных природных зон Самарской области в процентах от общей площади пашни.

Следует учесть, что эта структура является примерной и не может быть обязательной и неизменной для всех хозяйств.

Для конкретного хозяйства, по которому выполняется задание, она может служить примерным ориентиром. В хозяйствах разных производственных типов она может существенно изменяться и отличаться от рекомендуемой в зависимости от направления и специализации хозяйства.

Таблица 22

Рекомендуемая структура использования пашни
по природно-хозяйственным зонам, % от пашни

Биологические группы культур и пары	По области	В том числе по зонам		
		северная	центральная	южная
1. Зерновые и зернобобовые, всего	50-55	55-60	45-50	50-55
В т.ч. озимые	15-20	15-20	15-20	15-20
яровые	30-35	35-40	30-35	35-40
в т.ч. пшеница	5-10	5-10	50-10	5-10
зернобобовые	5	5-10	5	5

продолжение таблицы 22

2. Технические	5-10	3-5	5-10	5-10
В т.ч. подсолнечник	3-5	1-5	5-7	5-7
3. Овоще-бахчевые и картофель	0,1-1	0,1-0,5	0,5-1,5	0,1-0,5
В т.ч. овощи	0,2	0,1	0,7	0,1
картофель	0,6	0,3	1,3	0,1
4. Кормовые, всего	25	23-25	25-30	20-25
В том числе: силосные и корнеплоды	10-15	5-10	10-15	5-10
Сеяные травы	10-15	10-15	15-20	10-15
5. Чистые пары	15-20	15-20	10-15	15-20
Всего пашни	**100**	**100**	**100**	**100**
В том числе посевов	80-90	80-90	80-90	80-90

Примечание: интервалы в 2-5 % связаны с необходимостью корректировки структуры в зависимости от специализации хозяйств. В зерно-животноводческих зерновые могут быть увеличены на 2-3 %, а кормовые уменьшены на 2-3%, а в животноводческо-зерновых, наоборот – зерновые уменьшаются, а кормовые увеличиваются.

Начать расчёт структуры посевных площадей можно с рекомендуемой структуры, а потом скорректировать её с таким расчётом, чтобы она обеспечивала потребность хозяйства в кормах, зерне и других продуктах.

Итоговый расчет структуры посевных площадей оформляется в виде таблицы 23.

В первой колонке таблицы 23 указываются группы сельскохозяйственных культур и культуры, входящие в них, которые планируется возделывать в хозяйстве.

Во второй колонке показываются проценты от общей площади пашни, которые берутся из рекомендуемой структуры посевных площадей (для той зоны области, где находится хозяйство).

В третьей колонке показываются площади групп сельскохозяйственных культур и конкретные культуры, которые планируется возделывать в хозяйстве. Подбор культур лучше начать с культур используемых на кормовые цели (табл. 21), а оставшуюся площадь распределить в соответствии с рекомендуемой структурой для зоны (табл. 22).

При решении вопроса, сколько и какие озимые следует сеять и по каким предшественникам их размещать, нужно учитывать, что в централной и южной зонах областях высевают больше озимой ржи, чем пшеницы, так как озимая рожь более устойчива к перезимовке и весенней засухе. В этих зонах целесообразно занимать рожью до 60-70% от площади озимых.

Таблица 23

Расчет структуры посевных площадей хозяйства

Сельскохозяйственные культуры	% от площади пашни	Площадь га	Урожайность, ц/га	Будет получено, ц	Требуется на корм, ц	Требуется на семена, ц				На продажу	Требуется всего
						Норма высева, ц/га	На всю площадь, ц	Страховой фонд, %/ц	Всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Пары											
Зерновые и зернобобовые, всего											
В т.ч.											
Технические, всего											
В т.ч.											
Кормовые, всего											
В т.ч.:											
Сенокосы											
Пастбища											

Чистые пары используются в основном под озимые культуры, однако в южной зоне небольшая часть чистых паров может использоваться под посевы яровой пшеницы и других культур.

В северной и центральной зонах области часть посевов озимых размещается по занятым парам и часть по сидеральным. В качестве парозанимающих растений используются культуры с коротким вегетационным периодом и рано освобождающие поле: горох, однолетние травы, кукуруза на зелёный корм и другие.

После того, как из общей площади пашни будут вычтены площади под кормовыми культурами, оставшуюся площадь распределяют между другими.

В четвёртой колонке указывается урожайность культур (по заданию или средняя за последние 3 года по хозяйству).

В пятой колонке определяется, сколько центнеров будет получено каждой культуры. Для этого нужно перемножить площадь и урожайность этих культур.

Потребность на семена определяется для тех культур, семена которых получают в своём хозяйстве. Для определения потребности в семенах норму высева семян в ц/га умножают на площадь

посева, затем к полученному произведению прибавляют 20% от него страхового фонда и получают общую потребность в семенах (колонка 10). В колонку 11 записывают всё, что осталось и используется для оплаты труда работников и на продажу.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение структуре посевных площадей. В чем она выражается?
2. С чего следует начать расчёт структуры посевных площадей?
3. Как спланировать группы сельскохозяйственных культур и конкретные культуры, которые планируется возделывать в хозяйстве?
4. Чем руководствуются при решении вопроса, сколько и какие озимые следует сеять и по каким предшественникам их размещать.
5. Для каких культур и по какому принципу определяется потребность на семена?

ТЕМА 4. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СЕВООБОРОТОВ

Прежде чем начать разработку системы севооборотов для хозяйства, необходимо очень хорошо изучить группы предшественников по их влиянию на засорённость почвы и посевов, поражённость вредителями и болезнями, влиянию на водно-физические свойства и пищевой режим почвы, дать оценку сельскохозяйственных культур и разных типов паров как предшественников.

При разработке севооборотов должны соблюдаться следующие *принципы их построения:*

- Размещение пшеницы по пшенице; ячменя по ячменю; овса по овсу; пшеницы по ячменю; ячменя по пшенице, идущего на семенные цели; пшеницы, ячменя и овса, даже после сдвоенного предшественника недопустимо.
- Размещение культур по схеме зернофуражные: ячмень – овес, пшеница – зернофуражные допускается только после чистого пара и любого сдвоенного предшественника.
- Размещение картофеля и корнеплодов по схеме: чистый пар – корнеплоды; чистый пар – картофель; чистый пар –

картофель – картофель недопустимо из-за возможности распространения болезней, вредителей. Для улучшения фитосанитарного состояния пашни обязательным элементом является включение третьего поля пшеницы, ячменя или овса (смена культур, отличающихся биологическими особенностями и составом органического вещества поступающего в почву).

- Поля многолетних трав (клевера, люцерны, костреца безостого и других злаковых) должны создаваться путем ежегодного посева под зерновую культуру (пшеницу, ячмень). Сроки посева многолетних трав определяется сроком посева зерновых. Для создания травостоев длительного срока пользования (выводные поля) целесообразно применить летние посевы, под июльские дожди, используя полупаровую обработку.
- Многолетние травы с длительным циклом жизни и продуктивности необходимо размещать в выводных полях, используя травостои для получения семян, сена, сенной муки, сенажа (люцерна, кострец безостый).Годичное использование люцерны и костреца недопустимо.

Задание 1. Составить схемы севооборотов. Для того чтобы составить севооборот, необходимо, прежде всего, определить число полей в севообороте. Для этого нужно объединить культуры близкие по биологическим особенностям и агротехнике в группы и общую площадь севооборота разделить на площадь наименьшей группы. Также число полей в севообороте можно определить, переводя площади под культурами в проценты от общей площади севооборота и 100% разделить на процент наименьшей группы. Из приведенной структуры посевных площадей культуры можно объединить в следующие группы, например:

1. Озимые (рожь и пшеница) 655 га или 20,7%;
2. Предшественники озимых (пар и одн. травы) 696 га или 21,9%;
3. Яровые зерновые (пшеница, ячмень, овес) 1471 или 46,3%;
4. Пропашные (кукуруза) 348 га или 10,9%.

Всего 100%.

Число полей 3176 га : 348 га = 9 полей или 100% :10,9% = 9 полей.

Примерные схемы севооборотов и оценка предшественников представлены в приложении 1.

Вся система севооборотов разработанных для хозяйства размещается в виде табличного материала (табл. 24), с обязательным указанием группировки пашни, типа почвы, номера севооборота, общей площади, среднего размера поля.

Таблица 24

Перечень севооборотов, спроектированных для хозяйства

Севооборот №	Севооборот №	Севооборот №
На площади, га	На площади, га	На площади, га
Сред.размер поля, га	Средний размер поля, га	Средний размер поля, га
1.	1.	1.
2.	2.	2.
…	…	…

Севообороты должны быть составлены на всю площадь пашни. Размеры полей для полевых севооборотов 200-400 и для кормовых 25-100 гектаров. Колебания размеров полей в севообороте не должно превышать 10% от среднего размера поля. Число полей в севооборотах не ограничено, но в пределах 4-10.Далее вся работа выполняется по севообороту №1.

Задание 2. Разработать план перехода к планируемым севооборотам и ротационные таблицы с учетом фактического размещения культур на полях севооборота за последние один-два года, засоренности полей и других условий.

Последовательность составления плана перехода:

- Обозначить предшественники за последние 2-3 года
- Выявить фитосанитарное состояние почвы и посевов на полях;
- Оценить эрозионную обстановку на полях.
- Определить состояние многолетних трав посева прошлых лет и решить вопрос о посевах трав, подлежащих распашке и оставления высокоурожайных.
- Записать в таблице озимые культуры, посеянные осенью предшествующего года.
- Разместить по лучшим предшественникам на чистых от сорняков полях наиболее ценные культуры.
- Определить поля, которые следует отвести под чистые пары (наиболее засоренные).
- Не размещать на поле зерновые более двух лет подряд.

- Не возвращать на прежнее поле, т.е. соблюдать соответствующий фитосанитарный интервал:

подсолнечник ранее 7 лет,

сахарную свеклу ранее 4 лет,

зернобобовые (горох) ранее 5-6 лет.

- Сборные поля занимать культурами, у которых схожая технология, биология и одинаковые сроки посева и уборки.

- В переходный период планомерно отводить поля под многолетние травы с тем условием, чтобы на год освоения были травы всех возрастов. План перехода к севообороту привести в виде таблицы 25.

Таблица 25

План перехода к севообороту

1..... 2..... 3..... 4..... 5..... 6..... 7.....

№ поля	Размещение культур к началу освоения севооборота.		Размещение культур в годы освоения							
			г.		г.		г.		г.	
	культура	га	культура	га	культура	га	культура	га	культура	га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Севооборот считается освоенным, если обеспечивается соблюдение границ полей, а размещение культур по полям и предшественникам проводится в соответствии с принятой схемой.

После освоения севооборота составляется ротационная таблица.

Таблица 26

Ротационная таблица

Схема чередования культур в новом севообороте:

1..... 2..... 3..... 4..... 5..... 6.....7.....

№ поля	Годы						

Контрольные вопросы

1. Каковы основные принципы построения севооборотов?
2. Как определить число полей в севообороте?
3. Какие культуры можно объединить в группы?

4. Каковы допустимые размеры полей в зависимости от типа севооборота?

5. Как составляется план перехода к планируемым севооборотам и ротационные таблицы.

6. Для каких культур и по какому принципу определяется потребность на семена?

ТЕМА 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ, ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ

Занятие 1. Расчет доз минеральных удобрений

Расчет доз минеральных удобрений в севообороте проводится с использованием балансового метода с учетом питательных веществ, внесенных с органическими удобрениями.

Определение оптимальных доз удобрений на запланированный урожай является наиболее сложным вопросом современной агрономической науки и практики. Наиболее широкое применение получил балансовый метод расчета, при котором учитывается потребность растений в элементах питания, естественное плодородие почвы, коэффициенты использования доступных элементов питания из почвы и удобрений, количество удобрений, внесенных под предшественник, действие и последействие минеральных и органических удобрений. Содержание питательных веществ в органических удобрениях в приложении 2; содержание элементов питания в минеральных удобрениях в приложении 3; группировка почв по степени кислотности в приложении 4.

Задание. Рассчитать дозы минеральных удобрений. Для расчета (табл. 30) использовать следующие данные:

1. Планируемая урожайность культуры. Обычно для этого используют действительно возможный урожай (ДВУ), рассчитанный по влагообеспеченности посевов, для условий богары потенциальную урожайность (ПУ), рассчитанную по приходу фотосинтетически активной радиации (ФАР), для условий орошения.

2. Вынос элементов питания с 1 т основной продукции с соответствующим количеством побочной (табл. 27).

Таблица 27

Вынос азота, фосфора и калия сельскохозяйственными культурами

Культура	Выносится на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции		
	азота(N)	фосфора (P_2O_5)	калия (K_2O_5)
1	2	3	4
Пшеница озимая	39,0	14,0	26,0
Пшеница яровая	44,1	11,5	17,1
Ячмень	28,5	12,2	19,3
Овес	31,6	14,7	29,6
Горох	64,2	17,1	22,5
Вика	60,9	15,8	19,1
Корнеплоды кормовые	4,9	1,5	6,7
Кукуруза на силос	2,9	1,2	3,5
Подсолнечник на силос	2,9	1,5	3,5
Кукуруза на зерно	26,8	8,8	28,2
Люцерна на сено	27,0	7,0	16,0
Сорго	37,0	11,0	16,0
Однолетние травы на сено	24,5	1,7	16,6
Однолетние травы на зеленый корм	7,8	2,1	3,4
Многолетние травы на сено	26,0	6,5	15,0
Многолетние травы на зеленый корм	8,0	2,0	4,6
Бахчи (в среднем)	8,9	0,75	7,8

3. Содержание в почве легкодоступных веществ, в обыкновенных черноземах Самарской области составляет в мг на 100 г почвы: гидролизуемого азота 7-10, подвижного фосфора 6-9, обменного калия 12-16. Обычно используют данные агрохимических картограмм, имеющихся в хозяйствах.

Масса пахотного горизонта почвы на 1 га 3000 т, значит 1 мг элемента в 100 г почвы соответствует 30 кг его в пахотном горизонте на 1 га.

4. Коэффициенты использования питательных веществ из почвы, минеральных удобрений и навоза (табл. 28, 29).

После люцерны в почве остается 100 кг, а после однолетних бобовых культур 50 кг симбиотического азота, коэффициент его использования в первый год 25%, во второй год –10%.

Таблица 28

Средние коэффициенты использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из удобрений

Год действия	Органические удобрения			Минеральные удобрения		
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
1-й	0,20-0,25	0,25-0,30	0,50-0,60	0,50-0,60	0,15-0,20	0,50-0,60
2-й	0,20	0,10-0,15	0,10-0,15	0,05	0,10-0,15	0,20
3-й	0,10	0,05	-	0,05	0,05	-

Таблица 29

Коэффициент использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений

Культуры	Элементы минерального питания		
	азота(N)	фосфора (P_2O_5)	калий (K_2O_5)
Из почвы: зерновые, пропашные, однолетние и многолетние травы	20	10-12	10-15
Из минеральных удобрений: В среднем за год	50	15-20	60

Расчет доз минеральных удобрений проводится следующим образом:

Строка 1: из табл. 27;

Строка 2: строка 1×урожайность культуры;

Строка 3: из задания;

Строка 4: строка 3×30;

Строка 5: табл. 29;

Строка 6: строка 4×строка 5/100

Строка 7: В каждой тонне навоза в среднем содержится 5 кг азота, 2,5 кг фосфора (P_2O_5) и 6 кг калия (K_2O).

В последующие годы коэффициенты использования из навоза равны: на второй год азота – 20, фосфора – 25 и калия – 20%;

Строка 8: строка 7×количество вносимого навоза, т;

Строка 9: Коэффициенты использования NPK из навоза в год внесения составляют: азота – 25, фосфора – 30, калия – 50%;

Строка 10: строка 8×строку 9/100;

Строка 11: из строки 2 вычесть строку 6 и строку 10;

Строка 12: табл. 29;

Строка 13: строка 11×100/ стр 12;

Строка 14 и 15: приложение 3;

Строка 16: строка 13 / строку 15

Строка 17: стр 16×площадь поля

Таблица 30

Расчет доз удобрений на планируемый урожай

Культура/показатели			
	N	P_2O_5	K_2O
1. Вынос на 1 т, кг			
2. Вынос на планируемый урожай, кг/га			
3. Содержание в почве: мг/100г			
4. Содержание в почве, кг/га			
5. Коэффициент использования из почвы, %			
6. Будет усвоено из почвы, кг/га			
7. Содержится в 1 т навоза ,кг			
8. Вносится с _____т навоза			
9. Коэффициент использования из навоза (%)			
10.Потребление из навоза ,кг/га			
11. Требуется усвоить из мин. удобрений, кг/га			
12. Коэффициент использования из удобрений, %			
13. Требуется внести мин. удобрений, кг/га, д.в.			
14. Вид удобрения			
15. % действующего вещества			
16. Норма внесения удобрений ц/га			
17. На всю площадь, ц			

После расчета доз минеральных удобрений в кг д.в./га разрабатывается план применения минеральных удобрений в севооборотах (табл. 31).

Таблица 31

План распределения доз минеральных удобрений по срокам и способам внесения, кг/га д.в.

Культура в порядке чередования в севообороте	Основное удобрение				Припосевное внесение, кг/га			Подкормки, кг/га		
	т/га	кг/га								
	навоз	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

После разработки плана распределения удобрений по срокам и способам выбираются формы минеральных удобрений для хозяйства с учетом агрохимических свойств почв, биологических особенностей культур и технологии внесения (прил. 7).

Контрольные вопросы

1. Как рассчитывается вынос элементов питания на планируемый урожай?
2. Как рассчитать, сколько будет усвоено культурой элементов питания из почвы?
3. Как рассчитывается потребность в минеральных удобрениях?
4. Как рассчитать норму внесения удобрений?
5. Как составить план распределения доз минеральных удобрений по срокам и способам внесения?

Занятие 2. Расчет баланса органического вещества в почвах севооборота

Одним из важнейших показателей почвенного плодородия является содержание гумуса, запасы которого в значительной степени определяют агрохимические, агрофизические и биологические свойства почвы. В богатой гумусом почве повышается доступность растениям фосфора, снижаются потери элементов питания от вымывания, повышается скорость разложения пестицидов, снижаются затраты на обработку почвы, количества применяемых удобрений и мелиорантов. При сельскохозяйственном использовании почв гумус непрерывно минерализуется, а элементы питания отчуждаются с урожаем.

Наибольшие потери гумуса вследствие его минерализации и эрозионных процессов происходят в парующей почве и под пропашными культурами по сравнению с зерновыми и многолетними травами.

Поэтому при разработке адаптивно-ландшафтной системы земледелия в севообороте необходимо проводить расчеты гумусового баланса.

Баланс гумуса в почве может быть бездефицитным, когда его приход в результате гумификации свежих растительных остатков и органических удобрений полностью уравновешивает расход за счет минерализации и эрозии почвы. Баланс считается положительным, когда приход вновь образованного гумуса превышает его расход, и отрицательным, когда приход гумус не компенсирует его потери.

Задание. Рассчитать приход гумуса в почву. Приход гумуса в почве рассчитывают, исходя из массы пожнивных и корневых остатков, внесенных органических удобрений и коэффициентов гумификации из органического вещества (табл. 32). Расчеты привести по принципу таблицы 33.

Таблица 32

Коэффициент гумификации (изогумусовые коэффициенты) органического вещества растительных остатков, навоза и соломы

Органическое вещество	Коэффициент
Растительных остатков: Зерновых, зернобобовых	0,18-0,20
Кукурузы и других силосных культур	0,15
Картофеля, корнеплодов и овощей	0,05-0,08
Навоза КРС	0,20-0,25
Соломы на удобрение	0,25
Многолетних бобовых трав	0,25
Многолетних злаковых трав	0,20
Однолетних трав на сено	0,18-0,20
Однолетних трав на зелёную массу	0,12-0,15

Таблица 33

Расчет баланса гумуса в севообороте

№ п/п	Культуры	Площадь посева, га	Урожайность основной продукции, т/га	Вынос азота на тонну основной продукции, кг	Вынос азота с 1га, кг	Вынос азота со всей площади, кг
1						
…						
	Пары					
Итого						

Количество пожнивных и корневых остатков зависит от урожайности, биологических особенностей сельскохозяйственных культур и определяется по массе основной продукции с учетом поправочных коэффициентов (табл. 34).

Пример расчета баланса гумуса:

1. Вынос азота с гектара севооборотной площади:

Вынос азота со всей площади / площадь севооборота, кг

2. Поступление азота в почву, кг/га (в среднем:с осадками – 4 кг; с семенами – 3 кг; связывается азотбактером: 0,7×25=4,25 кг; симбиотический азот бобовых: 5,7 кг.

Таблица 34

Уравнения регрессии определения массы растительных остатков и корней по урожаю основной продукции

Культура	Урожайность (у), ц/га	Уравнения регрессии для определения массы, ц/га		Урожайность (у), ц/га	Уравнения регрессии для определения массы, ц/га	
		поверхностных остатков	корней		поверхностных остатков	корней
Озимая рожь	10-25	x=0,3y+3,2	x=0,6y+8	26-40	x=0,2y+6,3	x=0,6y+13,9
Озимая пшеница	10-25	x=0,4y+2,6	x=0,9y+5,8	26-40	x=0,1y+8,9	x=0,7y+10,2
Яровая пшеница	10-20	x=0,4y+1,8	x=0,8y+6,5	21-30	x=0,2y+5,4	x=0,8y+6
Ячмень	10-20	x=0,4y+1,8	x=0,8y+6,5	21-35	x=0,09y+7,6	x=0,4y+13,4
Овес	10-20	x=0,3y+3,2	x=1y+2	21-35	x=0,15y+6,1	x=0,4y+15
Просо	5-20	x=0,2y+5	x=0,8y+7	21-30	x=0,3y+3,3	x=0,56y+11,2
Горох	5-20	x=0,14y+3,5	x=0,66y+7,5	21-30	x=0,2y+1,7	x=0,37y+12,9
Гречиха	5-15	x=0,25y+4,3	x=1,1y+5,3	16-30	x=0,2y+5,2	x=0,54y+14,1
Подсолнечник	8-16	x=0,04y+3,1	x=1y+6,6	16-30	-	-
Картофель	50-200	x=0,04y+1	x=0,08y+4	-	x=0,03y+4,1	x=0,06y+8,6
Сахарная свекла	100-200	x=0,02y+0,8	x=0,07y+3,5	201-305	x=0,003y+2,3	x=0,06y+5,4
Овощи	50-200	x=0,02y+1,5	x=0,06y+5	201-400	x=0,006y+3,6	x=0,04y+6
Кормовые корнеплоды	50-200	x=0,01y+1	x=0,05y+5,5	250-400	x=0,003y+2,4	x=0,05y+5,2
Кукуруза на силос	100-20	x=0,3y+3,2	x=0,12y+8,7	-	x=0,02y+5	x=0,08y+16,2
Другие силосные	100-200	x=0,3y+3,2	x=0,09y+7	201-350	-	-
Одн. травы на сено	10-40	x=0,3y+3,2	x=0,7y+7,5	-	-	-
Мн. травы на сено	10-40	x=0,3y+3,2	x=0,8y+11	30-60	x=0,1y+10	x=1y+15

Примечание:

x – количество остатков;

y – урожайность основной продукции; коэффициент перевода азота в гумус (изогумусовый коэффициент) – 20%.

Всего поступит в почву: 4+3+4,25+5,7=16,95 кг

3. Потери азота на 1 га пашни составят, кг: П.1-16,95
4. Потери гумуса будут составлять, т/га: П.3×20 (Цифра 20 означает коэффициент перевода азота в гумус – изогумусовый коэффициент).
5. Решаем уравнения регрессии (табл. 34) для определения массы растительных остатков (x_1) и корней (x_2) по урожаю основной продукции каждой культуры севооборота (по Ф.И. Левину), например:

Озимая рожь – 3,2 т/га

x_1=0,2у+6,3=6,94

x_2=0,6у+13,9=15,82

6. Сумма растительных остатков и корней культур в севообороте составит: $x_1 + x_2 = 22,76$ т/га
7. Таким образом, сумма растительных и корневых остатков, т/га, в среднем составит: П.6 т/га делим на количество культур в севообороте
8. Исходя из этого (с учетом коэффициента гумификации растительных остатков и корней = 0,15), получим ежегодный приход гумуса в почву, т/га: П.7 т/га×0,15
9. Ежегодные потери гумуса из почвы составят: П.4 – П.8, т/га
10. Известно, что внесенные на 1 га 10 т полуперепревшего навоза образуют 1 т гумуса, поэтому для бездефицитного баланса гумуса в нашем примере необходимо внести на 1 га навоза, т: 10 т навоза×П.8 т гумуса/1т гумуса
11. Для создания бездефицитного баланса гумуса потребуется внести навоза на всю площадь севооборота: П.10×S.

Контрольные вопросы

1. Чем определяются запасы гумуса?
2. Вследствие чего происходят наибольшие потери гумуса?
3. Каким может быть баланс гумуса и от чего зависит?
4. Как рассчитывается приход гумуса в почве?
5. Как определяется масса растительных остатков?

ТЕМА 6. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЧВОЗАЩИТНОЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Система обработки должна обеспечивать защиту почвы от эрозии, а также ее минимизацию.

Задание. Пользуясь приложениями 5, 6, 7 разработать почвозащитную ресурсосберегающую систему обработки почвы в севообороте в виде таблицы 35.

Таблица 35

Почвозащитная ресурсосберегающая система обработки почвы

№ поля, культура	Приемы и глубина обработки почвы	Почвообрабатывающие орудия	Агротехнические сроки
1	2	3	4

Исходными данными для обоснования состава, типов машин и агрегатов служат материалы о наличии в хозяйстве машин и орудий, их техническом состоянии и соответствию уровню научно-технического прогресса; структура посевных площадей с учетом специализации хозяйства; технологические карты возделывания культур; материалы по ландшафтному землеустройству и почвенному обследованию.

Контрольные вопросы

1.Что служит исходными данными для обоснования состава, типов машин и агрегатов?

2. Что подразумевает почвозащитная ресурсосберегающая система обработки почвы?

3. Каковы приемы и глубина почвозащитной ресурсосберегающей обработки почвы?

4. Какие почвообрабатывающие орудия применяются при почвозащитной ресурсосберегающей обработки почвы?

ТЕМА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ХОЗЯЙСТВА В ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТАХ. КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ПОЧВ ОТ ВОДНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ

Потребность в сельскохозяйственных машинах определяют во взаимной связи с тракторами, рациональное использование которых во многом зависит от набора машин. Поэтому при формировании заявки на планируемый год следует исходить в первую очередь из необходимости ликвидации диспропорций между наличным парком тракторов и набором («шлейфом») машин к ним.

На засоренных многолетними сорняками полях в системе зяблевой обработки планируют лущение стерни на 6-8 см и 8-10 см после стержневых предшественников.

Углубление проводят на почвах с мощностью пахотного слоя менее 18 см под культуры с глубоко проникающей стержнекорневой системой: кормовые корнеплоды, клевер, рапс, горох, овощные культуры. При необходимости возможно применение безотвального рыхления на глубину 23-25 см, под культуры сплошного посева, а под пропашные – глубину рыхления увеличивают до 27-30 см. Для этого используют плуги с вырезными корпусами, почвоуглубителями, безотвальные плуги, чизельные рыхлители и другие орудия.

На склонах до 3° эффективна вспашка поперек склона, а на полях с уклоном 3,1-5° и 5,1-8° со средне- и сильносмытыми почвами планируют вспашку со щелеванием, почвоуглублением или чизельную обработку поперек стока или разноглубинную обработку с изменением микрорельефа.

Щелевание целесообразно проводить на многолетних травах на 38-40 см поперек стока при замерзании почвы до глубины 5 см.

Минимализацию основной обработки путем замены вспашки поверхностной до 8 см или мелкой 8-10 см планируют под озимые и яровые зерновые культуры, размещаемые после пропашных, зернобобовых и однолетних трав, а также на полях при незначительной засоренности многолетними сорняками не выше экономических порогов 3-4 шт/м^2 вредоносности.

Предпосевную обработку целесообразно совмещать с посевом, используя почвообрабатывающие посевные агрегаты типа

АПП-3, АПП-4,5 (культиватор-сеялка), КА-3,6 (фреза-сеялка) или сеялки прямого посева СЗПП-4, СЗПП-8, ДМС «Примера» 601.

При ранневесеннем боронавании, предпосевной обработке почвы использовать тракторы на гусеничном ходу и с допустимой нормой давления на почву при влажности 0,6-0,7 НВ 50-55 Кпа.

Потребность в почвообрабатывающих агрегатах определяют с учетом норм выработки, продолжительности выполнения работы по формуле:

$$К_А = \frac{S}{H \times T_n}$$

где $К_А$ – количество агрегатов;

S – суммарная площадь, на которой применяется прием обработки, га;

H – производительность агрегата, га/час;

T – продолжительность рабочей смены, ч;

n – продолжительность агротехнического срока выполнения обработки почвы, дней.

Задание. Пользуясь приложениями и справочниками заполнить рассчитать потребность хозяйства в почвообрабатывающих агрегатах (табл. 36).

Таблица 36

Потребность хозяйства в почвообрабатывающих агрегатах

Технологический прием	Продолжительность проведения, дни	Площадь, га	Марка трактора и машины	Производительность, га/ч	Требуется	
					тракторов	машин
1	2	3	4	5	6	7

Рекомендуемые нормы выполнения работ: боронование посевов 2 дня, предпосевная культивация, лущение стерни и междурядное рыхления – 3, вспашка зяблевая – 15, вспашка под озимые и весновспашка – 5.

Контрольные вопросы

1.Что служит исходными данными для обоснования потребности в сельскохозяйственных машинах?

2.Как определяют потребность хозяйства в почвообрабатывающих агрегатах?

3. Каковы основные приемы и глубина обработки почвы в севообороте?

4. Каков минимальный набор почвообрабатывающих машин необходимо иметь в хозяйстве?

ТЕМА 8. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ СОРНЯКОВ, ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Задание. Разработать интегрированную систему защиты сельскохозяйственных культур от сорняков, вредителей и болезней с учетом охраны окружающей среды, для чего:

- ознакомиться с оценкой фитосанитарного состояния посевов, экономическими порогами вредоносности вредителей, болезней и сорняков и влиянием основных агрономических мероприятий на изменение численности вредных организмов.
- разработать систему мероприятий по защите сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней (табл. 38).
- разработать систему применения гербицидов в севооборотах (табл. 37).
- рассчитать ежегодную потребность хозяйства в химических средствах защиты растений.

Таблица 37

Система применения гербицидов в севообороте

Культуры	Гербицид	Сорняки	Сроки применения	Площадь, га	Норма расхода препарата, кг/га	Потребность в гербицидах, кг
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 38

Система мероприятий по защите сельскохозяйственных культур

Мероприятия	Против каких вредителей и болезней	Срок проведения	Пестицид, биопрепарат	Норма расхода	МДУ, мг/кг	Обрабатываемая площадь	Потребность в пестицидах
1	2	3	4	5	6	7	8
Зерновые культуры							
Предпосевное протравливание семян	Проволочники, злаковые мухи, хлебные блошки, озимые совки, головневые болезни, корневые гнили	За 0,5-1 месяц до посева					
Опрыскивание растений	Снежная плесень, корневые гнили	Кущение – сентябрь					
Опрыскивание растений	Шведская и другие злаковые мухи, хлебные блохи, пьявица	Отрастание до выхода в трубку – май начало июня					
Опрыскивание растений	Злаковые трипсы, цикады, пьявица	Начало колошения (3 декада июня, 1 декада июля)					
Предпосевную обработку семян можно проводить совместно от вредителей и болезней. Краевое опрыскивание проводят в годы с высокой численностью вредителей на полосе 40-100 м.							
Картофель							
Предпосевная обработка клубней	Фитофтора, все виды парши, мокрая гниль	За 0,5-1 месяц до посадки					

Продолжение таблицы 38

1	2	3	4	5	6	7	8
Внесение в почву при посадке гранулированного инсектицида	Проволочники	2-3 декады мая					
Опрыскивание растений	Фитофтора	При высоте растений 20 см					
Опрыскивание растений	Фитофтора, колорадский жук	Бутонизация – 3 декада июня, июль					
Опрыскивание растений	Фитофтора	3 декада июля – 1 декада августа					
Фитосанитарная прочистка больных растений	Черная ножка, кольцевая гниль, ризоктониоз	Июль					
Скашивание ботвы с обязательной ее уборкой	Фитофтора	3 декада августа					
Кукуруза на силос и зеленый корм							
Предпосевное протравливание	Пузырчатая головня (фузариоз), корневые гнили, проволочники	За 0,5-1 месяц до посева					
Опрыскивание растений (краевое)	Шведская и другие злаковые мухи, хлебные блошки, пьявица	Всходы 2 листа - июнь					
Против злаковых мух проводят краевое опрыскивание шириной полосы 40-100 м							

Окончание таблицы 38

1	2	3	4	5	6	7	8
Однолетние травы (вика-овес, горох-овес, горох-овес-подсолнечник)							
Предпосевное протравливание семян	Пыльная и твердая головня, фузариоз, аскохитоз, проволочники	За 0,5 месяца до посева					
Кормовая свекла							
Предпосевная обработка семян	Корнеед, церкоспороз проволочники	За 0,5 месяца до посева					
Опрыскивание растений (краевое)	Свекловичная минирующая муха, блошки	Всходы, 1-2 пары настоящих листьев					
Опрыскивание растений (краевое)	Свекловичная листовая тля	Июль					
Краевое опрыскивание проводить с шириной полосы 20-60 м							

Примечание: Перед обработкой посевного материала проводят выбраковку клубней, зараженных болезнями. Мероприятие по внесению в почву гранулированного инсектицида назначается только при очень высокой численности проволочника (20 экз/м^2). Перед закладкой семенного картофеля в хранилище проводят прогревание семян на отрытом воздухе при температуре 10-12^0 С, выбраковку зараженных, пораженных гнилями, паршой, фитофторой и фумигацию хранилищ 2 % раствором формалина (1л/м^2).

Контрольные вопросы

1. Как проводится оценка фитосанитарного состояния посевов?
2. Какова система мероприятий по защите с.-х. культур от вредителей и болезней?
3. Какова система применения гербицидов в севооборотах?
4. Как рассчитать ежегодную потребность хозяйства в химических средствах защиты растений.

ТЕМА 9 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СЕМЕНОВОДСТВА

Задания.

1.Провести расчет потребности хозяйства в семенах зерновых, картофеля, кормовых культур, многолетних трав с учетом страхового и переходящего фондов. Наметить источники удовлетворения потребности в семенах.

2. Рассчитать производство семян по репродукциям.

3. Составить список районированных и перспективных сортов сельскохозяйственных культур.

4. Составить план внедрения перспективных сортов полевых культур.

5. Разработать систему мероприятий по повышению качества семян сельскохозяйственных культур.

Расчет потребности хозяйства в семенах сельскохозяйственных культур с учетом страхового и переходящего фондов и площади семенного участка. Для этого по каждой культуре определяют репродукции семян, площадь товарного посева, норму высева.

Страховые фонды для зерновых культур должны составлять 15%, для картофеля – 30%, переходящие для озимой ржи – 100%.

Для Среднего Поволжья планируются источники поступления семян: зерновых культур, картофеля, многолетних трав – собственное производство, кукурузы, овощей, рапса – из других регионов, семеноводческих хозяйств или фирм.

Форма записи расчетов представлена в таблицах 39, 40.

Таблица 39

Расчет потребности хозяйства в семенах зерновых и кормовых культур, картофеля и многолетних трав

Культура	Площадь товарного посева, га	Норма высева, кг/га (ц/га)	Потребность в семенах до посева, ц	Страховой фонд, ц	Общая потребность в семенах, ц
1	2	3	4	5	6

Таблица 40

Расчет земельного участка для производства семян

Культура	Репродукция	Потребность в семенах, ц	Урожайность кондиционных семян, ц/га	Площадь земельного участка, га
1	2	3	4	5

Контрольные вопросы

1. Как рассчитывается потребность хозяйства в семенах зерновых, картофеля, кормовых культур, многолетних трав с учетом страхового и переходящего фондов?
2. Как рассчитать производство семян по репродукциям?
3. Назовите районированные и перспективные сорта сельскохозяйственных культур.
4. Как составить план внедрения перспективных сортов полевых культур?
5. Какова система мероприятий по повышению качества семян сельскохозяйственных культур?

ТЕМА 10. РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУЛЬТУР В СЕВООБОРОТЕ

Занятие 1. Расчет потенциального урожая (ПУ) по приходу ФАР

Известно, что 90-95% всей биомассы растений составляют органические вещества, образующиеся в процессе фотосинтеза. Увеличить урожай растений – это значит повысить их фотосинтетическую продуктивность, а также коэффициенты использования солнечной радиации.

Приход фотосинтетически-активной радиации (ФАР) изменяется в зависимости от географической широты по временам года. Для Самарской области приход по месяцам приведен в таблице 41. Для расчета ФАР, приходящей на посев определенной культуры, требуется установить фактическую продолжительность вегетационного периода и суммировать ФАР соответственного числа дней каждого месяца.

Таблица 41

Фотосинтетически активная радиация на широте Самарской области

Месяцы	Приход ФАР, кДж/см^2	Месяцы	Приход ФАР, кДж/см^2
Январь	5,02	Июль	31,77
Февраль	8,36	Август	26,76
Март	17,98	Сентябрь	15,89
Апрель	25,5	Октябрь	8,78
Май	31,35	Ноябрь	4,6
Июнь	34,7	Декабрь	3,35
За год	214,1		

Задание. Рассчитайте ФАР за период вегетации культур в разработанном севообороте.

Пример расчета ФАР за период вегетации ячменя. Период от всходов до созревания у него составил 85 дней (с 6.V по 31.VII). В данном случае ФАР (Q фар) за вегетацию ячменя составит:

$$Q_{ФАР} = \frac{31{,}35 \times 25}{31} + 34{,}7 + 31{,}77 = 91{,}76$$

Однако коэффициент использования ФАР (Кфар) посевами будет зависеть от многих причин: сорта, почвенного плодородия, влагообеспеченности, технологии возделывания и других факторов. Согласно данным А. А. Ничипоровича (1966), коэффициент использования ФАР обычных производственных посевов составляет 1,5-3% и рекордных – 3,5-5 %. Он установил, что наиболее высокие урожаи создают посевы, имеющие общую площадь листовой поверхности 40…50 тыс. м^2/га, поглощающие при этом максимум солнечной радиации.

В Самарской области за период вегетации поступает 3,0-3,5 млрд. ккал/га ФАР. что соответствует суммарному приходу ФАР – 125,5-146,4 кДж/см . Сумма положительных температур свыше +10 С составляет в северной зоне 2150-2400°,

в центральной зоне – 2500-2600° и южной зоне – 2600-2700°. Продолжительность безморозного периода 120-140 дней.

При интенсивном земледелии усвоение ФАР достигает 3-5%, что соответствует получению 60-100 ц/га зерна, 350-600 ц/га клубней картофеля, 100-150 ц/га сена, 550-900 ц/га зелёной массы кукурузы.

По коэффициенту использования ФАР посевы подразделяются на следующие группы: низкие – 0,5-1,0%, средние – 1,0…1,5%, хорошие –1,5-3,0%, высокие – 3,5-5,0%, возможные – 6,0-8,0% и теоретически возможные – 8,0-10,0%.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит приход фотосинтетически-активной радиации (ФАР)?
2. Какова методика расчета ФАР за период вегетации культуры?
3. Каков, согласно данным А. А. Ничипоровича (1966), коэффициент использования ФАР обычных производственных посевов?
4. На какие группы по коэффициенту использования ФАР подразделяются посевы?

Занятие 2 Расчет потенциальной урожайности биомассы

Расчет потенциальной урожайности биомассыпри заданном коэффициенте использования ФАР, оптимальном режиме метеорологических условий и высокой культуре земледелия рассчитывается по формуле:

$$У_{биол} = \frac{Q_{ФАР} \times К_{ФАР} \times 10^4}{К}$$

где $У_{биол}$ – максимально возможная величина урожая абсолютно сухой массы, ц/га;

$Q_{ФАР}$ – приход ФАР за вегетационный период культуры, кДж/см^2;

$К_{ФАР}$ – коэффициент использования ФАР посевом, %;

К – калорийность единицы урожая (1 кг), кДж (табл. 42);

10^4 – коэффициент перевода в абсолютные величины.

При расчёте потенциального урожая культур в севообороте №1 $К_{ФАР}$ следует использовать: для озимых зерновых,

многолетних трав и пропашных культур в размере 3%, а для всех других культур – 2%.

Результаты проведённых расчётов по формуле занести в таблицу 43.

Таблица 42

Калорийность сельскохозяйственных культур, соотношение основной и побочной продукции

Культура	Стандартная влажность продукции, %	Отношение основной продукции к побочной	Сумма частей (Л)	Калорийность кДж 1 кг сухой биомассы		
				целое растение	основная продукция	побочная продукция
Пшеница озимая	14	1:1,8	2,8	18 600	19 019	17 975
Яровая мягкая	14	1:1,5	2,5	18 810	19 228	17 975
Яровая твердая	14	1:1,5	2,5	19 020	19 395	18 183
Рожь озимая	14	1:2	3,0	18 392	18 810	18 015
Ячмень	14	1:1,1	2,1	18 475	18 935	18 057
Овес	14	1:1,3	2,3	18 392	18 726	18 100
Просо	14	1:1,7	2,7	19 228	19 646	18 810
Гречиха	14	1:2,5	3,5	18 977	19 310	18 392
Горох	14	1:1,5	2,5	19 688	20 482	18 935
Соя	14	1:1,1	2,1	20 065	20 482	19 228
Подсолнечник	8	1:3	4,0	18 600	19 311	18 100
Кукуруза на зерно	14	1:1,2	2,2	17 138	17 555	16 720
Кукуруза на силос	70	1,0	1,0	16 302	16 302	16 302
Картофель	80	1:0,7	1,7	17 975	18 225	17 723
Сахарная свекла	80	1:0,5	1,5	17 680	18 140	17 598

Для перехода от урожая абсолютно сухой массы культур, рассчитанного по формуле, к урожаю культур при стандартной влажности следует использовать формулу:

$$У_{ст} = \frac{У_{биол} \times 100}{100 - w}$$

где $У_{биол}$ – максимально возможная величина урожая абсолютно сухой массы, ц/га;

w – стандартная влажность по ГОСТу (табл. 42).

Далее, исходя из соотношения зерна к соломе и стандартной влажности, необходимо рассчитать урожай зерна, пользуясь следующей формулой:

$$У_{з} = \frac{У_{биол} \times 100}{(100 - В) \times Л}$$

где $У_{з}$ – урожай зерна или какой-либо другой основной с.-х. продукции при стандартном содержании в ней влаги, ц/га;

В – стандартная влажность основной продукции, % (табл. 42);

Л – сумма частей в отношении основной и побочной продукции в общем урожае биомассы (табл. 42).

Контрольные вопросы

1. По какой формуле рассчитывается потенциальная урожайность биомассы при заданном коэффициенте использования ФАР, оптимальном режиме метеорологических условий и высокой культуре земледелия?

2. Какие показатели следует использовать при расчёте потенциального урожая культур в севообороте?

3. Какую следует использовать формулу для перехода от урожая абсолютно сухой массы культур к урожаю культур при стандартной влажности?

4. Какую формулу следует использовать для расчета урожай зерна?

Занятие 3. Определить КПД ФАР для планируемой урожайности культур в севообороте

Показателем эффективности использования солнечной радиации растениями является коэффициент полезного действия (КПД). КПД – это отношение количества энергии, запасенной в продуктах фотосинтеза или образовавшейся в фитомассе урожая, к количеству поглощенной радиации.

КПД выражается либо по отношению к падающей, либо по отношению к поглощенной растениями ФАР. Если рассматривать

планету Земля в целом, то КПД падающей ФАР составляет около 0,2%. Следовательно, КПД фотосинтеза в естественных условиях ничтожно мал.

Для разных растений и в разных условиях выращивания КПД поглощенной ФАР составляет следующие величины: кукуруза – 2,5-5,7, ячмень – 2,6-4,0, рис – 2,5-4,4, озимая пшеница – 1,1-6,3 (ХТ. Туминг).

Задача повышения КПД использования солнечной энергии является одной из важнейших в физиологии, а также в селекции сельскохозяйственных растений. $КПД_{ФАР}$ определяют по формуле:

$$КПД_{ФАР} = У_{биол} \times q/10^4 \times Q_{ФАР}$$

где $У_{биол}$ – урожайность абсолютно сухой биомассы, ц/га;

q – теплотворная способность сухой биомассы, кДж/кг;

$Q_{ФАР}$ –суммарный приход ФАР за вегетацию культуры, кДж/см^2.

Результаты проведённых расчётов по формуле оформить в виде таблицы 43.

Таблица 43

Потенциальный урожай культур в севообороте по приходу ФАР

Культуры в севообороте	Приход ФАР за вегетацию ($Q_{ФАР}$)	Потенциальный урожай ($У_{биол}$)	Урожай при стандартной влажности ($У_{ст.}$)	Урожай зерна ($У_э$)	$КПД_{ФАР}$ %	Отношение фактического урожая к потенциальному ($У_ф/У_э$)
1	2	3	4	5	6	7

Контрольные вопросы

1. Что такое $КПД_{ФАР}$?
2. В чем выражается $КПД_{ФАР}$?
3. По какой формуле определяется $КПД_{ФАР}$?
4. Каков КПД падающей ФАР на планете в целом?

Занятие 4. Определить действительно возможный урожай по влагообеспеченности

Действительно возможная урожайность – это урожайность, которая обеспечивается генетическим потенциалом культуры и основным лимитирующим фактором. Для Самарской области таким фактором, ограничивающим получение потенциальной урожайности,

является обеспеченность посевов влагой ($О_г$). Величина ДВУ определяется по формуле:

$$ДВУ = W/К_в$$

где ДВУ – действительно возможный урожай по влажности, т/га основной продукции при стандартной влагоемкости;

W – запасы продуктивной влаги в м^3/га;

$К_в$ – коэффициент водопотребления, м^3 на 1 т основной продукции (табл. 44).

Таблица 44

Коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур по зонам Самарской области, м^3 на 1 т.

Культуры	Коэффициент водопотребления, $К_в$
Пшеница яровая	1000-1100
Ячмень	900-1000
Овёс	900-1000
Просо	971-1085
Гречиха	1300-1500
Горох	1200-1300
Соя	1870-2000
Подсолнечник	1600-1800
Кукуруза на зерно	500-600
Кукуруза на силос	100-120
Картофель	150-170
Рапс семена	1600-1800
Картофель	1800-2200
Сахарная свекла	900-1200

Запасы продуктивной влаги (W) можно определить по данным годового количества осадков. При этом необходимо учитывать, что осадки не полностью используются растениями. Часть из них стекает с талыми водами, испаряется с поверхности почвы, а также стекает во время ливневых осадков с полей, имеющих значительный уклон. Коэффициент использования осадков посевами колеблется от 0,5 до 0,8 в зависимости от рельефа и механического состава почвы. Для наших расчетов $К_о$ условно возьмем равным 0,7.

Запасы продуктивной влаги определяются по формуле:

$$W = О_г \times К_о$$

Более достоверные результаты можно получить, если продуктивную влагу (W) определять как запасы доступной для растений влаги в метровом слое почвы перед посевом и эффективно используемых осадков за вегетационный период (табл. 45).

$$W = W_{0\text{-}100} + О_в \times К_о \,.$$

где $W_{0\text{-}100}$ – количество продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом (мм);

$О_в$ – осадки вегетационного периода (мм);

$К_о$ – коэффициент использования осадков (принят 0,7).

Таблица 45

Справочные материалы к выполнению заданий

Культуры	Вегетационный период (декады)	Теплотворная способность (q)	Сумма осадков за вегетацию	Запасы продуктивной влаги в метровом слое ($W_{0\text{-}100}$)
Озимая пшеница	12	18631	158	155
Озимая рожь	13	18422	170	155
Яровая пшеница	10	18841	138	145
Ячмень	8	18506	103	150
Овес	9	18422	120	150
Просо	9	19259	130	135
Гречиха	10	19008	140	135
Горох	8,5	19720	110	145
Кормовая свекла	13	17710	180	145
Подсолнечник	14	18631	195	145
Картофель	10	18003	140	145
Кукуруза (силос)	9	16328	126	140
Многолетние травы (сено)	15,5	21771	205	155
Многолетние травы (зеленый корм)	15,5	21771	205	155

Задание. Рассчитайте действительно возможный урожай культур севооборота по влагообеспеченности. Полученные данные записать в виде таблицы 46.

Таблица 46

Действительно возможный урожай культур в севообороте №1 по влагообеспеченности посевов

Культура в севообороте	Запасы продуктивной влаги в метровом слое ($W_{0\text{-}100}$)	Осадки за вегетацию ($О_в$)	Продуктивная влага (W)	Коэффициент водопотребления ($К_в$)	ДВУ
1	2	3	4	5	6

Контрольные вопросы

1. Что такое действительно возможная урожайность?

2. По какой формуле определяется ДВУ?

3. Как можно определить запасы продуктивной влаги в почве по данным годового количества осадков?

4. Каков коэффициент использования осадков посевами и от чего он зависит?

5. Какая формула расчета продуктивной влаги дает более достоверные результаты?

ТЕМА 11. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБУСТРОЙСТВА ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ

В зависимости от состояния сенокосов и пастбищ применяют комплекс мероприятий коренного или поверхностного улучшения.

Коренное улучшение. Коренному улучшению с созданием сеяных сенокосов и пастбищ подлежат все кормовые угодья с низкопродуктивными и малоценными травосмесями, сильно закустаренные и закочкаренные (более 30% поверхности) или заболоченные луга, а также сбитые и засорѐнные пастбища.

При коренном улучшении сенокосов и пастбищ в зависимости от класса и мелиоративного состояния кормовых угодий осуществляют три основных группы мероприятий:

1.Гидротехнические – регулирование водного режима осушением,орошением или сочетанием того или другого.

2.Культуротехнические – расчистка от древесно-кустарниковой растительности, камней, кочек, обработка дернины луга.

3.Агротехнические – внесение основного удобрения, посев травосмесейили однолетних предварительных культур, уход за сеяными травами.

Поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ включает комплекс культуротехнических, агротехнических и организационных мероприятий, обеспечивающих повышение урожайности и качества продукции природных травостоев. При этом происходит улучшение условий произрастания ценных кормовых растений и рационального укосного и пастбищного их использования.

Наиболее отзывчивы на поверхностное улучшение чистые или слабо (20-30% поверхности) закустаренные и закочкаренные луга с устойчивым естественным увлажнением (пойменные и низменные)

и наличием в травостое овсяницы луговой, костреца безостого, лисохвоста лугового, двукисточника тростникового, пырея ползучего и других ценных трав.

В зависимости от конкретных условий и состава природного травостоя поверхностное улучшение включает: расчистку трав от кустарников и мелколесья с планировкой поверхности; регулирование и улучшение водного режима; уход за дерниной и травостоем (омолаживание травостоя и подсев трав, борьбу с сорной растительностью, регулирование режима питания).

Омолаживание травостоя проводят механической обработкой дернины с последующим выравниванием поверхности, прикатыванием, внесением удобрений, а также подсевом при необходимости бобовых и злаковых трав.

Дернину и кочки обрабатывают фрезами ФБН-1,5; ФБК-2 в 1-2 следа или тяжелыми дисковыми боронами БДТ-3; БДТ-7; БДТ-10 в 2-4 следа в зависимости от величины кочек, плотности и мощности дернины.

Поверхность луга выравнивают планировщиками, шлейфами (шлейф-боронами или рельсовыми волокушами), прикатывают тяжелыми катками. Для повышения продуктивности вносят азотные, фосфорные, калийные или полное минеральное удобрение в дозах по 45-60 кг д.в./га.

Борьба с сорной луговой растительностью осуществляется в системе использования и ухода: загонная пастьба, своевременное сенокошение, подкашивание не съеденных остатков на пастбище, скашивание сорняков по канавам вдоль дорог и другим местам с обилием сорняков, применение удобрений.

Задание. Разработайте системы обустройства природных кормовых угодий осуществляется в следующей последовательности:

1.Анализ мелиоративного состояния и состава травостоя сенокосов и пастбищ.

2.Уточнение или определение способа использования природныхкормовыхугодий(сенокосы,выпасскота,сенокосно-пастбищноеиспользование).

3.Обоснование технологии повышения продуктивности естественных кормовых угодий.

Пользуясь приложениями 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 заполнить таблицу 47.

Таблица 47

Проектируемые мероприятия
по поверхностному улучшению естественного кормового угодья

№	Наименование работ	Сроки проведения работ по декадам и месяцам	Качество работы (глубина обработки, дозы, глубина заделки, способы посева и др.)	Орудия и машины	Обоснование применяемого приема
1	2	3	4	5	6
1					

Примечание. Проводимые мероприятия вписываются в той последовательности, как они будут проводиться на кормовом угодье

Для создания улучшенных сенокосов и пастбищ следует использовать районированные и лучшие местные сорта многолетних трав. Для беспрерывного поступления пастбищных кормов и зеленой массы необходимо формировать разнопоспевающие травостои – ранне-, средне- и позднеспелого типа.

ТЕМА 12. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Задание. Дать экономическую оценку продуктивности культур. Экономическая оценка продуктивности культур и выхода растениеводческой продукции с гектара пашни в севообороте записывается в виде таблицы 48.

Таблица 48

Экономическая оценка продуктивности
культур и пашни в севообороте

Культура	Площадь, га	Урожайность ц/га	Будет получено с площади, ц				
			Основной продукции	Побочной продукции	Кормовых единиц		
					основной продукции	побочной продукции	всего
1	2	3	4	5	6	7	8
Ожидаемая продуктивность 1 гектара пашни _____ц кормовых единиц							

Контрольные вопросы

1. В какой последовательности осуществляется разработка системы обустройства природных кормовых угодий?

2. Что такое коренное улучшение и на каких кормовых угодьях его проводят?

3. Какие группы мероприятий осуществляют при коренном улучшении сенокосов и пастбищ в зависимости от класса и мелиоративного состояния кормовых угодий?

4. Что такое поверхностное улучшение и на каких угодьях его проводят?

5. Какие мероприятия осуществляют при поверхностном улучшении сенокосов и пастбищ?

6. Что такое омоложение травостоя и как его проводят?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Севообороты, типичные для Самарской области

1 севооборот

1 . Пар черный
2. Озимые
3. Яровая пшеница
4. Кукуруза
5. Яровая пшеница
6. Ячмень

II севооборот

1 . Пар черный
2. Озимые
3. Яровая пшеница
4. Вика + овес (на сено)
5. Озимые
6. Кукуруза
7. Ячмень

III севооборот (орошаемый)

1 .Яровая пшеница с подсевом люцерны
2. Люцерна
3.Люцерна
4.Яровая пшеница
5.Кукуруза, корнеплоды
6.Зернобобовые
7. Озимая пшеница
8.Яровая пшеница
9. Кукуруза

IV севооборот

1 .Пар чистый
2. Озимая рожь
3. Просо
4. Яровая пшеница
5. Кукуруза
6. Ячмень

V севооборот

1 .Пар чистый
2. Озимая рожь
3. Яровая пшеница
4. Ячмень
5. Просо
6. Яровая пшеница

VI севооборот (кормовой)

1 .Ячмень + люцерна
2. Люцерна
3. Люцерна
4. Яровая пшеница
5. Просо
6. Яровая пшеница
7. Кукуруза

VII севооборот

1 .Пар чистый
2. Озимая рожь
3. Кукуруза
4. Яровая пшеница
5. Яровая пшеница
6. Овес

Приложение 2

Содержание питательных веществ в органических удобрениях, %

Наименование удобрений	Азот	Фосфор	Калий	Известь
Навоз: Смешанный	0,5	0,25	0,6	0,35
Конский	0,5	0,28	0,63	0,21
КРС	0,45	0,23	0,5	0,40
Овец	0,83	0,23	0,67	0,33
Свиней	0,45	0,19	0,60	0,18
Зола древесная	-	2,0	6,9	31,8
Шлак	-	1,0	2,0	-
Перегной	0,7-2,0	0,3-1,2	0,9	0,50

Примечание: 1 тонна смешанного навоза содержит: Азота – 5 кг Фосфора – 2,5 кг Калия – 6. Итого – 13,5 кг. Каждая тонна навоза содержит 75 кг гумуса. Выход сухого вещества навоза сырого составляет 30 %.

Приложение 3

Содержание элементов питания в удобрениях

Наименование удобрения	Действующее вещество, %		
	N	P_2O_5	K_2O
Органические удобрения			
Навоз	0,5	0,2	0,6
Минеральные удобрения			
Азотные			
Аммиачная селитра NH_4NO_3	34-35		
Сульфат аммония $(NH_4)_2SO_4$	20-21		
Мочевина $CO(NH_2)_2$	46		
Фосфорные			
Суперфосфат простой $Ca(H_2PO_4)_2H_2O+CaSO_4$		14-20	
Суперфосфат двойной $Ca(H_2PO_4)_2H_2O$		40-50	
Калийные			
Хлористый калий KCl			54-62
Калийная соль KCl+NaCl			30-40
Сернокислый калий K_2SO_4			45-52
Сложные минеральные удобрения			
Калийная селитра KNO_3	13,5		45,6
Аммофос $NH_4H_2PO_4$	11-13	30-49	-
Диаммофос $(NH_4)_2HPO_4$	21	53	-
Нитрофоска *Сернокислая*	13	10	13
Сульфатная	12	12	12
Карбонатная	16	11	11
Нитроаммофос	24	24	-
Нитрофос	20	20	-
Диаммонитроска	18	18	18

Приложение 4

Группировка почв по степени кислотности:

Сильнокислые	pH 4,5 и ниже
Среднекислые	4,6-5,0
Слабокислые	5,1-5,5
Близкие к нейтральным	5,6-6,0
Нейтральные	более 6,0

Приложение 5

Сельскохозяйственные машины и орудия для обработки почвы

Наименование сельскохозяйственных машин и орудий	Характеристика	Глубина обработки, см	Производительность, га/час
1	2	3	4
Плуги			
ПЛН-5-35П	Плуг с предплужником. Агрегатируется с трактором тягового класса 3	18-30	1,23-1,6
ПНЛ-8-40	Плуг с предплужником. Агрегатируется с трактором тягового класса 5	20-30	2,24-2,88
ПРУН-8-45	Плуг-рыхлитель универсальный навесной. Агрегатируется с трактором тягового класса 5	20-45	2,09-3,48
ПЛН-3-35П	Плуг с предплужником. Агрегатируется с трактором тягового класса 1,4	18-30	0,73-0,94
ПЛН-4-35П	Плуг с предплужником. Агрегатируется с трактором тягового класса 3	18-30	0,98-1,26
ПОН-5-40	Плуг оборотный. Агрегатируется с трактором тягового класса 3	18-35	1,4-1,9
ПМУ-3-35	Плуг с предплужником. Агрегатируется с трактором тягового класса 1,4	18-30	0,84-1,35
EuroDiamant 10 7+1 L 100	Плуг полунавесной оборотный. Мощность трактора до 240 л.с.	-	До 1,5
EurOpal 7 4 N	Плуг полунавесной оборотный. Мощность трактора до от 130 л.с.	-	До 0,7
ПЧН-3	Плуг чизельный навесной	20-45	-
Культиваторы			
КПС-4,2	Культиватор прицепной для сплошной обработки. Агрегатируется с трактором тягового класса 1,4	6-12	3,5-5,04
КПСП-4Р	Культиватор прицепной для сплошной обработки	5-12	4,8
КПС-4Г	Культиватор прицепной для сплошной обработки с приспособлением для навески борон	5-12	4,8

1	2	3	4
КПП-8	Культиватор для предпосевной обработки почвы	6-12	5,6-8,8
КШУ-12	Культиватор широкозахватный для сплошной обработки почвы. Ширина захвата 12 м	6-12	10-14,4
КПЭ-3,8Г	Культиватор тяжелый противоэрозийный, навесной для сплошной обработки почвы. Ширина захвата 3,91 м	8-16	2,35-3,52
КТС-10-2	Культиватор тяжелый противоэрозийный	8-16	7,5
КРН-8,4	Культиватор навесной для междурядной обработки высокостебельных культур. Ширина захвата 8,4 м	-	7,4
КРН-5,6	Культиватор навесной для междурядной обработки. Ширина захвата 5,6 м	-	2,8-5,6
КРН-4,2	Культиватор навесной для междурядной обработки. Ширина захвата 4,2 м	-	2,64-3,78
LemkerSmar-agd9/600K	Дисковый культиватор для сплошной обработки. Мощность трактора от 160 л.с.	-	6
Gruse KP-12	Культиватор-гребнеобразователь. Мощность трактора от 80 л.с.	-	3
Gruse RF-4	Прорашная фреза. Мощность трактора от 80 л.с. Нарезаемый гребень выстой 27, шириной 75 см.	-	3
Бороны			
БЗТС-1,0	Борона зубовая тяжелая	До 8	-
БЗСС-1,0	Борона зубовая средняя	До 6	-
ЗБП-0,6	Борона зубовая легкая	До 4	-
БСО-4	Борона сетчатая	До 4	-
БДТ-10	Борона дисковая тяжелая	-	-
БДТ-7Б	Борона дисковая тяжелая	До 12 за 1 До 20 за2 прохода	4,5-9
БДТ-7А	Борона дисковая тяжелая	8-12	6,3-8,4
БДП 4х4	Борона дисковая прицепная	8-12	-
РДП 4х4	Рыхлитель дисковый	До 15	-
БДМ-6Х4П	Дискатор. Агрегатируется с трактором К-701	6-18	-
КЕ-303	Ротационная борона. Ширина захв. 3 м	До 15	1,5
БИГ-3	Борона игольчатая	-	-
Лущильники			
ЛДГ-10Б, ЛДГ-15Б ЛДГ-20	Лущильник дисковый гидрофицированный. Агрегатируется с трактором тягового класса 3	-	11
Катки			
ЗККШ-6А	Катки кольчато-шпоровые	-	-
Сцепки			
СП-8	Сцепка прицепная для двух культиваторов	-	9,48
СП-11С	Сцепка прицепная для трех культиваторов	-	14,4

Приложение 6

Агрегаты для посева семян и посадки сельскохозяйственных культур

Наименование	Характеристика	Производительность, га
СЗ-3,6	*Сеялка зерновая* предназначена для посева зерновых, зернобобовых культур с одновременным внесением минеральных удобрений	-
СЗП-3,6А	*Сеялка зернотуковая прессовая.* Конструкция сеялки позволяет вносить гранулированные минеральные удобрения одновременно с посевом и прикатывать.	-
Обь- 4-3Т	*Почвообрабатывающая посевная машина.* Обрабатывает почву на глубину до 16см, производит посев с одновременным внесением минеральных удобрений и прикатывает посевы.	1,8-2,9
СЗС-2,8	*Сеялка зерновая стерневая* предназначена для посева зерновых по стерне	2,8
СТС-6	*Сеялка зернотуковая стерневая.* Предназначена для посева зерновых по стерне с одновременным внесением минеральных удобрений	4,2-6,1
АПП-7,2+СЗП-3,6а-02Б	*Агрегат почвообрабатывающий посевной* Одновременно производится обработка почвы и посев	6,1-7,2
СПК-8 «СИБДОН»	*Сеялка пропашных культур*	5
СУПН-8А-02	*Сеялка пневматическая* предназначена для посева пропашных культур. Глубина заделки семян 4-12 см. Агрегатируется с трактором до 85 л.с.	2,94-3,78
СЗТ-5,4	*Сеялка зернотукотравяная*предназначенадля посева семян с нормой высева от5 до 400, удобрений 25-200, трав 5-90 кг/га	4,9-6,5
Amazonen LVC-Primera 601	*Сеялка прямого посева.* Посев без предварительной обработки почвы.	9
Amazonen ED 601 K	*Зерновая сеялка точного высева.* Посев с одновременным внесением минеральных удобрений	6

Приложение 7

Уборочная сельскохозяйственная техника

Наименование	Характеристика	Производительность, т/час
«Енисей-1200»	Комбайн зерноуборочный	9-10
«Нива-Эффект»	Комбайн зерноуборочный	7,2
ПалессеGS-812	Комбайн зерноуборочный	12
«Вектор»	Комбайн зерноуборочный	11
«Дон-1500Б»	Комбайн зерноуборочный	14
«Джон Дир-1048»	Комбайн зерноуборочный для уборки зерна, риса, сои	4 кг/сек
«Джон Дир-1075»	Комбайн зерноуборочный для уборки зерна, риса, сои	6,5 кг/сек
«Джон Дир-3518»	Комбайн зерноуборочный для уборки зерна, риса, сои	8 кг/сек
«Марал-125»	Самоходный кормоуборочный комбайн. Обеспечивает процесс измельчения и выброса зеленой массы	60
КСК 600	Самоходный кормоуборочный комбайн. Обеспечивает процесс измельчения и выброса зеленой массы	104
КДП	Комбайн прицепной кормоуборочный	43-90

Приложение 8

Норма высева зерновых культур (млн. шт/га)

Зона	Культура				
	пшеница	ячмень	овес	горох	озимая рожь
Лесостепь	5,5-6,5	5,0-5,5	5,0-5,5	1,2-1,3	6,5
Степь	4,5-5,5	4,5-5,0	4,5-5,5	1,0-1,1	-

Примечание: Норма высева семян рассчитывается по формуле Н=(АхКх10000)

Приложение 9

Примерные нормы высева семян и урожай семян, ц/га

Культуры, смеси, их использование	Нормы высева семян, ц/га	Урожай семян, ц/га
Ячмень, зерно	2,2-2,5	14
Горох, зерно	2,5-3,0	10
Овес, зерно	1,5-1,8	14
Озимая сурепица, зеленый корм	0,08-0,11	8
Озимая рожь + оз. вика, зеленый корм	0,7+0,6-0,7	12
Озимая пшеница, зеленый корм	2,0-2,4	18
Озимая пшеница + оз. вика, зелен.корм	1,0+0,6-0,7	15
Вика + овес, зелен.корм, сено, сенаж	1,0+0,8	13 выращивается в смеси
Горох + овес, зелен.корм, сенаж	1,2+0,8	10 и 14*
Подсолнечник + горох, зеленый корм	0,10-0,15+0,8	12 и 10*
Рапс яровой, зеленый корм	0,10-0,12	10
Рапс + овес, зеленый корм	0,07+0,8-1,0	10 и 14*
Редька масличная, зеленый корм	0,25-0,30	10
Суданка, зеленый корм, сено	0,25-0,30	8-10
Суданка + горох, зеленый корм	0,20+0,6-0,7	8 и 10*
Суданка + вика, зеленый корм, сено	0,20+0,5-0,6	8 и 8*
Суданка + донник, зеленый корм	0,15+0,10	8 и 6*
Кукуруза, рядовой посев, зеленый корм	0,5-0,6	закупка
Кукуруза + суданка, зеленый корм	0,3+0,15	кукуруза - закупка, суданка - 8
Кукуруза, силос	0,25 – 0,30	закупка
Кукуруза + мальва, силос	0,20+0,04	-
Кукуруза + соя, силос	0,20+0,06	-
Сорго, силос	0,10 - 0,15	12
Мальва, силос	0,06 - 0,08	4
Ячмень + горох + овес, сенаж	1,0+1,0+0,4	14,10,14
Кормовая свекла	0,10 - 0,18	закупка
Тыква	0,04 - 0,05	закупка
Гречиха, посев Рядовой Широкорядный	0,90-1,00 0,40-0,345	-

Примечание: для смесей урожайность семян приведена для одновидовых посевов по каждой культуре.

Приложение 10

Нормы высева семян многолетних трав

Виды трав	Норма высева при 100% ПГ	Чистота семян не ниже, %		Всхожесть семян не ниже, %		Средний урожай семян, кг/га
		1 класс	2 класс	1 класс	2 класс	
Бобовые травы						
Донник белый	16	96	96	80	65	2-3
Козлятник восточный	25	94	94	70	65	3-5
Люцерна синегибридная	14	96	96	80	70	1-2
Люцерна желтая культурная	12	95	95	70	80	1-2
Лядвенец рогатый	14	94	94	75	60	2-3
Эспарцет песчаный	80	97	97	75	65	3-5
Злаковые травы						
Бекмания	12	95	90	80	70	1,5-2,0
Волосенец ситниковый	12	90	70	70	60	2-3
Ежа сборная	21	95	90	75	65	2-4
Житняки	11	95	90	80	65	2-3
Кострец прямой	22	96	90	75	65	2-4
Кострец безостый	25	95	90	75	65	2-4
Лисохвост луговой	20	85	80	70	65	2-4
Мятлик луговой	13	85	80	85	60	1-2
Мятлик болотный	14	90	90	50	45	2-3
Овсяница луговая	21	95	90	80	75	2-3
Овсяница красная	12	90	85	70	80	2-3
Пырей бескорневищный	16	95	90	75	65	2-3
Пырей сизый	25	95	90	75	65	3-4
Полевица белая	11	85	80	75	60	1-2
Райграс высокий	23	90	85	75	70	3-4
Райграс пастбищный	20	95	90	80	75	2-3
Тимофеевка луговая	10	95	90	75	55	2-3

Приложение 11

Норма высева семян травосмесей высеваемых в Самарской области

Виды трав	Норма высева семян, кг/га
Люцерна посевная + кострец безостый	10+15
Люцерна посевная + кострец безостый + черноголовник мног.	10+15+12
Козлятник восточный + кострец безостый	15+18
Козлятник восточный + кострец безостый + черноголовник мног.	13+15+12
Эспарцет посевной + кострец безостый	60+15
Эспарцет посевной + кострец безостый + черноголовник мног.	50+15+12
Степная зона	
Фестуллолиум + кострец прямой +черноголовник многоб. + люцерна желтая + пырей удлин.	12+12+6+10+8
Фестуллолиум + косртрец пр. + черноголовник многб. + люцерна желтая + пырей удл. + козлятник восточный (для поймы на увл. почвах)	12+12+6+10+8+8
Кострец прямой + черноголовник мног. + донник желтый + люцерна желтая + пырей удл. (на солонцеватых почвах)	12+6+8+10+8
Житняк греб. + черноголовник мног. + донник желтый + пырей удл. + волоснец ситниковый	10+6+8+23
Эспарцет посевной + Люцерна желтая + кострец прямой + пырей бескорневищный	40+8+12+6
Люцерна посевная + ежа сборная + райграс высокий	8+10+12
Донник белый + тимофеевка луговая + пырей сизый + бекмания + житняк сибирский	6+4+10+3+4
Лесостепная зона	
Клевер белый + черноголовник мног. + козлятник восточный + мятлик луговой + овсяница луговая	14+6+8+15+12
Клевер белый + тимофеевка луговая + овсяница луговая + мятлик луговой + овсяница красная + черноголовник мног.	14+5+12+15+8+6
Козлятник восточный + люцерна желтая + овсяница красная + райграс пастб. + черноголовник мног.	8+10+8+12+6
Люцерна желтая + донник белый + пырей беск. + пырей удл. + кострец прямой + овсяница красная (на сильно деградированных почвах)	12+14+9+8+12+8
Клевер красный + козлятник восточный + овсяница луговая + ежа сборная	5+8+12+10
Клевер красный + донник белый + овсяница луговая + ежа сборная + волосенец сибирский	11+8+10+8+10
Клевер красный + донник белый + ежа сборная + кострец безостый	11+8+8+12
Лядвенец рогатый + люцерна желтая + пырей бескор. + волосенец сибирский + житняк гребневидный	4+12+6+12+5

Рекомендуемая литература

1. Казаков, Г. И. Системы земледелия и агротехнологии возделывания полевых культур в Среднем Поволжье : монография / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 261 с.

2. Сафонов, А. Ф. Системы земледелия : учебник / А. Ф. Сафонов, А. М. Гатаулин, И. Г. Платонов [и др.] ; под ред. А. Ф. Сафонова. – М. : КолосС, 2006. – 447 с.

3. Казаков, Г. И. Севообороты в Среднем Поволжье : учебное пособие / Г. И. Казаков, Р. В. Авраменко. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 136 с.

4. Казаков, Г. И. Экологизация и энергосбережение в земледелии Среднего Поволжья : монография / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 245 с.

5. Казаков, Г. И. Земледелие в Среднем Поволжье / Г. И. Казаков, Р. В. Авраменко, А. А. Марковский [и др.] ; под ред. Г. И. Казакова. – М. : Колос, 2008. – 308 с.

6. Казаков, Г. И. Обработка почвы в Среднем Поволжье : монография / Г. И. Казаков. – Самара : Изд-во СГСХА, 2008. – 251 с.

7. Подскочая, О. И. Сорные растения и борьба с ними в Самарской области / Г. И. Казаков, О. И. Подскочая, М. С. Раскин, Н. В. Никитин ; под ред. Г. И. Казакова. – Самара : Аэропринт, 2006. – 128 с.

Оглавление

Предисловие 3
Тема 1. Изучение моделей оптимальных свойств почвы и методов исследования ее плодородия 4
Занятие 1. Изучение оптимальных параметров почвенного плодородия и методы исследования плодородия 4
Занятие 2. Оценка сельскохозяйственных культур по их биологическим требованиям к условиям произрастания 10
Тема 2. Классификация земель по пригодности для сельскохозяйственного использования 11
Занятие 1. Распределение земель по группам пригодности 11
Занятие 2. Описание агроландшафтных и климатических условий хозяйства 13
Тема 3. Расчет структуры посевной площади 15
Занятие 1. Расчет потребности в кормах 15
Занятие 2. Структура годового расхода кормов и потребность в кормах 18
Занятие 3. Зеленый и сырьевой конвейеры 21
Занятие 4. Расчет структуры посевных площадей 28
Тема 4. Разработка системы севооборотов 31
Тема 5. Проектирование системы удобрения, химической мелиорации и воспроизводства органического вещества почвы 35
Занятие 1. Расчет доз минеральных удобрений 35
Занятие 2. Расчет баланса органического вещества в почвах севооборота 39
Тема 6. Разработка системы почвозащитной ресурсосберегающей обработки почвы 43
Тема 7. Определение потребности хозяйства в почвообрабатывающих агрегатах. Комплекс мероприятий по защите почв от водной и ветровой эрозии 44
Тема 8. Разработка системы защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. Охрана окружающей среды 46
Тема 9. Проектирование системы семеноводства 50
Тема 10. Разработка экологически безопасных технологий возделывания культур в севообороте 51
Занятие 1. Расчет потенциального урожая (ПУ) по приходу ФАР 51
Занятие 2 Расчет потенциальной урожайности биомассы 53
Занятие 3. Определить КПД ФАР для планируемой урожайности культур в севообороте 55
Занятие 4. Определить действительно возможный урожай по влагообеспеченности 56
Тема 11. Разработка и обоснование системы обустройства природных кормовых угодий 59
Тема 12. Экономическая эффективность системы земледелия 61
Приложения 63
Рекомендуемая литература 72

Учебное издание

Киселева Людмила Витальевна

Системы земледелия

Методические указания
для выполнения лабораторных работ

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 13.09.2017. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 11,4. печ. л. 12,3.
Тираж 50. Заказ № 233.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»
Агрономический факультет

Н.В. Васина, В.В. Ракитина

РАСТЕНИЕВОДСТВО

Методические указания для выполнения курсовой работы

Кинель
РИЦ СГСХА
2016

УДК 633 (07)
ББК 41 Р

Васина, Н.В.
В-19 Растениеводство / Методические указания для выполнения курсовой работы / Н.В. Васина, В.В. Ракитина. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2016. – 44 с.

В методическом указании приведены цель и задачи курсовой работы, общие положения, порядок и этапы выполнения, требования к структуре и объему, оформлению, порядку представления к защите, примерные темы, ответственность автора. Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению 35.03.04 Агрономия

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2016
© Васина Н.В., Ракитина В.В, 2016

Оглавление

Предисловие	4
1 Общие положения	5
2 Требования к оформлению курсовой работы…	7
3. Порядок проведения защиты курсовой работы	9
4 Структура курсовой работы для студентов, выполняющих курсовую работу по экспериментальному материалу	12
5 Структура курсовой работы для студентов, выполняющих курсовую работу по агрономическому обоснованию технологии возделывания	13
6 Структура курсовой работы для студентов, выполняющих курсовую работу по индивидуальному заданию	13
Приложения	39

Предисловие

Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 4 декабря 2015 г. (регистрационный № 1431) предусмотрено выполнение курсовой работы.

Курсовая работа – самостоятельное исследование в области профессиональной деятельности, которой завершается изучение дисциплины. При выполнении курсовой работы обучающиеся должны показать способности и умения, опираясь на полученные знания и сформированные компетенции, самостоятельно решать на современном уровне задачи в профессиональной области, грамотно излагать специальную информацию и аргументировать свою точку зрения.

Цель курсовой работы – систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний студента, в более углубленном изучении одного из актуальных разделов растениеводства в соответствии с темой работы, в овладении методикой планирования систем агрономических мероприятий по получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Задача курсовой работы, помочь студентам научиться самостоятельно работать со специальной литературой, анализировать результаты наблюдений в проводимых исследованиях, критически осмысливать выполняемые агротехнические приемы, увязывая с биологическими особенностями культуры, конкретными почвенно-метеорологическими условиями.

1 Общие положения

Курсовая работа является формой самостоятельной работы студентов. В ходе выполнения курсовой работы закрепляются основные компетенции, реализуемые выпускником в ходе обучения, оценивается его готовность к производственно-технологической, организационно-управленческой и научно-исследовательской формам профессиональной деятельности.

Курсовая работа должна быть связана с разработкой конкретных теоретических вопросов, являющихся частью научно-исследовательских работ, проводимых кафедрой, с экспериментальными исследованиями или с решением прикладных задач.

Общие требования к написанию ВКР: логическая последовательность изложения материала, краткость и четкость формулировок, исключающих возможность субъективного и неоднозначного толкования, убедительность аргументации, конкретность изложения результатов работы, соответствие терминов и определений стандартам, а при их отсутствии общепринятым понятиям.

Курсовая работа по растениеводству является самостоятельной работой студента. На очном отделении она выполняется на третьем курсе с использованием экспериментального материала. Если тема дипломной работы не включает изучение вопросов возделывания полевых культур (темы по плодоводству, овощеводству), студенту предлагается выполнить курсовую работу по материалам изучения и обобщения опыта возделывания отдельных культур на примере конкретного хозяйства. В этом случае обязательным является разработка мероприятий по повышению урожайности анализируемой культуры. К работе прилагается разработанная студентом технологическая (операционная) карта.

Тема курсовой работы на очном отделении для каждого студента определяется на III курсе и утверждается на заседании кафедры. Одновременно назначается руководитель курсовой работы, который оказывает необходимую методическую помощь и содействие при ее выполнении: проводит консультации по методике учетов и наблюдений, по сбору исходных данных, по оформлению работы, рекомендует специальную литературу, согласно избранной темы.

Студенты заочного отделения выполняют курсовую работу по растениеводству на 3 курсе. Темой курсовой работы является агрономическое обоснование адаптивной энерго- и ресурсосберегающей технологии возделывания ведущей полевой культуры в условиях конкретного хозяйства. Технология возделывания должна отражать современный уровень развития науки и передовой практики и обеспечивать получение высокого урожая. Необходимо собрать исходный материал, характеризующий состояние полеводства за последние 3 года, изучить почвенно-климатические условия хозяйства, особенности биологии изучаемой культуры, характеристику сортов. Курсовая работа выполняется с использованием результатов собственных полевых учетов и наблюдений за ростом и развитием культур в хозяйстве, достижений передовиков, материалов ближайших научно-исследовательских учреждений, а также обобщения литературных материалов. Если студент не привязан к конкретному хозяйству, курсовую работу он пишет по исходным данным (индивидуальное задание), выданным кафедрой, для условий конкретной почвенно-климатической зоны области производит:

расчет потенциальной урожайности по приходу ФАР, действительно возможной урожайности по влагообеспеченности, по биогидротермическому коэффициенту;

расчет дозы удобрений на планируемую урожайность;

разрабатывает технологию возделывания полевой культуры для получения планируемой урожайности и дает агрономическое обоснование каждому агроприёму.

2 Требования к оформлению курсовой работы

Курсовая работа должна быть написана грамотно, сжато и содержательно, четким и разборчивым почерком, отображать все разделы предусмотренные методическими указаниями. Материал излагается на одной стороне стандартного листа. Сверху 1,5 см, снизу оставляются поля шириной 2 см, справа - 1 см, слева - 3 см. Отступ для новой (красной) строки – 1,25 см. Страницы нумеруют вверху посередине листа. На титульном листе номер на странице не ставится, хотя и подразумевается. Текст титульного листа оформляется без рамки.

Курсовая работа (проект) должна быть напечатана на стандартном листе писчей бумаги в формате А 4 с соблюдением следующих требований:

- поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм;
- шрифт размером 14 пт, Times New Roman;
- межстрочный интервал – полуторный;
- отступ красной строки – 1,25;
- выравнивание текста – по ширине.

Каждая курсовая работа состоит из нескольких структурных элементов: титульного листа, бланка задания, реферата, оглавления, текста работы, списка использованной литературы, приложения (при необходимости).

Титульный лист печатается по образцу, приведенному в настоящем методическом указании (прил. 1).

Оглавление – путеводитель по курсовой работе. В него следует выписать все заголовки и подзаголовки в той последовательности и в той же словесной формулировке, в которой они приведены в курсовой работе, и поставить против них соответствующие страницы. Оглавление помещается после реферата.

Каждый раздел курсовой работы рекомендуется начинать с новой страницы. В заголовках не допускается перенос слов. Точку в конце заголовка не ставят. Расстояние между заголовком и последующим текстом должно быть равно 1,5 см (2 интервала), между последней строкой текста и последующим заголовком – не менее 2 см (3 интервала).

Сокращения слов допускаются только в соответствии с общепринятыми нормами. Например, сантиметр «см», гектар «га», килограмм «кг», год «г», годы «гг.», грамм «г», «ц/га», «$м^2$», «млн.», «тыс. руб.» и т. д.

Цитирование различных источников в курсовой работе (проекте) оформляется ссылкой на данный источник указанием его порядкового номера в списке использованной литературы в квадратных скобках после цитаты. В необходимых случаях в скобках указываются страницы. Возможны и постраничные ссылки. Прямая речь в тексте не указывается.

Объем курсовой работы 35 - 40 страниц рукописного текста или 30 – 35 страниц в напечатанном виде. Список использованной литературы должен включать не менее 20 – 25 наименований, 30 % которых за последние пять лет , пример оформления в приложении 16.

Цифровой материал, помещаемый в курсовой работе, следует оформлять в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь тематический заголовок, раскрывающий ее содержание. Таблицу помещают в тексте непосредственно после ссылки на нее. Нумерация таблиц сквозная (1, 2, 3, и т.д.). Если в работе одна таблица, ее не нумеруют и слово «Таблица» не пишут. Таблицы должны быть наглядными, понятными без обращения к тексту. Не рекомендуется начинать раздел таблицей, а так же заканчивать его таблицей без анализа, выводов, сравнения представляемого цифрового материала.

Пример правильно построенной таблицы:

Таблица 1 - Полнота всходов яровой пшеницы Кинельская – 60

Годы	Число фактически высеянных семян, шт./$м^2$	Число взошедших растений, шт./$м^2$	Полнота всходов
2000	455	305	66
2001	504	384	76
2002	500	375	75
2003	450	285	63
В среднем	477	337	70

Все иллюстрации в курсовой работе (схемы, графики, рисунки, диаграммы, фото) именуются рисунками «Рис.». Рисунок в работе является важным элементом, по значению равным тексту и превосходящим его по наглядности и доходчивости. Рисунки, как

правило, помещают на отдельных страницах. Нумерация рисунков сквозная. Номер рисунка и его название оформляется внизу под рисунком по центру.

Уравнения и формулы выделяются из текста отдельной строкой по центру. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов дают с новой строки. Формулы в работе следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей работы. Если в работе только одна формула или уравнение, то их не нумеруют.

Работа подписывается автором после выводов с указанием даты ее выполнения.

Все листы работы и приложений аккуратно подшиваются (брошюруются) в папку. Страницы курсовой работы, включая приложения, нумеруются арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации. Порядковый номер страницы размещают по центру нижнего поля страницы

Студенты должны сдать курсовую работу на проверку не позднее, чем за 15 дней до начала экзаменационной сессии. Лучшие курсовые работы представляются на конкурс, ежегодно проводимый на кафедре.

3. Порядок проведения защиты курсовой работы

Курсовая работа допускается к защите при условии законченного оформления, допуска руководителя. В случае недопуска курсовой работы к защите руководитель курсовой работы проставляет в зачетно-экзаменационной ведомости студенту неудовлетворительную оценку.

Защита курсовых работ должна быть проведена до начала экзаменационной сессии.

Защита курсовой работы проводится в установленное кафедрой время в виде публичного выступления студента перед специальной комиссией, создаваемой заведующим кафедрой, с участием руководителя работы. В отсутствие последнего защита может быть проведена при условии представления руководителем письменного отзыва на курсовую работу (проект). Состав комиссии, порядок ее работы определяются заведующим кафедрой и доводятся до сведения студентов, руководителей курсовых работ (проектов) и членов комиссий не позднее, чем за неделю до защиты.

Комиссия оценивает защиту в протоколе. По решению ведущего преподавателя к сведению могут приниматься вопросы присутствующих в зале аспирантов и студентов. Ведущий преподаватель отвечает за публикацию итогов защит курсовых работ, поясняющее итоговую оценку в течение суток после защиты.

Непосредственная подготовка к защите курсовой работы сводится к написанию тезисов доклада и оформлению иллюстративных материалов (презентации). Для иллюстрации доклада студентом могут быть использованы графические материалы проекта, специально подготовленные плакаты или слайды. Защита состоит из доклада продолжительностью 5÷8 мин., ответов на вопросы комиссии и присутствующих.

Рекомендуется такая последовательность изложения:

1) тема курсовой работы (проекта);

2) постановка задачи и проблематики;

3) анализ состояния изучаемого вопроса;

4) обоснование и принятие решений по теме курсовой работы (проекта);

5) выводы и предложения по результатам исследований.

К оформлению иллюстративного материала целесообразно приступать после окончания работы над пояснительной запиской и составления плана доклада. Это позволит вынести на плакаты наиболее интересные иллюстрации, которые помогут рационально построить доклад при защите курсовой работы.

Основные положения доклада, в частности результаты исследований, желательно представить в виде графиков или таблиц, давая по ходу выступления необходимые пояснения. Ответы на вопросы необходимо формулировать четко, ясно и по существу.

Защита должна показать самостоятельность выполнения студентом работы, если в результате защиты выяснилось, что работа выполнена не самостоятельно

Основными критериями оценок являются:

1. Полнота изложения работы, содержательность.

2. Объем экспериментальной части, критическая осмысленность результатов исследований.

3. Полнота обобщения литературы и наличие ссылок на нее в тексте.

4. Наличие в работе обобщения передового опыта и достижений сельскохозяйственной науки.

5. Четкость построения работы, логическая последовательность изложения материала.

6. Срок сдачи работы на проверку.

Оценка *«отлично»* выставляется при выполнении курсовой работы в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; в работе обобщен передовой опыт и достижения сельскохозяйственной науки, на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

Оценка *«хорошо»* выставляется при выполнении курсовой работы в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент твердо владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется при выполнении курсовой работы в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется, когда студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или вовсе не отвечает на них.

4 Структура курсовой работы

Для студентов, выполняющих курсовую работу по экспериментальному материалу, предлагается следующее ее содержание:

Задание

Реферат

Оглавление

Введение

1. Обзор литературы

1.1. Народнохозяйственное значение культуры

1.2. Биологические особенности

1.3. Технология возделывания

1.4. Обзор литературы по изучаемому вопросу

2. Условия проведения исследований

2.1. Климат и почвы Самарской области

2.2. Температурный режим воздуха и его влияние на величину урожая. Ресурсы тепла

2.3. Обеспеченность посевов ФАР. Расчет потенциального урожая по приходу ФАР

2.4. Режим влажности почвы, влагообеспеченность культуры. Расчет урожая по влагообеспеченности

3. Агротехника и методика исследований

3.1. Задачи, место проведения исследований, материал

3.2. Агротехника опытов

3.3. Характеристика почв опытного участка. Расчет доз удобрений на запланированный урожай

3.4. Схема и методика исследований

4. Результаты исследований

4.1. Полнота всходов и сохранность растений

4.2. Фенологические наблюдения и продолжительность межфазных периодов

4.3. Динамика роста растений

4.4. Влияние изучаемых агроприемов на увеличение листовой поверхности, чистой продуктивности фотосинтеза и прирост сухого вещества

4.5. Урожай и его структура

Выводы и предложения

Библиографический список

Приложения

Если курсовая работа выполняется по агрономическому обоснованию современной технологии возделывания ведущей полевой культуры в условиях конкретного хозяйства, то план изложения материала следующий:

Задание
Реферат
Оглавление
Введение
1. Исходные данные для составления курсовой работы
1.1. Основные сведения о хозяйстве
1.2. Природные условия. Метеорологические особенности вегетационного периода
1.3. Анализ отрасли полеводства
2. Особенности развития анализируемой культуры
2.1. Биологическая характеристика культуры
2.2. Особенности роста и развития в год наблюдений

3. Технология возделывания
3.1. Критический анализ существующей технологии возделывания культуры в хозяйстве
3.2. Агрономическое обоснование разработанной и рекомендуемой хозяйству технологии возделывания культуры
Заключение
Библиографический список
Приложения

Для студентов, выполняющим курсовую работу по исходным данным (индивидуальное задание), выданным кафедрой, план изложения материала следующий:

Задание
Реферат
Оглавление
Введение
1. **Обзор литературы**
1.1.Биологические особенности культуры
1.2.Технология возделывания
1.3. Влияние отдельных агроприемов на продуктивность культуры
2. Природные условия зоны возделывания культуры
2.1.Краткая характеристика климата природно-климатической зоны Самарской области

2.2. Температурный режим воздуха и его влияние на рост и развитие культуры. Ресурсы тепла. Расчет потенциальной урожайности по приходу ФАР

2.3. Режим влажности почвы, влагообеспеченность культуры. Расчет возможного урожая по влагообеспеченности и биогидротермическому потенциалу.

2.4. Почвенная характеристика зоны. Расчет доз удобрений на планируемую урожайность

3. **Разработка технологии возделывания культуры для получения запланированной урожайности. Ее агрономическое обоснование**

Заключение
Библиографический список
Приложения

Курсовая работа состоит из нескольких частей, каждая из которых имеет определенную роль и задачу.

Задание (приложение 2)

Реферат (1 страница)

Краткое точное изложение содержания работы, включающее основные сведения и выводы, а так же сокращения используемые в документе. Рекомендуемый объем текста реферата

Курсовая работа содержит ____ страницы машинописного текста, включает ___ таблиц, ___ рисунков и ___ наименований использованных источников.

Ключевые слова: _____.

Сокращения, используемые в тексте: (например)

кг – килограмм;

т – тонна;

т.д. – так и далее;

КПЕ – кормопротеиновые единицы.

В работе представлен _____.

В соответствии с заданием _____.

Выполнены расчеты_____
и т.д.

Оглавление

После реферата следует оглавление. В нем содержится название глав и параграфов с указанием страниц. Печатается через 1,5 интервала

Введение (2...3 стр.)

Во введении необходимо изложить основные задачи стоящие перед работниками сельского хозяйства на современном этапе. Охарактеризовать проблематику раскрываемой темы. Подчеркнуть важность и актуальность проводимых исследований, решению каких практических и теоретических задач сельскохозяйственного производства они способствуют.

1. Обзор литературы (10...15 стр.)

Приводятся данные по посевным площадям и урожайности в стране, зоне, области, хозяйстве.

На основании изучения литературных источников и личных наблюдений за ростом и развитием изучаемой культуры дается характеристика ее биологических особенностей, а именно: отношение к теплу, влаге, световому режиму; требования культуры к почве и содержанию питательных веществ в разные периоды роста и развития. Приводятся фенологические фазы развития.

Характеризуется современная технология возделывания культуры в Самарской области. При этом необходимо освещать следующие вопросы: 1) размещение культуры в севообороте; 2) основная и предпосевная обработка; 3) система удобрений; 4) подготовка семян к посеву; 5) характеристика районированных сортов и гибридов в области; 6) сроки, нормы и глубина посева; 7) уход за посевами и особенности уборки.

При обзоре литературы по изучаемой теме должно быть получено четкое представление о том, что по данному вопросу выяснено и твердо установлено, что осталось неясным, вызывает со-

мнение и требует проверки и что осталось совершенно нерешенным.

При изучении литературы в первую очередь необходимо использовать современные монографии, статьи в научных журналах, научных сборниках статей, авторефераты диссертаций. Особое внимание следует уделять опубликованным трудам сотрудников Самарской ГСХА, Самарского НИИСХ им. Н.М. Тулайкова, Поволжского НИИСС им. П.Н. Константинова.

В обзоре литературы не следует увлекаться вопросами описательного характера и излагать сведения которые не относятся непосредственно к теме курсовой работы.

Ссылки на литературные источники и цитирование других авторов уместны и желательны в дальнейшем при изложении экспериментального материала, а не только в разделе «Обзор литературы».

2. Условия проведения исследований (5...7 стр.)

Одним из важнейших факторов определяющих рост и развитие растений, являются почвенно-климатические условия. Знание этих условий дает возможность правильно подойти к подбору сортов, разработке оптимальной технологии возделывания культур, получению запрограммированных урожаев.

Характеристика климатических условий дается по данным метеорологической станции, в зоне действия которой проведены исследования, и по справочникам Гидрометеослужбы страны.

2.1. Климат и почвы Самарской области

В разделе кратко характеризуются основные отличительные особенности климата Самарской области. Обязательно подчеркиваются резкая его континентальность, засушливость, неравномерность распределения осадков в течение года и т.д. Описываются основные типы почв области и деление ее на почвенно-климатические зоны. Описываются особенности зоны проведения исследований.

2.2. Температурный режим воздуха и его влияние на величину урожая. Ресурсы тепла

Чтобы дать правильную оценку полученным результатам опыта, необходимо проанализировать метеорологические условия,

сложившиеся в годы проведения исследований, в сравнении со средними многолетними показателями и установить влияние их на изучаемые вопросы.

Для характеристики температурного режима воздуха необходимо заполнить таблицы (прил. 3,4). При этом использовать данные близко расположенной к опытному участку метеостанции. Необходимо проанализировать подекадные и среднемесячные температуры воздуха в сравнении с многолетними дачными и указать, в какой мере сложившийся температурный режим отвечал биологическим требованиям изучаемой культуры за вегетацию и в отдельные периоды роста и развития.

Следует помнить, что большинство сельскохозяйственных культур начинает активно вегетировать с повышением температуры более 10^0 С и практически прекращает вегетацию при температуре менее 5°. В связи с этим, важно знать сумму активных температур (сумма температур выше 10^0 С) за вегетацию. В Самарской области эта сумма в зависимости от зоны составляет 2200...2800^0. Обязательно указать даты наступления последних весенних и первых осенних заморозков и рассчитать безморозный период. При этом необходимо отметить силу заморозков на почве и в воздухе и объяснить каким образом они повлияли на посевы. Для озимых культур, а также многолетних трав важно знать даты перехода среднесуточных температур через 5^0, так как с переходом через эту температуру у них начинается возобновление вегетации весной и прекращение вегетации осенью.

2.3. Обеспеченность посевов ФАР. Расчет потенциального урожая по приходу ФАР

Известно, что 90 - 95% всей биомассы растений составляю органические вещества, образующиеся в процессе фотосинтеза. Увеличить урожай растений - это значит повысить их фотосинтетическую продуктивность, а также коэффициенты использования солнечной радиации.

Приход фотосинтетически-активной радиации (ФАР) изменяется в зависимости от географической широты по временам года. Для Самарской области приход по месяцам приведен в приложении 5. Для расчета ФАР, приходящей на посев определенной культуры, требуется установить фактическую продолжительность ве-

гетационного периода и суммировать ФАР соответственного числа дней каждого месяца по формуле:

$$Q\text{фар} = \frac{\text{ФР} \times}{\text{Д}}$$

(1)

где: Qфар – приход ФАР за вегетационный период культуры, кДж/ см^2 ;

ФР – приход ФАР за месяц, кДж/ см^2;

Ч – фактическая продолжительность вегетации в месяце, дней;

Д – количество дней в месяце.

Приводим пример расчета ФАР за период вегетации ячменя по формуле (1). Период от всходов до созревания у него составил 85 дней (с 6.V по 31.VII). В данном случае ФАР (Q фар) за вегетацию ячменя составит:

$$Q\text{фар} = \frac{31,5 \times 25}{31} + 34,7 + 31,77 = 91,76 \frac{\text{кДж}}{}$$

Однако коэффициент использования ФАР (Кфар) посевами будет зависеть от многих причин: сорта, почвенного плодородия, влагообеспеченности, технологии возделывания и других факторов. Согласно данным А. А. Ничипоровича (1966), коэффициент использования ФАР обычных производственных посевов составляет 1,5...3% и рекордных – 3,5...5 %. Он установил, что наиболее высокие урожаи создают посевы, имеющие общую площадь листовой поверхности 40…50 тыс. м^2/га, поглощающие при этом максимум солнечной радиации.

Расчет потенциальной урожайности биомассы при заданном коэффициенте использования ФАР, оптимальном режиме метеорологических условий и высокой культуре земледелия рассчитывается по формуле:

$$Убиол = \frac{Qфар \times Кфар \times 10^4}{К}$$

(2)

где: Убиол – максимально возможная величина урожая абсолютно сухой массы, ц/га;

Q фар – приход ФАР за вегетационный период культуры, кДж/см^2;

К фар – коэффициент использования ФАР посевом, %;

К – калорийность единицы урожая (1 кг), кДж, (прил. 6);

10^4 – коэффициент перевода в абсолютные величины.

Пример:

Рассчитать потенциальную урожайность ячменя при использовании 2 % ФАР. По формуле (2).

Далее, исходя из соотношения зерна к соломе и стандартной влажности (прил. 6), необходимо рассчитать урожай зерна, пользуясь следующей формулой:

$$Уз = \frac{Убиол \times 100}{}$$

(3)

где: Уз – урожай зерна или какой-либо другой основной с.-х. продукции при стандартном содержании в ней влаги, ц/га;

В – стандартная влажность основной продукции, %;

Л – сумма частей в отношении основной и побочной продукции в общем урожае биомассы (например, при соотношении основной и побочной продукции 1: 1,4 Л = 2,4).

$$У_З = \frac{95{,}45 \times 100}{(100 - 14) \times 2{,}4} = 46{,}25 \frac{ц}{га}$$

Рассчитанный урожай зерна в 46,25 ц/га при использовании 2 % солнечной радиации, не следует считать предельным. Увеличивая коэффициент использования ФАР до 4…5 и более процентов, можно рассчитать максимальный урожай сельскохозяйственных культур. Однако такие урожаи можно получить лишь при оптимальном сочетании водного, пищевого и воздушного режимов. В связи с тем, что природно-климатические условия нашей страны весьма разнообразны, при программировании урожаев необходимо установить факторы ограничивающие рост продуктивности посевов для каждой почвенно-климатической зоны.

2.4. Режим влажности почвы, влагообеспеченность культуры. Расчет урожая по влагообеспеченности

В разделе необходимо подробно описать сложившийся режим влажности почвы в течении вегетационных периодов в годы проведения опытов в сопоставлении со средними многолетними показателями. Отдельно рассматриваются данные по влагообеспеченности растений по периодам, указываются запасы продуктивной влаги в почве к началу весенних полевых работ. Показатели, характеризующие режим влажности приводятся в виде таблиц (прил. 7,8,9). Анализируя эти данные особое внимание следует уделить на то, какое влияние они оказали на рост, развитие и продуктивность изучаемой культуры. При этом следует иметь в виду, что для ранних зерновых культур решающее значение при формировании урожая имеют осадки первой половины вегетации (май – июнь); пропашные культуры более эффективно используют осадки второй половины лета.

Насколько благоприятны запасы влаги для растений, устанавливают при расчете показателя влагообеспеченности культур по формуле:

(4)

где: Н – потери влаги, $м^3$/га;

$О_г$ - годовое количество осадков, $м^3$/га;

30 – средне-годовое количество осадков стекающих испаряющихся, %;

100 – коэффициент перевода в абсолютные величины.

Пример:

По средним многолетним данным на территории Кинеля ежегодно выпадает 410 мм осадков, или 4100 $м^3$/га (1 мм равен 10 $м^3$). Около 30 % от среднегодового количества осадков стекает в овраги и испаряется. Потери влаги в данном случае составляют по расчетам формулы (4):

=1230 $м^3$/га

Разница между среднегодовым количеством осадков и непроизводительными тратами определит количество продуктивной воды для растений по следующей формуле:

$$W = О_г - Н, \quad (5)$$

где: W – количество продуктивной влаги, $м^3$/га;

$О_г$ - годовое количество осадков, $м^3$/га;

Н – потери влаги, $м^3$/га;

Пример расчетов по формуле (5):

W = 4100 – 1230 = 2870 $м^3$/га.

Зная коэффициенты водопотребления для культуры (прил. 10), можно рассчитать действительно возможный урожай. Коэффициент водопотребления – это количество воды, идущее на

транспирацию и испарение, затрачиваемое на формирование единицы урожая.

Действительно возможный урожай по влагообеспеченности определяется по формуле:

(6)

где: ДВУ – действительно возможный урожай сухой биомассы, ц/га;

$К_в$ – коэффициент водопотребления культуры, $м^3$/ц;

W – запасы продуктивной влаги, $м^3$/га.

Таким образом, действительно возможный урожай в зоне Кинеля составит по формуле (6):

Часто более достоверные данные получаются, когда продуктивная влага (W) рассчитывается как сумма запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на день посева и эффективно используемых осадков за вегетационный период.

Итак, рассчитанный ранее максимальный урожай зерна ячменя 46,25 ц/га по коэффициенту использования ФАР в зоне Кинеля в богарных условиях, не может быть получен вследствие ограничивающего действия лимитирующего фактора – влагообеспеченности посевов.

3. Агротехника и методика исследований

3.1. Задачи, место проведения исследований, материал

В сжатой форме излагаются конкретные задачи и цели опыта, место расположения опытного участка, поля (хозяйство, учхоз, НИИ), номер и название севооборота. Затем описывается посевной материал: название культуры, сорта, их характеристика, посевные качества.

3.2. Агротехника опытов

Кратко описывается агротехника проведения опытов с обоснованием необходимости каждого агроприема. Критически отмечаются нарушения агротехники.

3.3 Характеристика почв опытного участка. Расчет доз удобрений на запланированный урожай

Описать опытный участок (тип почвы, механический состав, содержание гумуса, мощность гумусового горизонта, реакция почвенного раствора, содержание легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия). Необходимо указать так же водно-физические свойства почвы (запас воды, ППВ, глубина залегания грунтовых вод и др.).

Рассчитать дозы удобрений на запланированный урожай. При этом кроме уровня плодородия почв, студент должен учитывать потребность растений в элементах питания, количество удобрений внесенных под предшественник, возможный вынос NPK из почвы и удобрений.

Дозы удобрений рассчитываются по формуле:

(7)

где: Д – доза удобрений в туках, ц/га;

В – вынос элементов питания с урожаем, кг/га;

П – содержание в почве доступного питательного вещества, кг/га;

$К_п$ – коэффициент использования питательных веществ из почвы, % (прил.12);

$К_у$–коэффициент использования питательных веществ из удобрений, % (прил.12);

С – содержание действующего вещества в удобрении, %.

Если совместно используются минеральные и органические удобрения, то расчет доз минеральных удобрений ведется по формуле:

(8)

где: $Д_н$ – количество вносимого навоза, т/га;

$П_н$ – питательное вещество навоза, кг/га;

$К_н$ – коэффициент использования питательного вещества навоза.

Расчет начинают с определения выноса элементов минерального питания с запланированным урожаем. Примерный вынос элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур приведен в приложении 11.

Содержание в почве доступного питательного вещества (П) рассчитывается на основании почвенных картограмм. При этом показатель содержания питательных веществ в почве (в мг на 100 г) умножаем на 30, так как каждый мг элемента в 100 г почвы соответствует 30 кг его на 1 га.

В нашем примере требуется внести на гектар минеральных удобрений следующее количество по формуле (7):

=0,9 ц/га аммиачной селитры

$$Д = \frac{100 \times 35{,}0 - 225 \times 7}{20 \times 20} = 4{,}8$$

ц/га суперфосфата

ц/га калийной соли.

Данные расчеты записывают в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет доз удобрений на запланированный урожай зерна ячменя 28, 7 ц/га

Показатели	Элементы питания		
	N	P_2O_5	K_2O
Вынос с урожаем, кг с 1 га	81,8	35,0	55,4
Содержание в пахотном слое:			
мг на 100 г	10,7	7,5	12
кг на 1 га	321	225	384
Коэффициент использования из почвы, %	20	7	8
Будет использовано из почвы, кг/га	64,2	15,7	30,7
Требуется внести с туками, кг/га	17,6	19,3	24,7
Коэффициент использования из туков, %	60	20	60
Дозы внесения NPK на запланированный урожай, кг/га д.в.	29,3	96,5	41,2
Вид минерального удобрения	аммиачная селитра	суперфосфат	калийная соль
Действующее вещество минеральных удобрений, %	34	20	40
Норма внесения минеральных удобрений в туках, ц/га	0,9	4,8	1,0

Заключение по расчету: _____

_____

_____

_____

_____.

Пример расчета минеральных и органических удобрений на планируемый урожай кормовой свеклы:

Таблица 3 – Расчет доз удобрений на запланированный урожай кормовой свеклы 40 т с 1 га

Показатели	Элементы питания		
	N	P_2O_5	K_2O
Вынос с урожаем, кг с 1 га	184	60	176
Содержание в пахотном слое:			

мг на 100 г	10,7	7,5	12
кг на 1 га	321	225	384
Коэффициент использования из почвы, %	20	7	8
Будет использовано из почвы, кг/га	64,2	15,7	30,7
Внесено питательных веществ (кг) на 1 га с 30 т навоза	150	60	180
Коэффициент использования из навоза, %	30	40	60
Будет использовано из навоза, кг/га	45	24	108
Вынос NPK из почвы и органических удобрений, кг/га	109,2	39,7	138,7
Требуется внести с туками, кг/га	74,8	20,3	37,3
Коэффициент использования из туков, %	60	30	80
Дозы внесения NPK на запланированный урожай, кг/га д.в.	124,7	67,7	46,6
Вид минерального удобрения	аммиачная селитра	суперфосфат двойной	калийная соль
Действующее вещество минеральных удобрений, %	34	40	40
Норма внесения минеральных удобрений в туках, ц/га	3,7	1,7	1,2

3.3. Схема и методика исследований

В данном разделе приводится схема опыта, указывается число вариантов, величина, форма делянок, повторность. Указывается общая и учетная площадь делянок, рассматривается их размещение, называется контрольный вариант опыта. Затем студентом должны быть перечислены проводимые в опытах учеты, наблюдения и анализы (определение полноты всходов и густоты стояния растений в посевах, динамика прироста растений в высоту, фенологические наблюдения, динамика прироста сухого вещества, учет площади листьев, урожая, анализ структуры урожая и т.д.) и описана методика их проведения.

4. Результаты исследований (12…15 стр.)

Прежде чем приступить к изложению материала, полученного в эксперименте, студенту необходимо обработать его, систематизировать, представить в виде итоговых таблиц и рисунков (графи-

ков, диаграмм). Излишнее загромождение таблиц цифрами свидетельствует о недостаточной продуманности и проработке студентом анализируемого материала. При анализе полученных данных нельзя ограничиваться простой констатацией фактов, пересказом цифр таблиц, элементарным их сравнением. Необходимо сопоставлять экспериментальные данные с результатами исследований других авторов, подтверждая свои выводы или противопоставляя их.

В итоге анализа цифрового материала каждой таблицы должно быть составлено небольшое заключение.

4.1. Полнота всходов и сохранность растений

На основании полученных данных по учету густоты стояния растений во время всходов и перед уборкой урожая необходимо определить полноту всходов, а так же изреженность посевов, установить влияние изучаемых приемов возделывания культуры на величину этих показателей.

4.2. Фенологические наблюдения и продолжительность межфазных периодов

Проанализировать влияние изучаемых агроприемов на сроки наступления и продолжительность прохождения отдельных фенологических фаз растений, продолжительность вегетационного периода.

4.3. Динамика роста растений

Показать прирост растений в высоту по фазам развития или периодам, сравнить среднесуточный прирост в разных вариантах. В какие фазы отмечен наиболее интенсивный рост в высоту.

4.4. Влияние изучаемых агроприемов на увеличение листовой поверхности, чистой продуктивности фотосинтеза и прирост сухого вещества

Рассмотреть и описать, каким образом тот или иной агроприем оказывает влияние на ростовые процессы, накопление сухого вещества по фазам развития и в целом на продуктивность растений. Разобраться и изложить в работе, каким образом идет формирование листовой поверхности, как изменяется чистая продуктивность фотосинтеза по вариантам опыта. Установить, какой агро-

прием способствует увеличению ассимилирующей поверхности растений, продуктивности фотосинтеза.

4.5. Урожай и его структура

Урожайные данные перед их анализом обязательно приводятся к стандартной влажности и подвергаются математической обработке. Их сравнение ведется с контрольным вариантом опыта. Дается объяснение, за счет каких элементов структуры достигнуто то или иное преимущество в урожае.

Выводы и предложения (1…1,5 стр.)

Четко и кратко излагается итог всей проделанной работы, суть которой должна быть понята без чтения основного текста. Формулируется суть проведенных исследований, выводы и даются рекомендации производству.

Библиографический список

Включаются только те источники, на которые сделаны ссылки в тексте курсовой работы. Фамилии авторов располагают в алфавитном порядке – сначала отечественных, затем – зарубежных. При наличии более трех авторов допускается указывать фамилии и инициалы только первых трех, далее пишут слово «и др.». После фамилии и инициалов автора пишется полное название работы, место издания, издательство, год издания. Допускается сокращение названия только двух городов: Москва «М.» и Санкт- Петербург «С.- П.». Для журнальных статей после фамилии, инициалов и названия статьи указывают название журнала, год, номер издания, а для работ из сборников научных указывают номер тома или выпуска. В конце ставятся номера страниц, на которых помещена данная статья.

Примеры оформления списка литературы приведены в приложении 16.

Приложения

В приложении приводятся урожаи с делянок по вариантам опыта и их полный статический анализ, а также те исходные данные, которые лишь частично использованы в курсовой работе. Приводятся только те приложения, на которые имеются ссылки в тексте работы.

Если курсовая работа выполняется по агрономическому обоснованию современной технологии возделывания ведущей полевой культуры в условиях конкретного хозяйства.

Задание (приложение 2)

Реферат (1 страница)

Краткое точное изложение содержания работы, включающее основные сведения и выводы, а так же сокращения используемые в документе. Рекомендуемый объем текста реферата

Курсовая работа содержит ____ страницы машинописного текста, включает ___ таблиц, ___ рисунков и ___ наименований использованных источников.

Ключевые слова: _____.

Сокращения, используемые в тексте: (например)

кг – килограмм;

т – тонна;

т.д. – так и далее;

КПЕ – кормопротеиновые единицы.

В работе представлен _____.
В соответствии с заданием _____.
Выполнены расчеты_____
и т.д.

Оглавление

После реферата следует оглавление. В нем содержится название глав и параграфов с указанием страниц. Печатается через 1,5 интервала

Введение (1,5...2 стр.)

Кратко излагаются народнохозяйственное значение культуры и задачи, поставленные перед работниками сельского хозяйства. Описывается современное состояние производства изучаемой культуры в стране, области, районе, конкретном хозяйстве. Указать пути решения поставленных задач на ближайшую перспективу.

1. Исходные данные для составления курсовой работы (5...7 стр.)

1.1. Основные сведения о хозяйстве

Характеризуется хозяйство: название, район расположения, удаленность от областного, районного центров, от ближайшей железнодорожной станции, от пунктов сдачи сельскохозяйственной продукции, размеры, специализация, землепользование, обеспеченность удобрениями; энергообеспеченность, число трудоспособных, уровень механизации в хозяйстве и др.

1.2. Природные условия. Метеорологические особенности вегетационного периода

Дается краткая характеристика природных условий на основании материалов агрометеорологических справочников и данных ближайшей метеорологической станции. Характеризуются типы почв, глубина пахотного горизонта, содержание гумуса, реакция почвенной среды и т. д. Описываются особенности рельефа, выраженность эрозионных процессов.

Анализируются сведения о метеорологических условиях за последние три года и в том числе текущего вегетационного периода в сопоставлении со средними многолетними данными: по осадкам, температурам, запасам продуктивной влаги в почве и другие (прил. 3, 4, 7, 8, 9).

Следует указать, в какой степени природные условия данной зоны соответствуют успешному возделыванию изучаемой культуры в хозяйстве и рассмотреть, каким образом сложившиеся метеорологические условия года влияли на ее рост, развитие, урожайность.

1.3. Анализ отрасли полеводства

Показать современное состояние полеводства и перспективы его развития, структуру посевных площадей, какие изменения в ней произошли за последние три года (прил. 13). Рассмотреть севообороты, в которых возделывается изучаемая культура, как они освоены. Представить урожайность полевых культур за три года (прил. 14) и перспективный план развития отрасли растениеводства.

2. Особенности развития анализируемой культуры (8..10 стр.)

В данном разделе необходимо по литературным источникам, личным наблюдениям и учетам привести характеристику анализируемой культуры.

2.1. Биологическая характеристика культуры

Особенности биологии культуры описываются в следующей последовательности:

- **Отношение к теплу**. Рассмотреть потребность растений в тепле в различные периоды жизни, начиная с прорастания семян. При этом, необходимо отметить минимальные и оптимальные температуры, устойчивость к заморозкам.
- **Отношение к влаге**. Привести данные потребности семян в воде для набухания, при прорастании, указать транспирационный коэффициент, потребность растений в воде в различные периоды жизни, отметить критический период водопотребления.
- **Отношение к почве**. Рассмотреть отношение растений к типу почв, реакции почвенного раствора, к механическому составу, засоленности, к наличию в почве элементов питания и потребность в них в разные периоды жизни. Указать, какие элементы питания культура способна извлекать из труднодоступных форм. Какие формы удобрений желательно вносить под эту культуру и почему. Указать вынос и максимальное потребление азота, фосфора и калия.
- **Отношение к свету**. Описать реакцию растений на длину дня, потребность их в условиях освещения в различные периоды развития.

2.2. Особенности роста и развития в год наблюдений

По результатам собственных наблюдений указать даты наступления основных фаз развития культуры. На основании фенологических наблюдений определить межфазные и вегетационный периоды.

Необходимо дать анализ развития растений в каждую фазу в связи с метеорологическими условиями и применяемой агротехникой, с привлечением литературных источников; установить от-

клонения в темпах развития культуры от средних многолетних и объяснить причины этих отклонений.

Урожай сельскохозяйственных культур зависит от количества растений на единице площади и от продуктивности каждого растения. Поэтому определение числа растений или густоты их стояния имеет непосредственное производственное значение при оценке качества посева. В период полных всходов на типичных местах поля выделяют учетные площадки по 0,25 $м^2$ каждая и отмечают их колышками. При ширине междурядной 15 см учет ведется по двум смежным рядкам длиной 83 см (15 * 2) * 83= 0,25 $м^2$. Необходимо подсчитать количество всходов на каждой площадке и рассчитать среднюю густоту всходов на 1 $м^2$, зная норму высева, определить полноту всходов. После этого сделать заключение об ее уровне и влиянии на нее различных факторов (влажность и температура почвы, предпосевная обработка почвы, норма высева, качество посевного материала и т. д.).

Густоту стояния растений подсчитывают и перед уборкой определяют сохранность растений до начала уборочных работ. Дается объяснение, в связи с чем произошло изреживание посевов. Данные проведенных учетов записываются в таблице

3. Технология возделывания (15...20 стр.)

3.1. Критический анализ существующей технологии возделывания культуры в хозяйстве

Дать общую агротехническую оценку предшественников рассматриваемой культуры.

Описать систему обработки почвы и применения удобрений под эти культуры в данном хозяйстве; сроки, способы, нормы, глубину посева семян; применяемые в хозяйстве приемы по уходу за посевами, технологию проведения уборочных работ, подработку урожая и его хранение.

Таким образом, обстоятельно в сравнении с литературными данными, рекомендациями, передовым опытом выращивания, анализируется технология возделывания изучаемой культуры, принятая в хозяйстве, отмечаются недостатки и положительные стороны каждого агроприема. В разделе делаются ссылки на литературные источники.

3.2. Агрономическое обоснование разработанной и рекомендуемой хозяйству технологии возделывания культуры

В этом главном разделе курсового проекта студент разрабатывает передовую прогрессивную, ресурсосберегающую технологию возделывания культуры в конкретных природных и экономических условиях хозяйства. При этом используются новейшие достижения науки и передовой практики. Каждому агроприему дается агрономическое обоснование с необходимыми ссылками на литературные источники.

Вопросы данного раздела раскрываются в следующей последовательности:

- **Расчет действительно возможного урожая по влагообеспеченности.** Необходимо рассчитать действительно возможный урожай изучаемой культуры по влагообеспеченности. Методика расчета с указанием необходимых для этого данных указана на странице 21.
- **Место в севообороте**. Определить наиболее оптимальное место размещения планируемой культуры в севообороте. Перечислить лучшие предшественники.
- **Основная и предпосевная обработка почвы.** Принимая во внимание природные условия данного хозяйства (тип почвы, рельеф полей, климатические условия), место в севообороте, биологические особенности культуры, рекомендации научно-исследовательских учреждений, опыт передовиков, студент разрабатывает и рекомендует приемы основной и предпосевной обработки почвы. При этом указываются сроки проведения работ, глубина обработки, сельскохозяйственные машины и орудия.
- **Удобрения.** Пользуясь методикой, изложенной на страницах 18-21 в настоящем методическом указании, студент должен рассчитать дозы внесения удобрений на запланированный урожай культуры (рассчитанный по влагообеспеченности). Затем следует разработать и обосновать способы и сроки внесения удобрения, исходя из наличия техники в хозяйстве и биологических особенностей культуры. Результаты разработок занести в таблицу 4.

Таблица 4 – Система удобрений

				Подкормки

ПОКАЗАТЕЛИ	Основное	Припосев-	Рядковое	1	2	3
Сроки внесения						
Формы удобрений						
Дозы внесения						
Способы внесения						
Техника						

- **Подготовка семян к посеву.** Охарактеризовать особенности рекомендуемых сортов для выращивания в хозяйстве, указать вид, вегетационный период, устойчивость к полеганию, осыпанию, пониженным температурам, вредителям, болезням, продуктивность, качество продукции.

Излагаются мероприятия, обеспечивающие повышение качества посевного материала (очистка, сортировка, калибровка, протравливание, обработка микроэлементами или бактериальными препаратами и т.д.). Необходимо теоретически обосновать каждый прием и ожидаемый эффект от применения, кратко описать технику его применения, указать сроки проведения работы. Данные заносить в таблицу 5.

Таблица 5 – Мероприятия по подготовке семян к посеву

Операция по подготовке семян	Машины и оборудование	Объем работы	Техника проведения работ, норма ядохимикатов	Сроки проведения работ
Сортирование Протравливание Воздушно – тепловой обогрев Калибровка семян Обработка микроудобрениями и т.д.				

- **Посев.** Правильный выбор лучших сроков посева – одно из

важнейших условий получения высокого и гарантированного урожая. Обосновывая оптимальный срок посева культуры в хозяйстве, студенту необходимо исходить из запасов продуктивной влаги в почве к началу посева, степени засоренности поля, степени прогревания почвы и других факторов. При обосновании норм высева следует учитывать биологические особенности сорта, качество семян, степень засоренности полей, предшественник. Привести расчет нормы высева семян. Указать глубину посева, марки тракторов и сеялок посевного агрегата. Его основные характеристики (ширину захвата, рабочую скорость, производительность). Необходимо изложить основные требования к посеву. Все планируемые мероприятия занести в таблицу 6.

Таблица 6 – Посев

Предшественник	Способы, сроки посева	С/х машины	Нормы высева, кг/га	Глубина посева семян, см	Агротехнические требования к посеву

• **Уход за посевами.** В этой части курсовой работы необходимо отразить все приемы по уходу за посевами: прикатывание, довсходовое и послевсходовое боронование, химическую борьбу с сорняками, междурядную обработку пропашных культур, подкормку посевов, полив, борьбу с полеганием, борьбу с вредителями и болезнями изучаемой культуры и т.д. Указать возможность совмещения нескольких операций.

Операции по уходу за посевами должны проводиться с учетом биологических особенностей культуры (быстро или медленно растет в первые фазы развития, реакция на различные виды гербицидов и ядохимикатов и т.д.), механического состава почвы, засоренности поля и видового состава сорняков, метеорологических особенностей года.

Необходимо изложить требования к качеству работ по уходу за посевами и дать агробиологическое обоснование каждого мероприятия. Данные разработки свести в таблицу 7.

Таблица 7 – Основные мероприятия по уходу за растениями

Мероприятия по уходу	Фазы развития	Сроки проведения работ	С/х машины	Требования к качеству

Таблица 8 – Уборка урожая

Вид работ	Объем работ	Сроки проведения работ (начало и продолжительность)	С/х машины	Требования к качеству

Последующие пункты курсовой работы оформляются в соответствии с планом, аналогично вышеизложенным рекомендациям.

Для студентов, выполняющим курсовую работу по исходным данным (индивидуальное задание), выданным кафедрой.

Здесь приводятся особенности подготовки курсовой работы по индивидуальному заданию, все остальные пункты оформляются в соответствии с планом, аналогично вышеизложенным рекомендациям.

Задание (приложение 2)

Реферат (1 страница)

Краткое точное изложение содержания работы, включающее основные сведения и выводы, а так же сокращения используемые в документе. Рекомендуемый объем текста реферата

Курсовая работа содержит ____ страницы машинописного текста, включает ___ таблиц, ___ рисунков и ___ наименований использованных источников.

Ключевые слова: _____.

Сокращения, используемые в тексте: (например)

кг – килограмм;

т – тонна;

т.д. – так и далее;

КПЕ – кормопротеиновые единицы.

В работе представлен _____.

В соответствии с заданием _____.

Выполнены расчеты_____
и т.д.

Оглавление

После реферата следует оглавление. В нем содержится название глав и параграфов с указанием страниц. Печатается через 1,5 интервала

Введение (1,5 – 2 стр.)

Здесь кратко излагается народно-хозяйственное значение культуры, посевные площади, урожайность ее в стране, в области. Указываются проблемы в увеличении производства продукции описываемой полевой культуры и пути решения их на ближайшую перспективу.

1.Обзор литературы

1.1. Биологические особенности культуры

1.2.Технология возделывания изучаемой культуры

1.3. Влияние отдельных агроприемов на продуктивность культуры

В этом разделе необходимо используя литературные данные раскрыть поставленный в индивидуальном задании вопрос. В обязательном порядке использовать данные из периодической литературы.

3. Разработка технологии возделывания культуры для получения запланированной урожайности. Ее агрономическое обоснование

В этом разделе, который является главным в курсовом проекте, студент разрабатывает передовую, прогрессивную технологию возделывания данной культуры с учетом ближайшей перспективы, но реальную, принимая во внимание природные возможности зоны. При этом используются новейшие достижения науки и передовой практики, при условии полной обеспеченности хозяйства семенами, удобрениями, ядохимикатами и техникой.

Особое внимание при разработке настоящего раздела следует уделить внедрению агротехнических приемов, способствующих снижению затрат при возделывании культуры и получению более

дешевой продукции (интенсивной технологии возделывания). Каждый рекомендованный агроприём должен иметь агрономическое обоснование.

Все описываемые ниже мероприятия должны быть направлены на обеспечение получения рассчитанного каждым студентом для конкретных условий действительно возможного урожая проектируемой культуры или урожая, рассчитанного по приходу ФАР для условий орошения.

Основная и предпосевная обработка почвы. Принимая во внимание конкретные природные условия (тип почвы, тип и степень засоренности, климатические условия), место в севообороте, биологические особенности культуры, рекомендации научно-исследовательских учреждений, опыт передовиков, студент разрабатывает и рекомендует приемы основной и предпосевной обработки почвы. При этом указываются сроки проведения работ, глубина обработки, сельскохозяйственные машины и орудия.

Удобрения. На основании полученных расчетов доз удобрений на планируемую урожайность студент должен разработать и обосновать способы и сроки внесения удобрения, исходя из биологических особенностей культуры, а также вид удобрений. Указать технику по внесению удобрений.

Подготовка семян к посеву. Здесь студент подробно характеризует особенности рекомендуемых им сортов для выращивания в хозяйстве, указывает вид, вегетационный период, устойчивость к полеганию, осыпанию, пониженным температурам, вредителям, болезням, продуктивность, качество продукции.

Затем излагаются мероприятия, обеспечивающие повышение качества посевного материала (очистка, сортировка, калибровка, протравливание, обработка микроэлементами или бактериальными препаратами и т.д.).

При этом необходимо теоретически обосновать каждый прием и ожидаемый эффект от применения, кратко описать технику его применения, указать сроки проведения работы, привести примеры из опыта передовых хозяйств.

Посев. Правильный выбор лучших сроков посева - одно из важнейших условий получения высокого и гарантированного урожая.

Обосновывая оптимальный срок посева культуры в хозяйстве, студенту необходимо исходить из запасов продуктивной влаги в

почве к началу посева, степени прогревания почвы и других факторов.

При обосновании норм высева следует учитывать биологические особенности сорта, качество семян, степени засоренности полей, предшественник. Привести полный расчет весовой нормы высева семян. Указать глубину посева, марки тракторов и сеялок посевного агрегата, его основные характеристики (ширину захвата, рабочую скорость, производительность). Необходимо изложить основные требования к посеву.

Уход за посевами. В этой части курсовой работы необходимо отразить все приемы по уходу за посевами: довсходовое и послевсходовое боронование, химическую борьбу с сорняками, междурядную обработку пропашных культур, снегозадержание на озимых посевах и травах (его особенности), подкормку посевов, полив, борьбу с полеганием, борьбу с вредителями и болезнями изучаемой культуры и т.д. При этом необходимо отметить важность выбора оптимального срока проведения работ, дозы удобрений, гербицидов и ядохимикатов, кратко описать технику применения машин и орудий.

Указать возможность совмещения нескольких операций по уходу за посевами.

Основные мероприятия по уходу за посевами проектируют с учетом биологических особенностей культуры (быстро или медленно растёт в первые фазы развития, реакция на применение различных видов гербицидов и ядохимикатов и т.д.) механического состава почвы (легкие, средние, тяжелые), засоренности поля и видового состава сорняков, метеорологических особенностей года.

Необходимо изложить требования к качеству работ по уходу за посевами и дать агробиологическое обоснование каждого мероприятия.

Уборка урожая. При проектировании уборочных работ необходимо учитывать погодные условия, рельеф местности, продолжительность вегетационного периода сорта, способы и сроки уборки. Описать технику, используемую на уборке, требования к качеству уборочных работ.

Выводы (не более 1-2 стр.)

Здесь студент должен кратко сформулировать рекомендации для получения планируемого урожая изучаемой культуры.

Приложение 1
(пример оформления титульного листа)

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

кафедра «Растениеводство и земледелие»

Курсовая работа

по дисциплине:_____
_____

Тема:
_____
_____
_____

Выполнил:
Студент ____ курса
Группы ____

Направление подготовки_____
_____
Личный номер _____
(номер зачетной книжки)

_____
_____
(Фамилия. Имя. Отчество студента полностью)

К защите допущен: _____ / _____
(подпись) (инициалы, фамилия)

_____ / _____
_____ / _____
_____ / _____
(подпись членов комиссии) (расшифровка подписи)

Оценка _____

Приложение 2
Пример оформления задания

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»
Кафедра Растениеводство и земледелие

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине
Растениеводство

Студенту

_____
(Фамилия, Имя, Отчество, полностью)

Тема работы (проекта)

_____
_____
_____

Исходные данные (технические требования) на курсовую работу (проект)

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Задание выдано «____» _____20___г. Руководитель

_____ _____

Приложение 3

Температура воздуха по данным _____ метеостанции

Месяцы	Декады	Средняя температура воздуха			
		среднемноголетняя	по годам		
			20…	20…	20…
Январь					
Февраль					
Март					
Апрель					
Май	1				
	2				
	3				
	средняя				
Июнь	1				
	2				
	3				
	средняя				
Июль	1				
	2				
	3				
	средняя				
Август	1				
	2				
	3				
	средняя				
Сентябрь	1				
	2				
	3				
	средняя				
Октябрь					
Ноябрь					
Декабрь					
Средняя за период вегетации					

Приложение 4

Длина безморозного периода и количество активных температур за вегетационный период

Годы	Длина безморозного периода, дней	Количество активных температур свыше 10^0 по периодам		
		апрель - сентябрь	апрель - июль	май - август
Среднее многолетнее				
20…				
20…				

Приложение 5

Фотосинтетически активная радиация на широте Самарской области

Месяцы	Приход ФАР, кДж/см^2	Месяцы	Приход ФАР, кДж/см^2
Январь	5,02	Июль	31,77
Февраль	8,36	Август	26,76
Март	17,98	Сентябрь	15,89
Апрель	25,5	Октябрь	8,78
Май	31,35	Ноябрь	4,6
Июнь	34,7	Декабрь	3,35
За год	214,1		

Приложение 6

Калорийность сельскохозяйственных культур, соотношение основной и побочной продукции

Культура	Стандартная влажность продукции, %	Отношение основной продукции к побочной	Сумма частей (Л)	Калорийность кДж 1 кг сухой биомассы		
				целое растение	основная продукция	побочная продукция
Пшеница озимая	14	1:1,8	2,8	18 600	19 019	17 975
Яровая мягкая	14	1:1,5	2,5	18 810	19 228	17 975
Яровая твердая	14	1:1,5	2,5	19 020	19 395	18 183
Рожь озимая	14	1:2	3,0	18 392	18 810	18 015
Ячмень	14	1:1,1	2,1	18 475	18 935	18 057
Овес	14	1:1,3	2,3	18 392	18 726	18 100
Просо	14	1:1,7	2,7	19 228	19 646	18 810
Гречиха	14	1:2,5	3,5	18 977	19 310	18 392
Горох	14	1:1,5	2,5	19 688	20 482	18 935
Соя	14	1:1,1	2,1	20 065	20 482	19 228
Подсолнечник	8	1:3	4,0	18 600	19 311	18 100
Кукуруза на зерно	14	1:1,2	2,2	17 138	17 555	16 720
Кукуруза на силос	70	1,0	1,0	16 302	16 302	16 302
Картофель	80	1:0,7	1,7	17 975	18 225	17 723
Сахарная свекла	80	1:0,5	1,5	17 680	18 140	17 598

Приложение 7

Сумма осадков по данным _____ метеостанции

Месяцы	Декады	Сумма осадков в мм.			
		среднемноголетняя	по годам		
			20…	20…	20…
Январь					
Февраль					
Март					
Апрель					
Май	1				
	2				
	3				
	сумма				

Июнь	1				
	2				
	3				
	сумма				
Июль	1				
	2				
	3				
	сумма				
Август	1				
	2				
	3				
	сумма				
Сентябрь	1				
	2				
	3				
	сумма				
Октябрь					
Ноябрь					
Декабрь					
За период вегетации					

Приложение 8

Количество осадков по периодам, мм

Годы	Периоды		
	апрель - сентябрь	апрель - июль	май - август
Среднее многолетнее			
20…			
20…			
20…			

Приложение 9

Запасы продуктивной влаги в почве к началу весенних полевых работ, мм

Годы	Продуктивная влага в слое почвы	
	0 – 20 см	0 – 100 см
Среднемноголетнее		
20…		
20…		
20…		

Приложение 10

Коэффициент водопотребления культур в условиях Самарской области

Культуры	Зоны области			При орошении
	1	2	3	
Пшеница озимая Рожь озимая	711 - 1050	727 - 1037	662 - 925	800 - 900
Пшеница яровая	902 - 1135	968 - 1353	896 - 1243	900 – 1000
Ячмень	875 - 1125	1020 - 1167	945 - 1050	-
Овес	907 - 1167	1065 - 1217	995 - 1105	-
Просо	980 - 1260	1065 - 1217	945 - 1050	971 - 1085
Гречиха	1114 - 1432	1361 - 1555	1350 - 1500	1140 - 1210
Горох	1102 - 1167	1065 - 1369	1260 - 1400	1029 - 1117
Соя	-	2041 - 2625	2100 - 2330	1870 - 2000
Подсолнечник	1531 - 1970	1750 - 2000	1575 - 1750	-
Кукуруза на зерно	-	612 - 800	543 - 700	500 - 600
Кукуруза на силос	101 - 150	109 - 156	102 - 118	80 - 90
Картофель	190 - 244	208 - 237	178 - 198	145 - 170
Сахарная свекла	91 - 117	98 - 112	-	-

Примечание: Большему урожаю соответствует меньший коэффициент, а меньшему урожаю – больший коэффициент.

Приложение 11

Вынос азота, фосфора и калия с урожаем сельскохозяйственных культур

Культура	Вынос питательных веществ кг на 1 тонну основной и побочной продукции		
	азота	фосфора	калия
Озимая пшеница	39,5	13,5	25,5
Озимая рожь	30,3	13,5	26,5
Яровая пшеница	44,1	11,5	17,1
Ячмень	28,5	12,2	19,3
Овес	31,6	14,7	29,6
Просо	32,1	10,5	30,5
Гречиха	32,3	15,5	46,2
Горох	64,2	17,1	22,2
Вика	60,9	15,8	19,1
Соя	71,0	16,0	18,0

Кукуруза (на зерно)	28,0	10,2	29,0
Кукуруза (на силос)	2,9	1,2	3,5
Подсолнечник (на семена)	61,5	37,2	94,5
Подсолнечник (на силос)	2,9	1,5	3,5
Сахарная свекла	6,2	2,1	7,3
Кормовая свекла	4,6	1,5	4,4
Кормовые корнеплоды	4,9	1,5	6,7
Картофель	6,6	2,2	13,0
Рапс (на семена)	6,8	2,8	7,5
Рапс (на зеленый корм)	6,0	1,0	7,1
Однолетние травы (на сено)	24,5	1,7	16,6
Однолетние травы (на зеленый корм)	7,8	2,1	3,4
Многолетние травы (на сено)	26,0	6,5	15,0
Многолетние травы (на зеленый корм)	8,0	2,0	4,6

Приложение 12

Коэффициент использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений, %

Культуры	Азот	Фосфор	Калий
Из почвы			
Зерновые, однолетние и многолетние травы	20 - 25	7 - 10	8 – 10
Пропашные	20 - 25	7 - 10	8 - 10
Из минеральных удобрений			
Зерновые, однолетние и многолетние травы	50 - 60	20 - 35	60 - 70
Пропашные	50 - 70	25 - 40	70 - 90
Из органических удобрений			
Из навоза: в 1 год	25 - 30	30 - 40	50 - 60
во 2 год	20	15 - 20	15 - 20
в 3 год	10	10	10 - 15
Из навозной жижи	50	-	80
Из птичьего помета	30	40	90

Приложение 13

Структура посевных площадей в хозяйстве

Культуры	200… г.		200… г.		200… г.	
	га	в % к площади пашни	га	в % к площади пашни	га	в % к площади пашни

Приложение 14

Урожайность полевых культур

Культура	Урожайность по годам, ц/га		
	200… г.	200… г.	200… г.

Приложение 15

Технологическая карта возделыванию культур в хозяйстве

Виды работ	Ед. измерения	Объем работы	Агротехнические и календарные сроки проведения работ	Оптимальное кол- во дней для качественного выполнения работ	Состав агрегата		Кол-во агрегатов, шт.
					Трактор	Сельскохозяйственное орудие	

Приложение 16

Примеры оформления использованной литературы и источников

Книга (1 автор)

Котов, В. П. Овощеводство открытого грунта / В. П. Боговая, Н. А. Адрицкая, Н. М. Пуць. – СПб. : Проспект науки, 2012. – 360 с.

Книга (до 4 авторов)

Чулкина, В. А. Интегрированная защита растений: фитосанитарные системы и технологии / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов. – М. : Колос, 2009. – 670 с.

Книга (4 автора)

Штерншис, М.В. Биологическая защита растений / М. В. Штерншис, Ф. С.-У. Джалилов, И. В. Андреева, О. Г. Томилова. – М. : КолосС, 2004. – 264 с.

Книга (более 4 авторов)

Шкаликов, В.А. Защита растений от болезней / В. А. Шкаликов, О. О. Белошапкина, Д. Д. Букреев [и др.]. – М. : Колос, 2001. – 248 с.

Статья в журнале (1 автор)

Говоров, В. Н. Основные грибные болезни земляники садовой и устойчивость к ним новых сортов и гибридов / В. Н. Говоров // Агро XXI. – 2008. – №7-9. – С. 12-13.

Статья в журнале (до 4 авторов)

Глуховцев, В. В. Роль сортов и агротехнических факторов в изменчивости урожайности яровой пшеницы в лесостепи среднего Поволжья / В. В. Глуховцев, А. П. Головоченко, Н. А. Головоченко // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – №4. – С. 56-58.

Статья в журнале (4 автора)

Торопова, Е.Ю. Агроприемы, оптимизирующие фитосанитарное состояние посевов и параметры элементов структуры урожая яровой пшеницы / Е. Ю. Торопова, В. А. Чулкина, А. Ф. Захаров, А. А. Кириченко // Агро XXI. – 2008. – №7-9. – С. 5-9.

Статья в журнале (более 4 авторов)

Улина, А.И. Эффективность гербицида Витокс на посевах са-

харной свеклы / А. И. Улина, В. З. Веневцев, Н. В. Шегурова [и др.]. // Агро XXI. – 2002. – №6. – С. 13.

Статья в сборнике трудов (1 автор)

Павлюшин, В. А. Основные элементы современной биологической защиты растений / В. А. Павлюшин // Биологическая защита растений в Восточно-Сибирском регионе : матер. науч.-практ. сем. – 2002. – С. 3-10.

Статья в сборнике трудов (до 4 авторов)

Баукенова, Э. А. Мониторинг вирусных болезней пшеницы и их насекомых переносчиков / Э. А. Баукенова, Т. С. Маркелова // Вавиловские чтения 2013 : сб. стат. межд. конф. – Саратов, 2013. – С.147-149.

Статья в сборнике трудов (4 автора)

Маркелова, Т.С. Фитопатогенный комплекс пшеницы в Нижнем Поволжье в условиях биотических и климатических стрессов / Т. С. Маркелова, О. В. Иванова, Е. А. Нарышкина, Э. А. Баукенова // Вавиловские чтения 2013 : сб. стат. межд. конф. – Саратов, 2013. – С.164-165.

Статья в сборнике трудов (более 4 авторов)

Аленькина, С.А. Оценка индуктивного воздействия различных по антигенным свойствам лектинов азоспирилл на сигнальные системы корней проростков пшеницы / С. А. Аленькина, Л. П. петрова, К. А. Трутнева и др. // Вавиловские чтения 2013 : сб. стат. межд. конф. – Саратов, 2013. – С.143-144.

Документы

Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : [федеральный закон РФ : от 10.01.2002 г. №7-ФЗ : в ред. от 31.12.11 г.].

Стандарты

ГОСТ 25347 – 89. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. – М. : Изд-во стандартов, 1989.– 32 с.

Электронные ресурсы

Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://msh-samara.ru/. – Загл. с экрана.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Растениеводство и селекция»

Л.В. Киселева, А.А. Васина

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

Методические указания по прохождению учебной практики по кормопроизводству

Кинель
РИЦ ГСХА
2015

УДК 633.2/3 (075.32)
ББК 42.2 я 723
К-66

Киселева Л. В.
К-66 Кормопроизводство : методические указания по прохождению учебной практики / Л. В. Киселева, А. А. Васина, – Кинель: РИЦ СГСХА, 2015. – 33 с.

Методические указания предназначены для использования студентами при прохождении учебной практики.

Издание предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению 110400.62 «Агрономия»

Методические указания содержат задания для выполнения индивидуальных работ, список рекомендованной учебной литературы, вопросы для самоконтроля.

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2015

© Киселева Л. В., Васина А. А., 2015

Оглавление

	Стр.
Предисловие	3
Тема 1. Проведение фенологических наблюдений на посевах однолетних и многолетних трав	6
Тема 2. Ознакомление с морфологическими, биологическими и экологическими свойствами растений сенокосов и пастбищ	8
Тема 3. Природные кормовые угодья, их классификация и инвентаризация	17
Тема 4. Знакомство со способами заготовки кормов и с их соответствием ГОСТу	21
Словарь терминов	27
Рекомендуемая литература	29
Приложения	30

Предисловие

Учебная практика по дисциплине «Кормопроизводство» проводится на государственном стационаре ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» на поле научно-исследовательской лаборатории «Корма» кафедры растениеводства и селекции и на естественных сенокосах и пастбищах. Учебная практика проходит в 4 семестре.

Руководство по учебной практикой осуществляется кафедрой путем инструктажа студентов перед началом практики, выезда руководителей на место прохождения практики.

Целью учебной практики является продолжение изучения курса кормопроизводства в полевых условиях. Она дает возможность студентам ознакомиться с основными кормовыми культурами на поле научно-исследовательской лаборатории «Корма» кафедры растениеводства и селекции Самарской ГСХА, а так же с растительностью природных кормовых угодий; принять непосредственное участие в уборке зеленой массы и сена кормовых трав для научно-исследовательской лаборатории животноводства (НИЛЖ) Самарской ГСХА.

Задачами учебной практики являются:

- выявление ценных кормовых, балластных, вредных и ядовитых растений;
- визуальное распознавание растений различных хозяйственно-ботанических групп;
- знакомство с основными биологическими, морфологическими, хозяйственно-полезными, кормовыми свойствами растений естественных и культурных кормовых угодий;
- знакомство с современными технологиями выращивания кормовых трав;

Студенты на практике отрабатывают практические навыки агрономической работы. На питомнике студенты изучают видовой состав растений по их вегетативным и генеративным признакам; определяют оптимальную фазу уборки трав. На природных кормовых угодьях выделяют ценные кормовые травы, балластовые, вредные и ядовитые растения. Изучают технологии возделывания

кормовых культур и заготовки кормов. Принимают участие в уборке кормовых культур.

Тематика учебной практики включает:

- определение главнейших видов многолетних злаковых луговых трав (в коллекционном питомнике), урожайности и ботанического состава (на производственных посевах), поедаемости;
- определение главнейших видов бобовых многолетних луговых трав (в коллекционном питомнике), урожайности и ботанического состава (на производственных посевах), поедаемости;
- инвентаризацию и паспортизацию природных кормовых угодий в учебно-опытном хозяйстве;
- знакомство со способами заготовки кормов и их соответствием ГОСТам (сено, сенаж, силос, травяная мука) на производственных объектах;
- освоение основных технологических приемов возделывания кормовых культур (кукуруза, люцерна, клевер, козлятник, вика + овес);
- освоение операции посева (установка сеялок на заданную норму высева и глубину заделки семян, подбор балластного материала, оценка качества посева по ГОСТу);
- уход за посевами (прикорневое внесение удобрений, подкормка, боронование трав, борьба с вредителями и болезнями, оценка качества работ по ГОСТу);
- определение оптимального срока уборки культур на корм и семена в соответствии с требованиями ГОСТа.

Учебная группа разбивается на бригады по 2-3 человека и выполняет задание после объяснения преподавателя. За бригадой закрепляется соответствующий объект практики на опытном поле кафедры или в производственных условиях хозяйства.

Методика проведения практики состоит в том, что каждая тема практики выполняется студентами индивидуально-бригадным методом. Подробная методика выполнения заданий изложена в данных методических указаниях, которые выдаются каждой бригаде.

В результате прохождения учебной практики обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения, универсальные и профессиональные компетенции:

В результате прохождения учебной практики формируются следующие компетенции:

Профессиональные:

- способность распознавать по морфологическим признакам наиболее распространённые в регионах дикорастущие растения и сельскохозяйственные культуры, оценивать их физиологическое состояние, адаптивный потенциал и определять факторы улучшения роста, развития и качества продукции;
- готовность использовать микробиологические технологии в практике производства и переработки сельскохозяйственной продукции;
- готовность установить соответствие агроландшафтных условий требованиям сельскохозяйственных культур при их размещении по территории землепользовнаия;
- способность обосновать подбор сортов сельскохозяйственных культур для конкретных условий региона и уровня интенсификации земледелия, подготовить семена к посеву;
- готовность обосновать технологии улучшения и рационального использования природных кормовых угодий, приготовления грубых и сочных кормов.

Форма контроля - индивидуальный отчет и зачет. В процессе прохождения практики ведется дневник (Приложение 1). После прохождения практики составляется индивидуальный отчет (Приложение 2) в произвольной форме. На основании отчета и устной беседы преподавателя со студентами практика оценивается зачетом, который выставляется в зачетную книжку.

Тема 1. Проведение фенологических наблюдений на посевах однолетних и многолетних трав

Задание: Определить фенологические фазы растений.

Порядок выполнения задания.

После знакомства с особенностями метода определения фенологических фаз развития растений приступают к определению. Результаты записываются в таблицу 2.

Занятия проводятся на опытном поле кафедры. Завершается занятие проверкой правильности определения фенологических фаз развития растений и контрольным определением у 3-5 видов растений, предложенных преподавателем.

Общие сведения. В результате роста в течение вегетационного периода масса и объем отдельных частей растения непрерывно изменяются. Одновременно с ростом в организме растений происходят глубокие качественные изменения, внешне проявляющиеся в появлении определенных морфологических признаков, новых частей растений, например листьев, стеблей, соцветий, плодов. Время появления нового признака принято называть наступлением новой фенологической фазы в развитии растения. По наступлению фенологических фаз определяют сроки проведения различных агротехнических мероприятий, в том числе уборки растений на кормовые цели и семена. У растений разных семейств, родов и видов отмечают (регистрируют) разные фенологические фазы.

В первый год жизни у злаковых трав отмечают фазы появления всходов, кущения, выхода в трубку, колошения (у растений с соцветием типа колос) или выметывания (у растений с соцветием типа метелка), цветения, плодоношения, обсеменения, осеннего состояния; у бобовых - появления всходов, розетки листьев, стеблевания (ветвления), бутонизации, цветения, плодоношения, обсеменения, осеннего состояния. Аналогичные, но не всегда совпадающие по названию фенологические фазы развития регистрируют у растений других семейств. Не все растения могут пройти в первый год все перечисленные фазы. В зависимости от разных факторов (сроки посева, погодные условия, биологические

особенности растений и др.) развитие их в первый год жизни может закончиться на одной из названных фаз.

В последующие годы жизни у многолетних трав отмечают такие же фазы развития, как и в первый год, за исключением фазы всходов, вместо которой отмечают фазу весеннего отрастания. Наступление фазы весеннего отрастания характеризуется появлением новых листьев, обычно это происходит, когда среднесуточная температура устанавливается на уровне 3-5^{0}С. Признаки наступления соответствующих фенологических фаз у многолетних и однолетних трав совпадают. Фаза обсеменения характеризуется естественным осыпанием созревших семян. Для фазы осеннего состояния характерен слабый рост растений или его отсутствие. К этой фазе относят обычно период от отмирания обсеменившихся побегов до наступления зимы, в это время растения готовятся к зиме, проходят закалку.

Фазу развития травостоя на кормовом угодье определяют по фазе развития доминирующего в нем вида трав.

Таблица 2

Фенологические фазы растений

Культура	Дата определения и фенологическая фаза				

Вопросы для самоконтроля

1. Какие фазы отмечают в первый год жизни у злаковых трав?
2. Какие фазы отмечают в первый год жизни у бобовых трав?
3. Какие фазы отмечают в последующие годы жизни многолетних трав?
4. Каковы особенности определения фаз развития травостоя на кормовом угодье?
5. Какие фазы развития растений соответствуют укосной спелости?
6. Какие фазы развития растений соответствуют пастбищной спелости?

Тема 2. Ознакомление с морфологическими, биологическими и экологическими свойствами растений сенокосов и пастбищ

Задание 1 Определить основные виды злаковых и бобовых трав по вегетативным признакам и цветущим растениям (в коллекционном питомнике).

Порядок выполнения задания. Для правильного определения злаковых трав в нецветущем состоянии необходимо знать особенности морфологического строения вегетативных органов. При этом обращают внимание на следующие признаки: а) тип кущения; б) листосложение (складчатое, свернутое); в) влагалище листа (закрытое, открытое, полуоткрытое, гладкое, опушенное, вздутое, невздутое); г) поверхность листа (матовая, глянцевая, опушенная, шероховатая, ребристая и т.д.); д) особенность основания листа (с ушками, без ушек); е) форма и размер язычка в основании пластинок листа; ж) особенности основания стебля (окраска, иногда утолщение в виде луковички и др.).

После знакомства с морфологическими особенностями растений приступают к сбору и определению видов злаковых и бобовых трав, встречающихся на сенокосах и пастбищах.

Занятия проводятся на коллекционном питомнике кафедры. По таблицам 3, 4, 5 студенты определяют виды трав и кладут этикетку на определенное растение. Распознают растения по продолжительности жизни, темпам роста и развития (табл. 6).

Завершается занятие проверкой правильности определения растений и контрольным определением 3-5 растений, предложенных преподавателем.

Общие сведения. Различают следующие хозяйственно-ботанические группы растений: злаки, бобовые, осоки, разнотравье, а также самостоятельно выделенная группа: вредные и ядовитые.

Отношение растений к условиям увлажнения, основные экологические типы.

Мезофиты - растения, произрастающие в течение всего вегетационного периода (или большей части его) в условиях умеренного увлажнения. Выносят затопление до 10-15 дней и более. Листья нежные, широкие (0,3-0,5 см).

Ксерофиты - засухоустойчивые растения. Выносят затопление до 3-5 дней. Различают два типа ксерофитов: склерофиты и суккуленты.

Склерофиты - более или менее сухие растения, имеющие листья узкие, свернутые, рассеченные, опушенные или покрытые плотной кутикулой, а также игловидные или превращенные в колючки.

Суккуленты - это сочные мясистые растения. Во влажные сезоны года они запасают в своих стеблях и листьях большое количество воды и затем расходуют ее экономно во время засухи.

Гигрофиты - произрастающие в условиях избыточного увлажнения, имеют широкие листья.

Гидрофиты - водные растения.

Мезоксерофиты (промежуточная форма) - житняк гребневидный, люцерна желтая и др.

Мезогигрофиты (промежуточная форма) - канареечник тростниковидный, лисохвост луговой, бекмания обыкновенная и др.

По *типу облиственности* (форме куста) выделяются верховые, полуверховые и низовые растения.

У *верховых* растений листья распределяются более или менее равномерно по всей длине стебля. В кусте преобладают удлиненные вегетативные и генеративные побеги.

У *низовых* растений основная масса листьев расположена у основания побегов (60-70%). В кусте преобладают укороченные и удлиненные вегетативные побеги.

Типы кущения злаковых трав (по В. Р. Вильямсу)

Различают корневищные, рыхлокустовые и плотнокустовые злаки. *Корневищные* злаки имеют несколько междоузлий. *Рыхлокустовые* злаки имеют одно связующее междоузлие длиной

0,5-2,0 см и более. Основания побегов утолщенные. У *плотнокустовых* злаков одно связующее междоузлие длиной 0,1-0,3 см. Основания побегов неутолщенные.

Задание 2. Ознакомиться с основными хозяйственно-важными агробиологическими особенностями отдельных видов, их распространением и использованием.

На основании изучения морфологических признаков (задание 1), а также знакомства с некоторыми биологическими и экологическими особенностями злаковых и бобовых растений сенокосов и пастбищ необходимо заполнить таблицы 7, 8, 9.

Задание 3. Определения вредных и ядовитых растений в полевых условиях.

Общие сведения. На природных кормовых угодьях среди дикорастущих растений встречается немало вредных и ядовитых. Причиной отравлений животных являются яды, содержащиеся в растениях. Многие сильнодействующие яды в определенной дозировке обладают лекарственными свойствами, поэтому такие растения применяют в медицине и ветеринарии для лечебных целей.

Большинство вредных и ядовитых растений скот совсем не поедает или поедает плохо из-за неприятного запаха, вкуса и других признаков.

К вредным относятся такие растения, которые вызывают порчу животноводческой продукции, вредят здоровью животных, а иногда приводят к их гибели. В России насчитывается около 60 вредных растений, но истинное число их еще не выявлено. Это люцерна малая, липучка ежевидная, дурнишник колючий, Бодяк щетинистый, полынь горькая, дикие луки, ярутка полевая и другие. Ядовитыми называются такие растения, поедание которых вызывает серьезные расстройства организма животного, а при сильных отравлениях приводит к гибели. Ядовитые растения особенно опасны для

молодых животных, которые хуже различают ядовитые травы и поэтому чаще отравляются. Это авран лекарственный, безвременник осенний, белена черная, болиголов пятнистый, вех ядовитый, вороний глаз, звездчатка злаковая, ландыш майский, молочай и др.

Порядок выполнения задания. После знакомства с морфологическими особенностями растений приступают к сбору и определению видов вредных и ядовитых трав, встречающихся на сенокосах и пастбищах.

Занятия проводятся на различных видах естественных кормовых угодий. Студенты с помощью преподавателя и определителя растений определяют виды трав и кладут этикетку на определенное растение.

Таблица 3

Определение культурных многолетних злаков по вегетативным признакам

Рыхлокустовые					
Корни и основания побегов темные		*Корни и основания побегов светлые*			
Основание побегов фиолетовое, круглое. Листья длинные, сильно блестящие, ярко-зеленые с ушками.	Основание побегов сплюснутое. Листья узкие, резкобороздчатые, блестят со всех сторон, с ушками.	Основание побегов часто в виде луковицеобразных утолщений. Листья широкие, ушек нет. По краю листьев заметно развитая кайма и острошероховатые шипики.	Стебли прутьевидные, листьев мало. Листья сверху шероховатые от шипиков, ушки маленькие, язычок пленчатый. Рельеф листьев с высокими ребрами. Ширина ребер в 2 раза больше высоты, бороздки уже ребер.	У основания побегов старые листья разорванные в виде войлока. Листья длинные, жесткие. Рельеф листа очень резкий, высота ребер равна их ширине. Ребра разной ширины.	Основание побегов сплюснутые, гофрированные. Листья матовые с ясно выраженным килем. Кончик листа у вегетативных побегов в виде челнока, у генеративных – острый. Лист по краю шероховатый, ширина 4-10 м.
Овсяница луговая	*Райграс пастбищный*	*Тимофеевка луговая*	*Житняки*	*Волоснец ситниковый*	*Ежа сборная*

Таблица 4

Определение культурных многолетних злаков по соцветиям

<table>
<tr><th colspan="8">К о л о с</th></tr>
<tr><th colspan="2">Плотный</th><th colspan="6">Рыхлый</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Колос сложный ветвящийся, колоски расположены черепитчато.</td><td rowspan="3">На уступе оси колоса 3-4 колоска. Длина колоса до 10-20см. Остевидное за острение 2-3 мм.</td><td colspan="3">На уступе оси колоса один колосок многоцветковый</td><td colspan="2">Колоски обращены широкой стороной к оси соцветия, прижатые</td><td rowspan="3">Колоски обращены узкой стороной к оси соцветия Колосовая чешуя одна. Остей нет.</td><td rowspan="3">Колос узкий, длинный, поникающий с длинными остями.</td></tr>
<tr><td>Колос широкий (1-2 см), яйцевидный,</td><td colspan="2">Колос узкий (0,5-1,2см)</td><td colspan="2">Колосовых чешуй две</td></tr>
<tr><td>ость 3-5 мм. строение колоса гребневидное, колоски отклонены почти под прямым углом.</td><td colspan="2">Строение колоса</td><td>Колосковые чешуи длинные заостренные, остевидное заострение 1-3 мм.</td><td>Колосковые чешуи тупые, короче колоска, колос крупный покрытый восковым налетом.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>негребневидные, колоски налегают друг на друга, остевидное заострение – 2-3 мм.</td><td>гребневидное, колоски отклонены от стержня под острым углом. Ость 0-1мм.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Бекмания обыкновенная</td><td>Волоснец ситниковый</td><td>Житняк гребневидный</td><td>Житняк пустынный</td><td>Житняк сибирский</td><td>Пырей бескорневищный</td><td>Пырей сизый</td><td>Райграс пастбищный</td><td>Волоснец сибирский</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 4

<table>
<tr><th colspan="10">М е т е л к а</th><th rowspan="2" colspan="3">С у л т а н</th></tr>
<tr><th colspan="2">Колоски скучены на концах веточек</th><th colspan="8">Колоски сидят по одиночке</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Нижние веточки метелки длинные. Цветочные чешуи не блестящие.</td><td rowspan="2">Все веточки метелки короткие. Цветочные чешуи блестящие.</td><td colspan="2">Очень крупные (больше 2 см) многоцветковые, от узла оси соцветия отходит много веточек – 3-7</td><td colspan="2">Средние (1,5-2 см)</td><td rowspan="2">Метелка раскидистая с длинными веточками, колоски мелкие, одноцветковые, часто фиолетовые.</td><td rowspan="2">Колоски (меньше 0,5 см) многоцветковые яйцевидные, черепитчато налегают друг на друга</td><td rowspan="2">Тонкая метелка с некрупными очень коротко-остистыми многоцветковыми колосками.</td><td rowspan="2">Цилиндрический, жесткий от наличия двух рожков на чешуе.</td><td colspan="2">Мягкий от наличия нежных волосков на чешуе Ость коленчатая отходит от</td></tr>
<tr><td>Колоски без остей.</td><td>Ость прямая до 1 см.</td><td>От узла оси соцветия отходят 1-2 веточки, колоски многоцветковые без остей.</td><td>Колоски двухцветковые с коленчатой остью.</td><td>основания цветковой чешуи.</td><td>середины цветковой чешуи.</td></tr>
<tr><td>Ежа сборная</td><td>Канареечник тростниковидный (двуисточник)</td><td>Костер безостый</td><td>Костер прямой</td><td>Овсяница луговая</td><td>Райграс высокий</td><td>Полевица белая</td><td>Мятлик луговой</td><td>Овсяница красная</td><td>Тимофеевка луговая</td><td>Лисохвост луговой</td><td>Лисохвост вздутый</td></tr>
</table>

Таблица 6

Продолжительность жизни растений, темпы их роста и развития

Группа растений	Продолжительность жизни	Год максимального урожая	Виды и экологические типы растений
Однолетники	1 год	1 -й год	Эфемеры, озимые, яровые, двуручки
Двулетники	2 года	2-й год	Донники
Малолетники	2-4 года	1-2 год	Клевер луговой, розовый, райграс высокий и др.
Среднелетники	4-6 лет	2-3 год	Рыхлокустовые мезофиты, люцерна синегиб-ридная, эспарцет
Долголетники	7 и более лет	3-4 год	Корневищные, плотнокустовые, рыхлокустовые ксерофиты, корнеотпрыс-

Завершается занятие проверкой правильности определения растений и контрольным определением 3-5 растений, предложенных преподавателем.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие типы растений выделяются по характеру побегообразования и строению корневой системы, какова их роль в смене растительного покрова лугов?
2. Перечислите самые распространенные многолетние злаковые травы в Самарской области и дайте им характеристику.
3. Как относятся многолетние бобовые растения к водному режиму, уровню плодородия почвы, световому и тепловому режимам?
4. Что такое тимпания, какие бобовые растения ее вызывают?
5. Перечислите самые распространенные многолетние бобовые растения в Самарской области, и дайте им характеристику.
6. Дайте определение и назовите представителей хозяйственно вредных растений.
7. Какие растения считаются ядовитыми и почему? Приведите примеры.

Таблица 7

Биологические особенности культурных многолетних злаков

№ п/п	Название	Латинское название	Тип кущения	Тип облиственности	Долголетие	Скороспелость	Год полного развития	Отавность
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Таблица 8

Экологические особенности, кормовая и хозяйственная оценка культурных многолетних злаков

Название растений	тношение к условиям увлажнения, поемность	Место возделывания (зона, почвы)	Урожай сухой массы, ц/га, кормовые достоинства
1	2	3	4

Таблица 9

Морфологические, биологические и экологические особенности и хозяйственная оценка многолетних бобовых трав

№ п/п	Название растений (русское и латинское)	Характер стебля, высота, см	Строение листьев	Тип соцветия, окраска цветков	Долголетие	Отавность	Отношение к условиям увлажнения, поемность	Место возделывания (зона, почвы)	Урожай сухой массы, ц/га	Кормовая характеристика
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Тема 3. Природные кормовые угодья, их классификация и инвентаризация

Задание 1. Ознакомиться с классификацией кормовых угодий.

Пояснение к заданию. Существуют два направления в классификации: фитоценологическое (геоботаническое) и фитотопологическое (по рельефу местности). Впервые принципы фитотопологической классификации лугов были изложены В. Р. Вильямсом. Позднее эти принципы были положены в основу классификации А. М. Дмитриевым (табл. 10).

Таблица 10

Классификация лугов по Дмитриеву А.М.

Класс	Группа	Наименование луга
Луга лесолуговой зоны		
I	**Луга материковые**	
	1	Судольные луга
	2	Низинные луга
II	**Луга поемные**	
	1	Луга прирусловой поймы
	2	Луга центральной поймы
	3	Луга притеррасной поймы
Луга степной зоны		
I	**Материковые степные луга**	
	1	Степные луга междолинных пространств
	2	Степные луга в пониженных частях рельефа
II	**Луга степных лиманов и озер**	
III	1	Луга прирусловой поймы
	2	Луга центральной поймы
	3	Луга притеррасной поймы

Подклассы отличаются друг от друга по типу коренной растительности (с перечислением характерных растений), рельефу, увлажнению и почвам.

Типы кормовых угодий выделяются с учетом конкретных условий местообитания и растительности.

Модификация является производным типа, выделяющимся по культурно-техническому состоянию, по сбитости пастбищ скотом, приводящей к изменению состава растительности. Угодья сенокосного использования обозначаются буквой А, сенокосно-пастбищного Б и В, буква В указывает на сбой растительности.

Задание 2. Провести инвентаризацию кормовых угодий хозяйства.

Инвентаризацией называют качественный и количественный учет природных и сеяных сенокосов и пастбищ.

Порядок выполнения задания. В целях правильной организации рационального использования естественных кормовых угодий, а также проведения мероприятий по их улучшению следует в каждом хозяйстве провести учет всех площадей сенокосов и пастбищ и дать им качественную оценку.

Перед началом практики студентам дается объяснение по характеристике типов кормовых угодий, сообщаются общие понятия о двух способах улучшения их состояния, системах мероприятий (культурно-технических, по регулированию водно-воздушного режима почвы, агротехнических).

Группа студентов разбивается на звенья по 4-5 человек. Каждому звену выдается бланк инвентарной описи лугов, определяют участки (контуры, которые звено должно обследовать и описать).

Для этого рассматривают план сельскохозяйственных угодий и на местности определяют местоположение отмеченных на плане контуров.

Внутри звена каждый студент должен быть занят определенным видом обследования (почвы, растительности, определения урожайности, культурно-технического состояния).

При составлении инвентарной описи следует обратить особое внимание на описание растительности. Нужно суметь определить видовой состав травостоев не только по цветущим растениям, но и по растениям, находящимся в ином вегетативном состоянии. Необходимо перечислить все встречающиеся в травостое виды (записать на обратной стороне бланка), определить их принадлежность к хозяйственно-ботаническим группам, выявить доминирующую по массе хозяйственную группу и дать название растительной группиров-

ке, поставив на последнее место эту преобладающую группу растений. Например, если в травостое преобладают злаки, то растительную группировку нужно назвать разнотравно-злаковой или бобово-разнотравно-злаковой.

Инвентарная опись природных кормовых угодий включает:

1. Местонахождение участка.
2. Номер контура на плане.
3. Площадь, га.
4. Вид угодья (по земельному плану).
5. Фактическое использование.
6. Рельеф.
7. Почвы (тип, механический состав, глубина гумусового горизонта).
8. Дернина (мощность, связность).
9. Условия увлажнения.
10. Растительность (основные группы и виды трав и участие их в травостое в %).
11. Тип луга.
12. Хозяйственное состояние. Древесно-кустарниковая растительность. Закустаренность, %. Закочкаренность, %. Высота кочек, см. Диаметр, см. Происхождение кочек. Общая оценка луга.
13. Урожай сухой массы, ц/га.
14. Рекомендуемые мероприятия по улучшению. Урожайность травостоя на контуре определяется укосным методом путем скашивания в разных местах четырех площадок площадью 1 м^2 каждая и взвешивания травы. Выход сена ориентировочно берут равным 1/4 или 1/5 от урожайности зеленой массы в зависимости от влажности травы и фазы развития доминирующих видов травостоя.

Результаты записывают по нижеприведенным формам (табл. 11, 12).

Таблица 11

Определение урожайности (укос с площадок 1 м^2)

Номер площадки	1	2	3	4	Итого, ц/га
Сырой вес					
Сухой вес					

Разбор укоса на хозяйственно-ботанические группы приводят по форме таблицы 12.

Таблица 12

Хозяйственно-ботанические группы

	Злаки	Бобовые	Осоки	Разнотравье	Ядовитые	Итого
Вес, г						
Доля участия в травостое, %						

По мощности дернина бывает слабой (толщина до 6 см), средней (6-12 см) и мощной (свыше 12 см).

Пункт 11 (тип луга) заполняют после определения рельефа участка, почвы, условий увлажнения, группового состава растительности, используя знания, полученные во время пояснения темы.

При оценке культуртехнического состояния луга отмечают залесенность (приблизительное количество деревьев на 1 га, породу, диаметр стволов), закустаренность (процент покрытия площади кустарниковой растительностью, вид, высоту кустарника), пнистость (число пней на 1 га, их диаметр), закочкаренность (процент покрытия площади кочками, их происхождение, высоту, диаметр), закаменность (куб. м на 1 га), состояние поверхности (наличие ям, воронок, канав) и другие особенности участка.

На основе анализа всех природных и хозяйственных особенностей участка студенты определяют его состояние (хорошее, удовлетворительное или плохое) и намечают мероприятия поверхностного или коренного улучшения с целью повышения его продуктивности.

Занятие завершается проверкой преподавателем правильности заполнения студентами инвентарной ведомости каждого звена.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличаются друг от друга классы, подклассы, группы и типы кормовых угодий?
2. Что такое инвентаризация?
3. Как заполняется инвентарная опись?
4. Как определить принадлежность трав к хозяйственно-ботаническим группам?
5. Как определяется хозяйственное состояние угодья?

Тема 4. Знакомство со способами заготовки кормов и с их соответствием ГОСТу

Задание. Ознакомиться с технологическими процессами заготовки сена, силоса, сенажа и травяной муки и их соответствии ГОСТу.

Пояснение к заданию. В соответствии с требованиями ГОСТа при заготовке сена многолетние и однолетние злаковые травы скашивают в фазе колошения, но не позднее начала цветения, бобовые – в фазе полной бутонизации, но не позднее массового цветения. Травостои, содержащие более 1% ядовитых растений, не пригодны для заготовки сена.

Высота среза при уборке на сено должна быть 5-7 см, а при использовании сеяных многолетних трав в первый год жизни и в следующий год на семена – 7-9 см.

При благоприятных условиях для сушки бобовые травы и бобово-злаковые смеси скашивают с одновременным плющением, в неустойчивую погоду его не проводят.

Высокоурожайные (свыше 150 ц/га зеленой массы), полеглые, перепутанные травостои скашивают ротационными навесными косилками КРН-2.1А и КПРН-3,0А.

Первое ворошение проводят по мере подсыхания верхнего слоя через 1,5-2 часа после скашивания, последующие – через 2-4 часа.

При снижении влажности бобовых трав до 55-60%, а злаковых до 50-55% массу из прокосов сгребают в валки и досушивают до влажности, соответствующей выбранной технологии заготовки сена.

От влажности травяной массы при уборке во многом зависит качество заготовляемого корма. ГОСТ предусматривает содержание влаги в сене не более 17%, в сенаже 40-55%, в силосе 60-75%, в травяной муке 8-12%. При такой влажности корм отличается не только высокой питательностью, но и хорошо хранится.

Поэтому необходимо органолептически определять влажность скошенной массы, чтобы своевременно приступать к последующим технологическим операциям. Это особенно важно при заготовке сена и сенажа (табл. 14).

Пользуясь шкалой, студенты определяют влажность скошенной массы на разных участках, где идет заготовка кормов (в поле, в

силосных и сенажных траншеях) и записывают показатели в форму, представленную в таблице 15

Таблица 14

Шкала для органолептического определения влажности скошенной массы

Влажность массы, %	Показатели
75-80	Трава свежая, стебли и листья упругие.
55-60	Листья трав становятся вялыми, за исключением верхней части растений, где они выглядят свежими.
45-50	Верхние листья трав сухие, нижние и средние сильно подсохшие, скрученные, но прочно удерживаются на стеблях, кожица легко отделяется от стеблей. При скручивании жгута выделяется влага.
30-35	Листья бобовых по всему растению скрученные, в нижней части сухие, листья злаковых в нижней части ломкие, со стебля еще соскабливается кожица. При скручивании жгута травы почти не выделяется влага, при ворошении она немного шуршит.
22-25	Пучок легко свивается в плотный гибкий жгут и выдерживает без разрыва многократное перекручивание.
17-20	При скручивании пучок не трещит, а только шуршит и кажется мягким. На ощупь дает легкое ощущение свежести, прохлады. При отпускании скрученного пучка раскручивается медленно.
не более 15	Пучок кажется жестковатым, теплым. При сгибании трещит, пучок сена скоро переламывается, а при отпускании быстро и почти до конца раскручивается.

При заготовке *рассыпного неизмельченного сена* полевой сушки траву скашивают, сгребают в валки, затем проводят копнение, стогование или скирдование с влажностью 17-18%.

При заготовке *рассыпного измельченного сена с досушиванием активным вентилированием* массу подбирают из валков при влажности 35-40% и измельчают на частицы размером 8-15 см. При досушке измельченной массы вначале на воздухораспределительную систему укладывают неизмельченную массу слоем 5-10 см, а затем измельченную слоем 1,5 м. При снижении влажности первого слоя массы до 25% укладывают очередной слой и сушку продолжают.

При затяжной ненастной погоде сено досушивают с использованием воздухонагревателей. Сено считается высушенным, если через трое-четверо суток после окончания вентилирования при включении вентиляторов на 30-40 мин не обнаруживаются выходящие потоки теплого воздуха.

При заготовке прессованного сена полевой сушки его прессуют при влажности 20-22% и плотности не более 130 кг/м^3 в лесостепной и 190 кг/м^3 в степной зонах.

При заготовке прессованного сена с досушиванием активным вентилированием массу прессуют в тюки при влажности 25-30% в лесостепной зоне и 30-35% в степной при плотности 110-120 кг/ м^3. Досушку сена с использованием подпольных вентиляционных установок начинают, когда слой тюков уложен в четыре яруса, а с использованием напольных – когда слой тюков превысит воздухораспределительную систему на 1,4-1,5 м. Длина штабеля должна быть не более 20 м, ширина 5-5,5 м, высота 6-7 м.

При производстве травяной муки и гранул используют сырье в свежескошенном виде, для рассыпной и брикетированной резки допускается использование сырья, провяленного до влажности 65%. Кормовая масса не должна иметь посторонних включений в виде земли, песка и т.д.

Продолжительность хранения оперативного запаса сырья от скашивания (подборки валков) до поступления в сушильный агрегат не должна превышать трех часов.

Температурный режим и скорость вращения сушильного барабана должны соответствовать эксплуатационной документации агрегатов.

Температура травяной муки на выходе из сушильного барабана должна быть не выше 65°С, гранул 90°С, брикетов 70°С.

Помещения для хранения травяных искусственно высушенных кормов должны быть темными, а их температура не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на 5°С.

При хранении мешки с травяной мукой укладывают на поддоны по два мешка в ряд в штабеля прямоугольной формы высотой до 2 м. Проходы между рядами должны быть 0,8-1 м, между штабелями и стенами склада 0,7 м, проходы для погрузочно-разгрузочных работ 1,25 м.

Для получения сенажа используют посевы многолетних и однолетних бобовых и злаковых трав в чистом виде и их смеси. Многолетние бобовые травы скашивают в фазе бутонизации, не позднее начала цветения; однолетние бобовые – не позднее фазы образования бобов в двух-трех нижних ярусах; злаковые – в конце фазы выхода в трубку, но не позднее начала колошения.

Травы скашивают косилками в валок или прокос, чтобы не допустить загрязнения массы землей. Линейная плотность массы свежескошенной травы в валке не должна превышать 10-12 кг/м, ширина валка 1,25 м, высота среза растений 5-7 см.

Ворошение проводят граблями-ворошилками.

Массу из валков подбирают с одновременным измельчением до 30 мм и погрузкой при влажности 40-55%.

Разгружают массу на площадке с твердым покрытием у торцевой стороны траншеи или с эстакад.

Уплотняют сенажную массу гусеничными тракторами. Качество уплотнения контролируют по температуре массы. При повышении температуры более 37°С трамбовку усиливают.

Длительность загрузки хранилища не должна превышать трех-четырех дней.

После заполнения траншеи утрамбованную и выровненную на поверхности сенажную массу тщательно герметизируют полиэтиленовой пленкой. Полотнище должно быть на 1,5-2 м больше длины и ширины укрываемой поверхности корма. Пленку заделывают по краям траншеи и прижимают по всей поверхности тюками соломы, слоем опилок, земли и др. На каждое хранилище составляют паспорт.

Заготовка силоса производится из зеленой массы свежескошенных или провяленных растений, убранных в оптимальные фазы вегетации (таблица 144).

Высота скашивания для высокостебельных культур – не более 12 см, травянистых растений 5-7 см.

Длина резки растений (кроме кукурузы в фазе восковой спелости зерна) при влажности 70% и ниже составляет 30 мм, при влажности 71-75% – до 40 мм, выше 75% – до 50 мм. Потери зеленой массы при кошении и загрузке не должны превышать 3%.

Дно продезинфицированных траншей перед заполнением их зеленой массой выстилают соломой слоем 40-50 см.

Свежескошенную массу трудносилосующихся и несилосующихся многолетних и однолетних трав влажностью выше 70% необходимо силосовать с использованием химических консервантов, мелассы или смешивать с легкосилосующимися культурами.

При силосовании зеленой массы кукурузы, подсолнечника и других крупностебельных растений влажностью выше 75% для поглощения сока и повышения содержания сухого вещества добавляют измельченную солому.

В верхний слой толщиной 30-40 см для лучшего уплотнения и уменьшения поступления воздуха в силосную массу солому не добавляют.

Укрытие траншей производят так же, как и сенаж, только перед наступлением заморозков. Траншеи с силосом укрывают поверх пленки рассыпной соломой слоем 50-60 см или прессованной в один тюк для предотвращения промерзания.

Для защиты от повреждения грызунами (если есть зерно в корме) по ее поверхности рассеивают известь-пушонку.

Порядок выполнения задания. Знакомство студентов с хронологией заготовки различных видов кормов проводится на опытном поле кафедры на тех участках, где идет уборка кормовых культур на сено, сенаж, травяную муку, силос.

При осмотре скашиваемых травостоев с помощью преподавателя собираются необходимые сведения о времени и качестве скашивания кормовых культур, об очередности операций и технике, используемой при заготовке разных видов кормов. Полученные сведения записывают в таблицу 15.

Таблица 15

Технологические схемы заготовки кормов

Вид корма	Технологическая схема (очередность операций при заготовке корма)	Марки машин и агрегатов, используемых при выполнении операций, и их основные регулировки

В заключение занятия преподаватель проверяет оформление студентами записей и задает несколько контрольных вопросов по существу выполненных ими заданий.

Вопросы для самоконтроля

1. От чего зависит питательность сена и как сушка влияет на данный показатель?
2. Чем будет отличаться сено, убранное с естественных и с культурных сенокосов?
3. Какая основная потеря сена происходит при его транспортировке?
4. Из каких растений заготавливают сено?
5. Из каких растений заготавливают сенаж?
6. Основной способ заготовки сенажа.
7. Какие культуры подходят для заготовки силоса?
8. Расскажите технологию заготовки силоса.
9. Что делают, если влажность силосной массы выше стандартной?
10. В какую фазу убирают кукурузу на силос?

Словарь терминов (глоссарий)

1. *Ассоциация* – низшая единица классификации. Это совокупность фитоценозов, имеющая более или менее одинаковый внешний облик, сходный флористический состав, одни и те же доминирующие виды.

2. *Агробиогеоценозы* – (агро – поле, пашня, био - жизнь, гео – земля, ценоз – сообщество) – это природный комплекс, преобразованный человеком для выращивания культурных растений.

3. *Биоценоз* – совокупность растений и животных организмов (животных, насекомых, микроорганизмов).

4. *Биогеоценозы* – совокупность растений, всех других живых организмов и объектов неживой природы.

5. *Геоботаническое обследование* – это описание растительности и почв сенокосов и пастбищ.

6. *Группа типов кормовых угодий* – средняя таксономическая единица классификации. Представляет совокупность объединяемых типов кормовых угодий со сходными условиями увлажнения, гранулометрического состава или степени засоления почв и экологически близкими растительными сообществами и характеризуется более узкими, чем в подклассе, колебаниями экологических условий и особенностей растительности.

7. *Дернина* – верхняя часть почвы, интенсивно пронизанная корнями.

8. *Класс* кормовых угодий – высшая таксономическая единица классификации, которая объединяет в пределах природной зоны сенокосы и пастбища по общности зональных климатических, геоморфологических, почвенных условий, растительного покрова.

9. *Культуртехническое обследование* – это оценка сенокосов и пастбищ на наличие кустарника, кочек, пней, камней, деревьев, ядовитых и вредных растений и на степень сбитости пастбищ.

10. *Луга* – биогеоценозы, т.е. биокосные системы, состоящие из сообщества организмов (биоценоз) и свойственной ему косной среды (экотип).

11. *Модификация* типа кормового угодья – участки кормовых угодий, растительный покров которых изменяется в результате хозяйственного использования.

12. *Подкласс* кормовых угодий – крупная таксономическая единица классификации, объединяющая природные кормовые угодья, сходные по рельефу, степени увлажнения, типу почв и их гранулометрическому составу, засоленности.

13. *Тип* кормового угодья – сравнительно мелкая таксономическая единица классификации. Характеризуется однородностью экологических условий, одинаковыми условиями почвообразования, увлажнения, водно-солевого режима и сходными растительными сообществами по доминантам (субдоминантам) и растениям – индикаторам, одинаково реагирующими на особенности использования, мелиорации.

14.*Фитоценозы* – (фитон – растение, ценоз – сообщество) совокупность растений, обитающих на одном участке земной поверхности, с только им свойственными взаимоотношениями как между собой, так и с условиями обитания и поэтому создающими свою особую среду, фитосреду.

15. *Фитотопологическое* направление заключается в том, что в основу подразделения на классы положены изменения в свойствах кормовых угодий внутри каждой зоны под влиянием рельефа, типа почв, гранулирометрического состава, условий увлажнения и т.д.

16. *Фитоценологическое* направление в классификации природных кормовых угодий состоит в том, что на основе флористического состава и строения фитоценоза (соотношение видов) выделяют растительные ассоциации, которые затем по сходным ботаническим и эколого-морфологическим признакам объединяют в более крупные группы (луга злаковые, злаково-разнотравные, осковые и др.).

Рекомендуемая литература

1. Уваров, Г. И. Кормопроизводство. – М. : ОАО «ЦКБ БИБКОТ», 2014, – 245 с.

2. Шелютто, Б. В. Пастбищное хозяйство : учеб. пособие/ Б. В. Шелютто, А. А. Шелютто. – Минск : Новое звание ; М.: ИНФРА – М, : 2011. – 184 с.

3. Растениеводство / Под. ред. В. Г. Васина. – Самара : РИЦ СГСХА, 2009. – 528 с.

4. Киселева, Л. В. Дикорастущие растения сенокосов и пастбищ Среднего Поволжья / Л. В. Киселева, А. А. Васина. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 140 с.

5. Надежкин, С. Н. Практикум по кормопроизводству с основами тестового контроля знаний. – М. : Мир, 2005. – 336 с.

6. Парахин, Н. В. Кормопроизводство / Н. В. Парахин, И. В. Кобозев, И. В. Горачев [и др.]. – М. : Колос, 2006. – 432 с.

7. Петрушкина, А. С. Улучшение природных кормовых угодий / А. С. Петрушкина, С. И. Кошелев, С. Н. Зудилин. – Кинель : 2006. – 55 с.

8. Васин, В. Г. Производство кормов для молочных комплексов / В. Г. Васин, В. И. Зотиков, А. А. Васина. – Орел, 2012. – 247 с.

Приложение 1

Образец титульного листа дневника по учебной практике

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

ДНЕВНИК

по учебной практике
по кормопроизводству

Кафедра _____
Ф.И.О _____
_____

Курс _____ Группа _____

Ф.И.О, ученая степень и ученое звание руководителя
_____

Правила ведения дневника

1. Дневник о прохождении учебной практики является основным документом, по которому студент отчитывается о выполнении поставленных задач.
2. В течение практики в дневник заносится все, что делал студент в дни практики.
3. Записи о работе и наблюдениях ведутся в таблице:

Дата	Содержание выполненной работы	Примечания	Подпись руководителя
1	2	3	4

4. На основании дневника студент пишет отчет и вместе с дневником в установленный срок сдает руководителю практики.
5. После проверки дневника и отчета руководитель практики ставит зачет. Если студент по той или иной причине не выполнил поставленных задач, пропускал дни практики, небрежно вел дневник, не написал отчет, то зачет по учебной практике он не получает.

Приложение 2

Образец титульного листа дневника по учебной практике

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

ОТЧЕТ

по учебной практике
по кормопроизводству

Кафедра _____
Ф.И.О студента _____
_____
Курс _____ Группа _____

Ф.И.О, ученая степень и ученое звание руководителя
_____

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по прохождению учебной практики по кормопроизводству

Киселева Людмила Витальевна,
Васина Александра Александровна

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Лесоводство, экология и
безопасность жизнедеятельности»

Е.В. Самохвалова

ОРГАНИЗАЦИЯ СТАЦИОНАРНЫХ И ПОЛЕВЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ. АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕКУЩЕГО ГОДА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для прохождения учебной практики по дисциплинам
«Метеорология и климатология» и «Агрометеорология»

Кинель
РИЦ СГСХА
2013

УДК 551.58(07) : 630
ББК 40.2 я7
С-17

Самохвалова, Е. В.
С-17 Организация стационарных и полевых метеорологических наблюдений. Анализ метеорологических условий текущего года. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2013. – 44 с.

Методические указания предназначены для использования студентами агрономического факультета при выполнении заданий учебной практики по дисциплинам «Агрометеорология» и «Метеорология и климатология».

Методические указания предназначены для студентов агрономического факультета, обучающихся по направлениям 110400.62 «Агрономия» и 110500.62 «Садоводство».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2013
© Самохвалова Е.В., 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 4
1 Техника безопасности 6
2 Стационарные метеорологические наблюдения 7
3 Полевые метеорологические наблюдения 8
4 Микроклиматическая маршрутная съемка 13
5 Анализ метеорологических условий текущего года 17
Приложения 19
Рекомендуемая литература 42

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебная практика является продолжением изучения курса дисциплин «Агрометеорология» и «Метеорология и климатология» в полевых условиях студентами очного отделения. Цель практики – закрепление знаний и приобретение практических навыков организации полевых и стационарных метеорологических наблюдений, проведения микроклиматической съемки территории, обработки результатов наблюдений и оценке складывающихся метеорологических условий текущего года.

Учебная практика производится в соответствии с рабочей программой и способствует формированию следующих профессиональных компетенций:

- использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- способности к обобщению и статистической обработке результатов полевых и лабораторных исследований, формулированию выводов.

Работа во время учебной практики осуществляется звеньями по 5-6 человек. Каждый участник несет ответственность за работу звена в целом. В обязанности звеньевого входит получение под роспись комплекта приборов и оборудования для работы, распределение обязанностей между членами звена и руководство действиями звена в соответствии с данными методическими указаниями.

По результатам учебной практики студенты составляют письменный отчет (один на звено), который является основанием для зачета практики с записью в зачетную книжку.

Отчет оформляется в тетради в клетку (8-12 л). Форма титульного листа отчета приведена в приложении 1. Составляется отчет из введения, пяти глав, приложений и списка используемой литературы. Каждый раздел начинается с новой страницы.

Во введении приводятся следующие сведения:

- сроки и место прохождения практики;
- должность, фамилия, имя и отчество руководителя практики;
- состав звена с указанием звеньевого.

В приложения включаются оформленные бланки наблюдений и таблицы исходных данных для анализа погодных условий текущего года. Закрепляются приложения в отчет с помощью степлера или клея.

В список используемой литературы включаются данные методические указания и другие изучаемые материалы в ходе прохождения практики.

На последней странице оформляется дневник прохождения практики по форме, приведенной в приложении 2.

1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Изучение правил безопасности – обязательное требование при проведении любых работ, мероприятий и пр., нацеленное на обеспечение здоровья и работоспособности их участников.

Учебная практика студентов организуется в полевых и камеральных условиях. Для безопасности ее участников требуется определенная форма одежды, соблюдение правил передвижения на маршруте и работы с приборами и оборудованием.

Задание 1

Изучить инструкцию по технике безопасности при проведении полевых и камеральных работ (прил. 3). Указать в отчете о практике основные правила по следующему плану:

- форма одежды;
- поведение на маршруте;
- работа с приборами и оборудованием.

2. СТАЦИОНАРНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

В нашей стране деятельность в области гидрометеорологии, мониторинг окружающей природной среды, ее загрязнения, предоставление информации потребителям осуществляет Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Работает она с целью получения и обеспечения отраслей экономики страны информацией о метеорологических условиях в пункте наблюдений, составления разных видов метеорологических прогнозов и предупреждений об ожидаемых неблагоприятных и опасных природных явлениях, оповещения организаций, а также для накопления и обобщения объективных данных о метеорологическом режиме и климате территории.

Неотъемлемой частью гидрометслужбы любого государства является сеть пунктов приземных метеорологических наблюдений (станций и постов), осуществляющих круглосуточные метеорологические наблюдения и передачу данных в региональные

гидрометеорологические центры. Работа станций осуществляется под контролем Росгидромета в соответствии с Наставлениями гидрометеорологическим станциям и постам [11] и другими руководящими документами.

Задание 2.1

Изучить организационно-методические основы приземных метеорологических наблюдений [11, стр. 5-19].

Указать в отчете о практике.

- Основные требования к построению наблюдательной сети.
- Основные требования к организации и производству наблюдений.
- Устройство метеорологической площадки.

Кроме наблюдательной сети Росгидромета существуют сети станций и постов в других ведомствах, при опытных хозяйствах, на курортах, на транспорте и т.п. Их деятельность осуществляется по лицензии Росгидромета.

В п.г.т. Усть-Кинельский метеорологические наблюдения осуществляются с 1905 г. (станция Кинель). За время работы станции несколько раз менялась ведомственная принадлежность, программа работ, местоположение наблюдательной площадки и даже название. С 1991 г. – это ведомственная агрометеорологическая станция «Усть-Кинельская» второго разряда Самарской ГСХА.

Станция «Усть-Кинельская» проводит метеорологические и агрометеорологические наблюдения с целью информационного обеспечения научно-исследовательской работы студентов, аспирантов и сотрудников академии. Деятельность станции осуществляется в соответствии с требованиями лицензии Росгидромета и регламентируется разработанными гидрометслужбой РФ руководящими документами.

Задание 2.2

Познакомиться с организацией работы агрометеорологической станции «Усть-Кинельская» (экскурсия на метеоплощадку).

Указать в отчете основные сведения по следующему плану:

- Цель организации метеонаблюдений в ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА;
- Материально-техническая база станции;
- Штат сотрудников;
- Программа наблюдений;
- Режим наблюдений;
- Расположение и размер метеоплощадки;
- Порядок размещения приборов на площадке (чертеж и пояснения к нему);
- Требования к содержанию площадки.

3. ПОЛЕВЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Сеть гидрометеорологических станций состоит из системы основных станций, которые отражают общий фон климатообразующих факторов региона, а также станций и постов для учета местных особенностей метеорологического режима и климата территории. В настоящее время наблюдательная сеть Самарской области (территория 53,6 тыс. кв. км) состоит из 12 станций и 21 поста, из которых 3 – метеорологические, 17 – гидрологические, 1 – агрометеорологический. Таким образом, один пункт наблюдений приходится в среднем более чем на 1,5 тыс. кв. км.

Вместе с тем неоднородность подстилающей поверхности вызывает различия в ходе метеорологических элементов даже на близко расположенных участках. Влияние рельефа, растительности, состояния почвы, близости водоемов и других особенностей подстилающей поверхности формируют определенный микроклимат той или иной территории.

Например, температура воздуха днем на южных склонах выше, а в котловинах ночью ниже, чем на ровном открытом месте; на лесных полянах продолжительность безморозного периода меньше, а на побережье водоемов больше по сравнению с открытым местом. Микроклиматические особенности распространяются по вертикали до 1,5-2 м, но больше выражены они у поверхности почвы.

Поэтому сведения о микроклимате представляют большой интерес для сельскохозяйственного производства. С целью наиболее

эффективной организации производства в хозяйствах, на отдельных участках местности, конкретных полях возникает необходимость, наряду с использованием данных ближайшей метеорологической станции, изучения микроклиматических особенностей территории.

Для изучения микроклимата территории проводятся микроклиматические съемки, т.е. одновременные метеорологические наблюдения через определенные промежутки времени (30 мин, 1 ч) на участках с различной подстилающей поверхностью (лесная полоса, южные и северные склоны и др.), а также на посевах различных сельскохозяйственных культур или с различной агротехникой.

Для сельскохозяйственного производства очень важно знать особенности термического режима и условий увлажнения в приземном слое воздуха. Поэтому во время микроклиматических съемок на изучаемых участках измеряют:

1. температуру и влажность воздуха на двух уровнях: 0,5 и 1,5 м;
2. температуру почвы на поверхности и на глубине 10 см;
3. приход и расход лучистой энергии;
4. скорость ветра;
5. определяют облачность и атмосферные явления.

Задание 3

Организовать и произвести полевые метеорологические наблюдения на участке вблизи метеорологической площадки станции «Усть-Кинельская» с 8 до 19 ч одного из дней практики с интервалом 1 ч. Записать результаты наблюдений в таблицу (форма в приложении 5), обработать данные измерений и дать анализ изменения метеовеличин в течение светового дня.

Порядок проведения наблюдений – последовательное дежурство звеньев:

1 звено – с 8 до 10 ч;
2 звено – с 11 до 13 ч;
3 звено – с 14 до 16 ч;
4 звено – с 17 до 19 ч.

3.1. Заступающее на дежурство звено приходит на наблюдательный участок за 1 ч до начала наблюдений и получает комплект метеорологических приборов и оборудования, а также бланков. Первое звено получает материалы у лаборанта кафедры с

отметкой в журнале выдачи приборов и оборудования, последующие звенья – у предыдущих. Звеньевой звена, заступающего на дежурство и получающего материалы, ставит свою подпись на бланке сдачи-приема дежурств в графе «Принял» с указанием времени. По окончании всех наблюдений четвертое звено сдает комплект приборов и оборудования лаборанту кафедры с отметкой в журнале выдачи приборов и оборудования.

Комплект приборов и оборудования:

1) люксметр Ю-16;
2) аспирационный психрометр в комплекте с пипеткой, ветровой защитой, банкой с водой;
3) термометр-щуп АМ-6;
4) анемометр ручной чашечный;
5) стойки для установки приборов и крючок;
6) стол, стул, зонт.

Печатные материалы:

1) бланк сдачи – приема дежурств (прил. 4);
2) бланк для записи результатов полевых наблюдений (прил. 5);
3) Атлас облаков [12].

3.2. Порядок организации наблюдательного участка.

- Выбрать место и укрепить в почве стойки для установки приборов по линии восток-запад на расстоянии 1 м.
- С южной стороны от стоек на расстоянии 1 м установить термометр-щуп на глубину 10 см.
- На первую стойку (с восточной стороны) подвесить на крючке аспирационный психрометр на высоте 1,5 м.
- На второй стойке установить ручной анемометр чашечный.

3.3. Последовательность действий на дежурстве.

- Начинать наблюдения нужно за 15 мин до срока наблюдений.
- Провести наблюдения ручным анемометром чашечным (3 повторности по 100 с).
- Произвести смачивание и завод аспиратора психрометра (при установке его на высоте 1,5 м). Через 4 мин после этого снять

отсчеты сухого и смоченного термометров.

- Произвести повторное смачивание и завод аспиратора психрометра и установить его на крючке на высоте 0,5 м. Через 4 мин после этого снять отсчеты сухого и смоченного термометров.
- Снять показания термометра-щупа.
- Визуально определить количество в баллах и форму облачности (общей и нижней), а также атмосферные явления.
- Держа фотоэлемент люксметра в южном направлении относительно наблюдателя на высоте 1,5 м над землей, снять показания измерительного прибора.

3.4. Запись и обработка результатов наблюдений.

- Результаты наблюдений вносятся в соответствующие строки выданного бланка в графу «Отсчет» (прил. 5).
- Запись форм облачности и атмосферных явлений производится в соответствии с таблицами (прил. 6).
- Для определения скорости ветра рассчитать разницу отсчетов ручного анемометра чашечного и число делений за 1 с. для каждой повторности наблюдений, затем получить среднее значение. Определить скорость ветра с помощью графика в приложении 7.
- Для определения величины освещенности измеренное значение умножить на цену деления (предел измерения, деленный на общее число делений на шкале) и на поправочный коэффициент на источник света (для естественного света – 0,8). При измерении с поглотителем полученную величину умножают еще на 100.
- В показания психрометрических термометров ввести шкаловые поправки (поверочные свидетельства в приложении 8).
- По температурам сухого (t) и смоченного (t') термометров определить относительную влажность воздуха (f) по психрометрическому графику (прил. 9).

3.5. Оформление результатов наблюдений.

- Оформить и заполнить таблицу 1. В таблицу внести данные наблюдений за все сроки (полученные всеми звеньями). Сроки наблюдений своего звена выделить в кружок или цветом.
- Вертикальные градиенты температуры ($\frac{\Delta t}{\Delta z}$) и относительной

влажности ($\frac{\Delta f}{\Delta z}$) рассчитать по формулам:

$$\frac{\Delta t}{\Delta z} = t_{1,5м} - t_{0,5м} \qquad \text{и} \qquad \frac{\Delta f}{\Delta z} = f_{1,5м} - f_{0,5м}$$

3.6. Анализ результатов наблюдений

- Построить графики изменения метеорологических величин в течение периода наблюдений группы, т.е. с 7 до 19 ч (прил. 10).
- Сделать выводы о выявленных закономерностях изменения метеовеличин и их вертикальных градиентов.

Анализируемые метеовеличины:

1) температура воздуха на высоте 1,5 м;
2) температура воздуха на высоте 0,5 м;
3) температура почвы на глубине 10 см;
4) относительная влажность воздуха на высоте 1,5 м;
5) относительная влажность воздуха на высоте 0,5 м;
6) освещенность земной поверхности;
7) облачность;
8) скорость ветра.

Таблица 1

Результаты полевых наблюдений ___ июля 20___ г.

Характеристика	Срок наблюдений, ч											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Освещенность поверхности, лк												
Температура воздуха на высоте 1,5 м, °С												
Температура воздуха на высоте 0,5 м, °С												
Вертикальный градиент температуры воздуха, °С/1 м												
Влажность воздуха на высоте 1,5 м, %												
Влажность воздуха на высоте 0,5 м, %												
Вертикальный градиент влажности воздуха, %/1 м												
Температура почвы на глубине 10 см, °С												
Скорость ветра, м/с												
Облачность, балл												
Атмосферные явления												

4. МИКРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ МАРШРУТНАЯ СЪЕМКА

Для изучения микроклимата сравнительно больших территорий, а также микроклиматических особенностей на посевах сельскохозяйственных культур может быть осуществлена микроклиматическая маршрутная съемка.

Микроклиматическая маршрутная съемка заключается в том, что наблюдатель с комплектом приборов обходит последовательно ряд точек и делает соответствующие наблюдения на одной определенной высоте. Для уменьшения ошибок, которые могут возникнуть в результате неодновременности наблюдений, выбранный маршрут

проходят дважды. Измерения в каждой точке (кроме последней) проводят по ходу «туда» и «обратно» и вычисляют средние значения метеовеличин из двух отсчетов.

Задание 4

Произвести микроклиматические маршрутные наблюдения на трех участках территории с различной подстилающей поверхностью с интервалом 30 мин. Записать результаты наблюдений в таблицы (прил. 11), обработать данные измерений и осуществить сравнительный анализ метеовеличин на разных участках.

Порядок проведения наблюдений – одновременная работа звеньев на маршруте.

4.1. Получить у лаборанта кафедры под роспись комплект метеорологических приборов и оборудования, а также бланков.

Комплект приборов и оборудования:

1) аспирационный психрометр в комплекте с пипеткой, ветровой защитой, банкой с водой;
2) термометр-щуп АМ-6;
3) анемометр ручной чашечный;
4) стойка для установки приборов и крючок.

Печатные материалы: бланк для записи результатов наблюдений (прил. 11).

4.2. Порядок организации наблюдательного участка.

- Выбрать место и укрепить в почве стойку для установки приборов.
- С южной стороны от стойки на расстоянии 1 м установить термометр-щуп на глубину 10 см.

4.3. Последовательность действий на маршруте.

- Начинать наблюдения нужно за 10 мин до срока наблюдений.
- Установить на стойку ручной анемометр чашечный и снять его показания (3 повторности по 100 с).
- Сняв анемометр подвесить на стойке на крючке аспирационный психрометр (на высоте 1,5 м). Произвести смачивание и завод

аспиратора психрометра. Через 4 мин после этого снять отсчеты сухого и смоченного термометров.

- Снять показания термометра-щупа.
- Визуально определить количество в баллах и форму облачности (общей и нижней), а также атмосферные явления.
- Упаковать приборы для движения, вынуть стойку и продолжать движение по маршруту.

4.4. Запись и обработка результатов наблюдений.

- Результаты наблюдений вносятся в соответствующие строки выданного бланка в графу «Отсчет».
- Запись форм облачности и атмосферных явлений производится в соответствии с таблицей (прил. 6).
- Для определения скорости ветра необходимо рассчитать разницу отсчетов ручного анемометра чашечного и число делений за 1 с для каждой повторности наблюдений, затем получить среднее значение по всем повторностям на данном пункте наблюдений. Определить скорость ветра с помощью графика (прил. 7).
- Рассчитать средние температуры по имеющимся повторностям на каждом наблюдательном участке. В показания психрометрических термометров ввести шкаловые поправки (поверочные свидетельства в приложении 8).
- По температурам сухого (t) и смоченного (t') термометров определить относительную влажность воздуха (f) по психрометрическому графику (прил. 9).

4.5. Оформление результатов наблюдений.

- Оформить и заполнить таблицу 2.

Таблица 2

Результаты микроклиматической маршрутной съемки
____ июля 20__ г.

Характеристика	Наблюдательный участок		
	1	2	3
Температура воздуха на высоте 1,5 м, ℃			
Относительная влажность воздуха, %			
Температура почвы на глубине 10 см, ℃			
Скорость ветра, м/с			
Облачность, форма и балл			
Атмосферные явления			

- Дать краткую характеристику наблюдательных участков с указанием следующих сведений:
  - экспозиция и крутизна склона;
  - расстояние до лесополосы, реки и других влияющих объектов;
  - вид подстилающей поверхности;
  - тип почвы.

4.6. Анализ результатов наблюдений.

- Сопоставить данные наблюдений пунктов с разным характером подстилающей поверхности и сделать выводы:
  - о влиянии рельефа, лесонасаждений и водоема на температуру и влажность воздуха, на скорость ветра;
  - о влиянии характера подстилающей поверхности и типа почвы на температуру почвы;
  - о преимуществах и недостатках микроклимата отдельных участков с различной подстилающей поверхностью для растений.

Анализируемые метеовеличины:

1) температура почвы на глубине 10 см;
2) температура воздуха на высоте 1,5 м;
3) относительная влажность воздуха;
4) скорость ветра.

5. АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕКУЩЕГО ГОДА

Для составления описания метеорологических условий используют данные наблюдений метеорологических станций или постов за текущий год и многолетние средние значения, которые при определенных условиях можно считать нормами.

Задание 5

Проанализировать сложившиеся в текущем году метеорологические условия осенне-зимнего периода и начавшегося периода весенне-летней вегетации и сделать выводы о степени их благоприятности для сельскохозяйственных и плодово-ягодных культур.

5.1. Получить у руководителя практики исходные данные для анализа (прил. 12).

5.2. Построить графики изменения температуры воздуха и высоты снежного покрова по месяцам осенне-зимнего периода, а также температуры воздуха и количества осадков по декадам периода весенне-летней вегетации (прил. 13).

5.3. Дать характеристику метеорологических условий текущего года и оценку их влияния на растения (справка в приложении 14) с указанием следующих сведений.

Осенне-зимний период

- Режим осеннего похолодания и влияние его на процесс закаливания растений.
- Влагообеспеченность растений осенью и влияние ее на состояние растений.
- Режим накопления снежного покрова и промерзания почвы зимой.
- Характеристика суровости зимы по минимальной температуре воздуха в соответствии с таблицей П.15.1 (прил. 15).
- Прогноз перезимовки озимой пшеницы и ржи в соответствии с графиками (рис. П.15.1, прил. 15). Расчет температуры почвы на глубине узла кущения (t_3) произвести по данным минимальной температуры воздуха за зиму (t) и глубины промерзания почвы в этот месяц (H) по одной из формул в зависимости от высоты

снежного покрова в тот же месяц (h):

при h = 5 см – $t_з = 0{,}64 \cdot t - 0{,}07 \cdot H + 5{,}2$;

при h = 10 см – $t_з = 0{,}15 \cdot t - 0{,}06 \cdot H + 0{,}48$;

при h = 15 см – $t_з = 0{,}17 \cdot t - 0{,}06 \cdot H + 1{,}9$;

при h = 20 см – $t_з = 0{,}12 \cdot t - 0{,}05 \cdot H + 1{,}56$.

- Рекомендации о проведении агротехнических мероприятий на посевах озимых весной.

Период весенне-летней вегетации

- Сроки начала вегетационного периода и периода активной вегетации (по датам перехода температуры воздуха через 5 и 10°С).
- Темпы весеннего нарастания температур и их влияние на растения.
- Увлажнение почвы весной и влагообеспеченность растений (относительно предельной полевой влагоемкости тяжелосуглинистых почв, равной 180 мм).
- Прогноз обеспеченности теплом вегетационного периода выполняется по формуле:

$$\sum t_{акт} = -31{,}82 \cdot D + 3450 ,$$

где D – число дней от 1 апреля до даты перехода температуры воздуха через 10°С.

- Оценка теплообеспеченности вегетационного периода относительно среднемноголетней суммы активных температур (в Кинельском районе 2550°С) и рекомендации по выбору сортов для посева (посадки) поздних культур.
- Прогноз урожайности озимой пшеницы рассчитывается по формуле:

$$Y = 0{,}059 \cdot W_{вес} + 0{,}024 \cdot n - 2{,}97 ,$$

где $W_{вес}$ – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в декаду возобновления вегетации (мм);

n – число стеблей, сохранившихся после перезимовки на 1 кв. м.

Приложение 1

Форма титульного листа отчета о практике

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Лесоводство, экология и безопасность жизнедеятельности»

ОТЧЕТ
о практике по дисциплине

_____

наименование

Выполнили: студенты _____
факультет, курс

_____
ФИО

_____

Проверил: _____
должность, ФИО

Самара20___

Приложение 2

Форма дневника прохождения практики

Дневник прохождения практики

Дата	Наименование раздела практики	Вид работы	ФИО участников звена

Приложение 3

Инструкция по технике безопасности

1. Переходить автомобильные магистрали следует только по специально оборудованным пешеходным переходам, соблюдая все меры предосторожности.
2. Строго запрещено отлучаться от группы без разрешения преподавателя.
3. Запрещено пробовать на вкус растения, грибы.
4. Не рекомендуется без особой надобности залезать в непроходимые чащи низкорослого кустарника (малина, ольха, орешник и т.д.)
5. Перемещаясь по лесной дороге, не срывайте веток (этим действием, вы стряхиваете на себя с основного куста клещей).
6. Ноги должны быть полностью прикрыты (не рекомендуются шорты).
7. Спортивные штаны, трико (желательно с гладкой поверхностью) должны быть заправлены в носки.
8. Обязательно наличие головного убора (кепка, платок).
9. Длинные волосы желательно спрятать под головной убор.
10. Не следует находиться на открытом солнце без головного убора.
11. При первых признаках недомогания сообщить об этом преподавателю.
12. Запрещено пить сырую воду из естественных водоемов.
13. Запрещено купаться в водоемах.
14. Строго запрещено употребление спиртных напитков.
15. Форма одежды должна соответствовать погодным условиям (в случае дождя иметь при себе зонт или дождевик).
16. Особую осторожность необходимо соблюдать при работе у линий электропередач.
17. Категорически запрещается курить на полях, засеянных культурными растениями и в лесу.
18. Нельзя укрываться от грозы под деревьями. Металлические предметы (лопаты, копалки, ножи и др.) обязательно положить в сторону от себя.

19. Соблюдать осторожность при переноске метеорологических приборов (ртутных термометров, психрометра, анемометра и др.) и средств для их установки (стоек, крючков) и работе с ними.
20. При переноске стоек держать их наконечником вниз.
21. Приборы переносить только в специально предусмотренных коробках.
22. В случае обнаружения нарушения целостности стеклянных частей приборов сразу же сообщить преподавателю.
23. Приборы использовать только в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Приложение 4

Форма журнала сдачи-приема дежурств

Журнал сдачи-приема дежурств

Дата и время	ФИО и подпись наблюдателя		Замечания по содержанию метеорологического оборудования на станции
	Сдал дежурство	Принял дежурство	

Приложение 5

Форма таблиц для записи результатов полевых метеорологических наблюдений

Таблица П.5.1

Характеристика			Срок наблюдений, ч								
			отсчет	поправка	исправл. значение	отсчет	поправка	исправл. значение	отсчет	поправка	исправл. значение
Освещенность поверхности, лк											
Температура, °С	воздух высота 1,5 м	сухой									
		смоченный									
	воздух высота 0,5 м	сухой									
		смоченный									
	почва	глубина 10 см									
Относительная влажность воздуха, %		высота 1,5 м									
		высота 0,5 м									
Облачность, форма и балл											
Атмосферные явления											

Таблица П.5.2

Срок наблюдений	Повтор-ность	Отсчет по анемометру		Разность отсчетов	Число делений за 1 с	Скорость ветра, м/с
		начальный	конечный			
	1					
	2					
	3					
	Среднее					
	1					
	2					
	3					
	Среднее					
	1					
	2					
	3					
	Среднее					

Приложение 6

Таблица П.6.1

Высота расположения и форма облаков

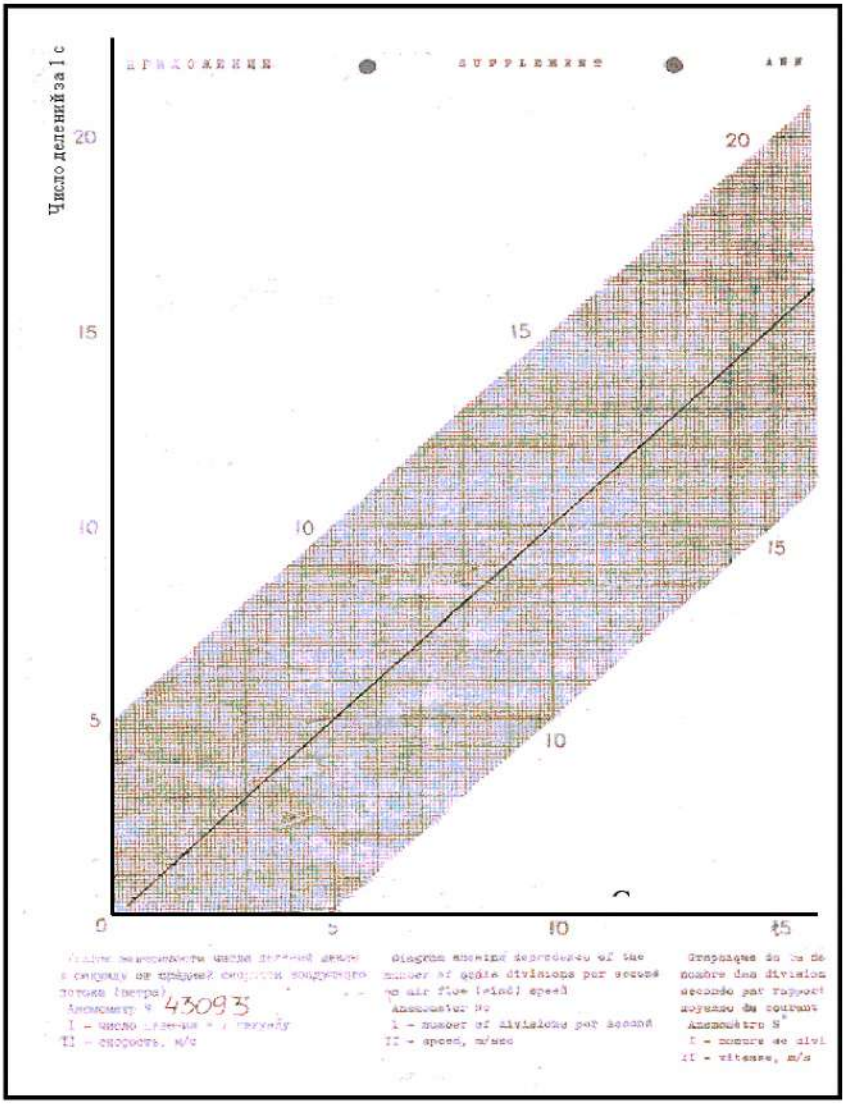
Ярус	Высота	Форма	Обозначение
Верхний	выше 6 км	перистые	Ci
		перисто-кучевые	Cc
		перисто-слоистые	Cs
Средний	от 2 до 6 км	высоко-кучевые	Ac
		высоко-слоистые	As
Нижний	ниже 2 км	слоистые	St
		слоисто-кучевые	Sc
		слоисто-дождевые	Ns
Облака вертикального развития	могут занимать несколько ярусов	кучевые	Cu
		кучево-дождевые	Cb

Таблица П.6.2

Обозначения атмосферных явлений

Обозначение	Характеристика
	Дождь – жидкие осадки, выпадающие на земную поверхность в виде капель
	Ливневой дождь – жидкие осадки, отличающиеся внезапностью начала и конца выпадения и резким нарастанием интенсивности
	Морось – жидкие осадки, выпадающие в виде очень мелких капелек, падение их почти незаметно для глаза
	Град – осадки, выпадающие в теплый период года в виде кусочков льда разнообразных форм и размеров
	Роса – капельки воды, образующиеся на поверхности земли, на растениях и предметов в результате соприкосновения влажного воздуха с более холодной поверхностью при температуре воздуха выше 0°С, ясном небе и слабом ветре
	Дымка – слабое помутнение атмосферы в результате конденсации водяного пара с образованием мельчайших капелек воды
	Туман – помутнение атмосферы белесоватого цвета, связанное со скоплением в аоздухе мелких капелек воды в результате конденсации водяного пара из-за охлаждения влажного воздуха
	Мгла – сплошное помутнение воздуха, обусловленное наличием в нем взвешенных частичек пыли, промышленного дыма, гари от пожаров и т.п.
	Гроза – электрические разряды в атмосфере, сопровождаемые вспышкой света (молнией) и резкими звуковыми раскатами (громом)
	Зарница **–** световое явление при отдаленной грозе, когда не слышно грома и видно лишь освещение молнией облаков и горизонта
	Шквал – внезапное резкое усиление ветра на 8 м/с и более. Наблюдается при кучево-дождевых облаках, грозах и ливнях, продолжительность 1 мин и более
	Вихрь – вихревое движение воздуха, возникающее у поверхности земли в малооблачную погоду при сильном перегреве подстилающей поверхности
	Смерч – сильный вихрь, распространяющийся в виде гигантского темного облачного столба или воронки по направлению к поверхности земли или моря

Поверочное свидетельство к ручному анемометру чашечному



Приложение 8

Поверочные свидетельства к термометрам

1) к психрометрическому сухому термометру

МПСА и СУ
В-О СОЮЗНАУЧПРИБОР
КЛИНСКИЙ ТЕРМОМЕТРОВЫЙ ЗАВОД
П А С П О Р Т

Термометр ртутный метеорологический психрометрический
(к аспирационному психрометру) № 4398 КЗ ( )
Пределы измерений от −30 °С до +50 °С
Цена деления 0,2°С
Фактические поправки в поверяемых отметках шкалы °С.

Пов. отм.	−30	−20	−10	0	+10	+20	+30	+40	+50
Поправ.	−0,1	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0

Таблица для десятых долей градуса (заполняется для удобства пользования при эксплуатации)

От	До	Поправ.
−30,0	−27,6	−0,1
−27,5	−25,1	0,0
−25,0	−22,6	+0,1
−22,5	−15,1	+0,2
−15,0	−5,1	+0,1
−5,0	24,9	0,0

От	До	Поправ.
25,0	50,0	−0,1

Выпущен в соответствии с требованиями ГОСТ 15055—69.
Гарантийный срок эксплуатации и хранения 2 года со дня изготовления.
Дата октябрь 197[illegible] г.
Поверен ОТК завода.
Мастер ОТК

2) к психрометрическому смоченному термометру

МПСА и СУ
В-О СОЮЗНАУЧПРИБОР
КЛИНСКИЙ ТЕРМОМЕТРОВЫЙ ЗАВОД
П А С П О Р Т

Термометр ртутный метеорологический психрометрический
(к аспирационному психрометру) № 5023 КЗ ( )
Пределы измерений от −30 °С до +50 °С
Цена деления 0,2°С
Фактические поправки в поверяемых отметках шкалы °С.

Пов. отм.	−30	−20	−10	0	+10	+20	+30	+40	+50
Попр.	−0,1	+0,1	+0,2	+0,2	+0,2	+0,1	+0,2	+0,2	+0,2

Таблица для десятых долей градуса (заполняется для удобства пользования при эксплуатации)

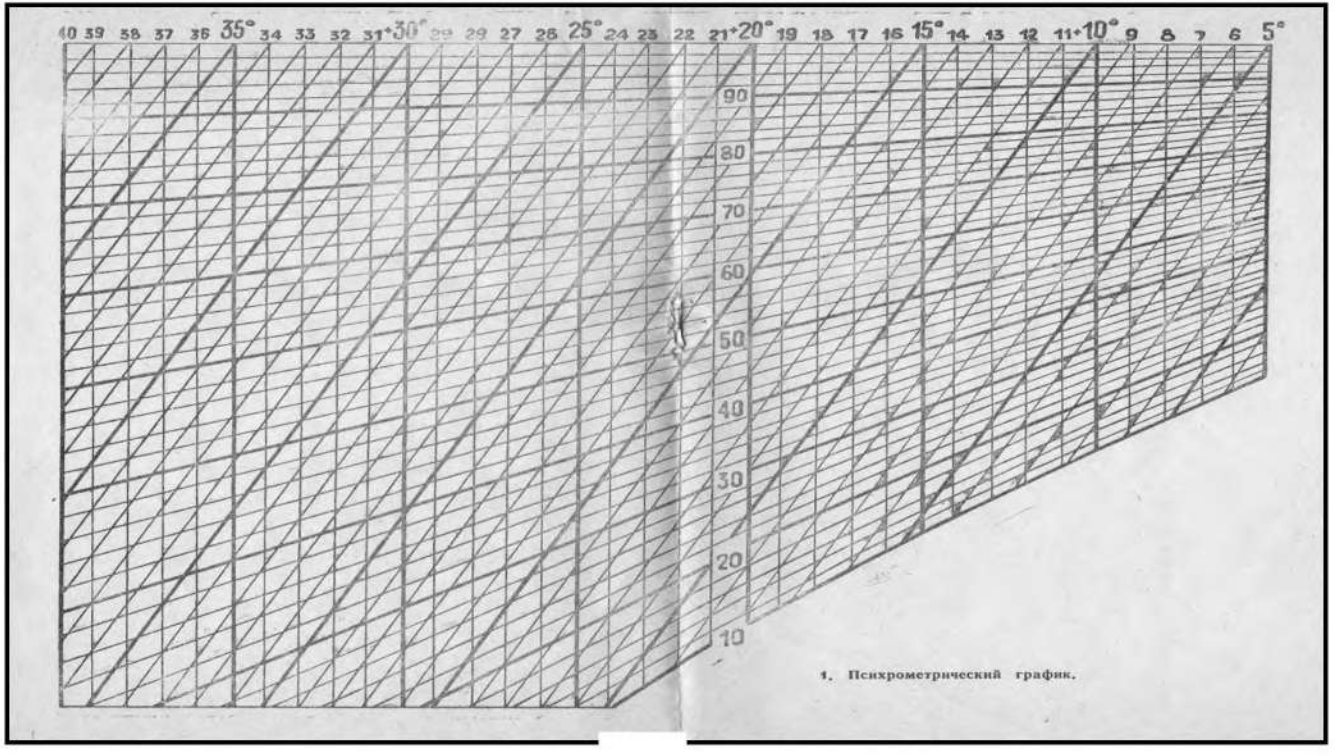
От	До	Попр.
−30,0	−28,7	−0,1
−28,6	−23,3	0,0
−23,2	3,2	+0,1
3,3	6,6	0,0
6,7	43,2	−0,1
43,3	50,0	0,0

От	До	Попр.

Выпущен в соответствии с требованиями ГОСТ 15055—69.
Гарантийный срок эксплуатации и хранения 2 года со дня изготовления.
Дата [illegible] 197[illegible] г.
Поверен ОТК завода.
Мастер ОТК

Приложение 9

Психрометрический график (из технического паспорта аспирационного психрометра)

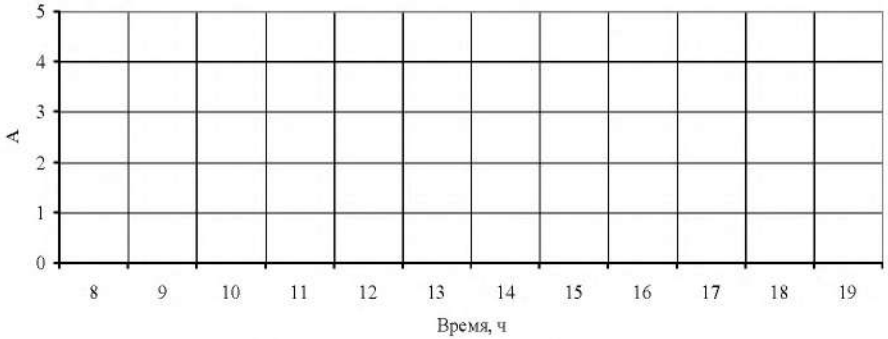


1. Психрометрический график.

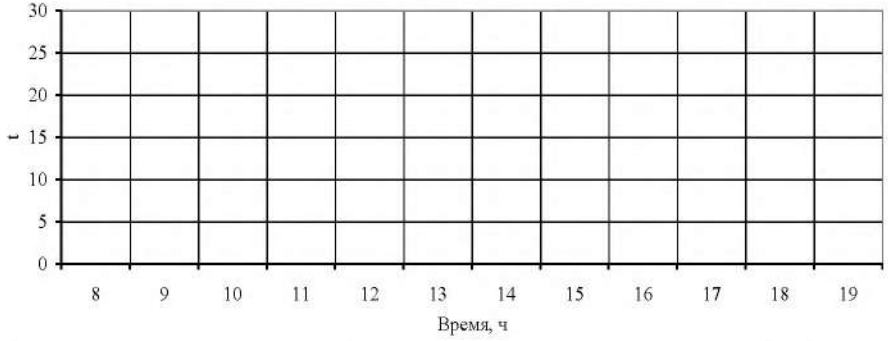
Приложение 10

Форма графиков для анализа результатов полевых наблюдений

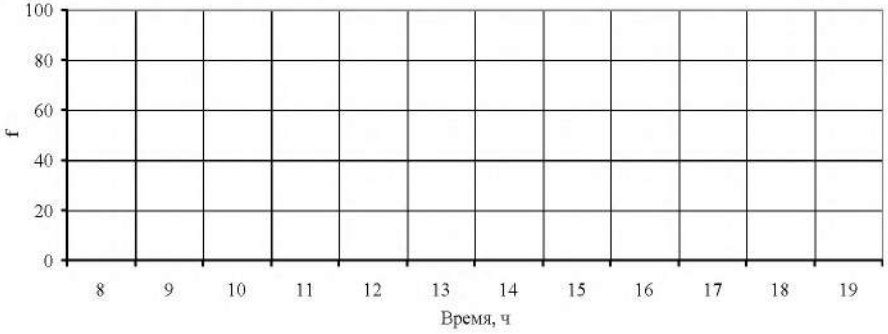
1) Освещенность земной поверхности, лк



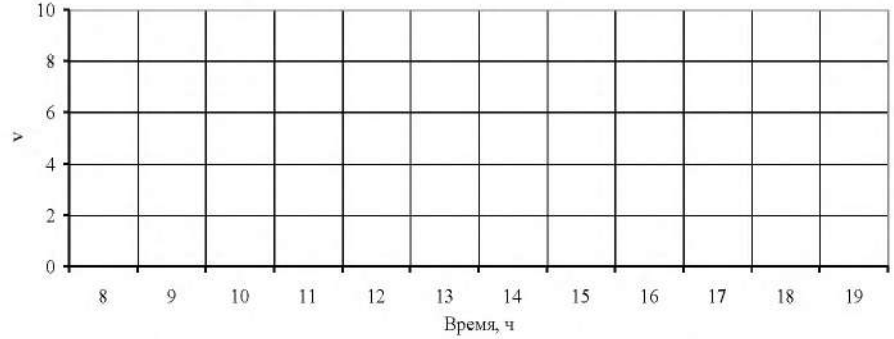
2) Температура воздуха на высотах 1,5 и 0,5 м и почвы, °С



3) Относительная влажность воздуха на высотах 0,5 и 1,5 м, %



4) Скорость ветра, м/с



5) Вертикальный градиент температуры воздуха, °С / 1 м

6) Вертикальный градиент влажности воздуха, % / 1 м

Приложение 11
Таблица П.11.1

Форма таблицы для записи результатов микроклиматической маршрутной съемки

Характеристика			Наблюдательный участок и время наблюдений														
			1					2					3				
			«туда»	«обратно»	среднее	поправка	исправленное значение	«туда»	«обратно»	среднее	поправка	исправленное значение	«туда»	«обратно»	среднее	поправка	исправленное значение
														-			
Температура, °С	воздух высота 1,5 м	сухой															
		смоченный															
	почва	глубина 10 см															
Относительная влажность воздуха, %																	
Облачность, форма и балл																	
Атмосферные явления																	

Окончание приложения 11

Таблица П.11.2

Форма таблицы для записи результатов измерения скорости ветра ручным анемометром чашечным на маршруте

Номер участка	Повторность	Отсчет по анемометру		Разность отсчетов	Число делений за 1 с	Скорость ветра, м/с
		начальный	конечный			
1 «туда»	1					
	2					
	3					
1 «обратно»	4					
	5					
	6					
	Среднее					
2 «туда»	1					
	2					
	3					
2 «обратно»	4					
	5					
	6					
	Среднее					
3 «туда»	1					
	2					
	3					
	Среднее					

Приложение 12

Таблица П.12.1

Форма таблиц средних многолетних и фактических за 20__-20__ гг. значений метеовеличин (АМС Усть-Кинельская)

Название показателя		X	XI	XII	I	II	III	IV			V			VI			VII		
								1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Средняя температура воздуха, ℃	год																		
	норма	4,3	-3,9	-10,6	-13,7	-13,1	-7,0	0,6	4,7	8,6	12,0	14,1	15,9	17,7	18,7	19,7	20,4	20,8	20,9
Количество осадков, мм	год																		
	норма	41	38	31	24	18	24	9	9	9	10	11	12	13	13	13	15	16	16
Высота снежного покрова, см	год																		
	норма	–	6	14	23	25	20												
Глубина промерзания почвы	год																		
	норма	–	34	65	87	97	100												
Запасы продуктивной влаги в почве, мм																			
Под озимыми	год																		
	норма	120								140									
На зяби	год																		
	норма	100								130									

Таблица П.12.2

Даты перехода средней суточной температуры воздуха через температурные пределы

Период	Осень 20___ г.			Весна 20___ г.		
	10°С	5°С	0°С	0°С	5°С	10°С
год						
норма	24 сен	13 окт	31 окт	4 апр	16 апр	29 апр

Минимальная температура воздуха за зимний период 20___ - 20___ гг.

Число стеблей озимой пшеницы, сохранившихся после перезимовки на 1 кв. м весной 20___ г.

Приложение 13

Форма графиков для анализа погодных условий текущего года

1) Температура воздуха осенне-зимнего периода, °С

2) Высота снежного покрова, см

3) Температура воздуха периода весенне-летней вегетации, °С

4) Количество осадков периода весенне-летней вегетации, мм

Вегетация растений и метеорологические условия

Метеорологические условия осенне-зимнего периода имеют большое значение для зимующих культур. Возможность сева озимых, состояние их зависят от агрометеорологических условий осеннего периода. В Среднем Поволжье посев озимых производят во второй половине августа или в начале сентября. Важным фактором в этот период являются запасы продуктивной влаги в пахотном слое. Нормальные условия для прорастания семян и появления всходов наблюдаются при запасах продуктивной влаги 20 мм и больше в пахотном слое почвы. При снижении показателя до 5 мм и меньше всходы не появляются. Поэтому в случае недостатка влаги в почве сроки посева приходится отодвигать на более поздние. В результате, до наступления морозов растения не успевают завершить кущение, хорошо укорениться и сформировать достаточный запас сахаров для перезимовки.

Осенью по мере снижения температурного режима происходит подготовка растений к зимнему периоду – закаливание. Наиболее благоприятными условиями в этот период являются постепенное похолодание и своевременное образование снежного покрова. Неустойчивый температурный режим осени, наступление отрицательных температур при отсутствии снежного покрова, а также осенние засухи и суховеи опасны для растений, сказываются на их состоянии, а также на количестве и качестве урожая озимых и плодово-ягодных культур.

Перезимовка растений зависит от их состояния осенью, температурных условий и высоты снежного покрова зимой. В малоснежные зимы (с высотой снега менее 30 см) при сильных морозах (с температурой воздуха ниже -25…-30°С) растения могут вымерзать. При длительном (в течение 7 недель и более) пребывании растений под мощным снежным покровом (высотой более 30 см) с учетом незначительно промерзания почвы (менее 50 см) и температуре почвы на глубине узла кущения около 0°С растения, в частности озимые культуры, могут погибать от выпревания. Неблагоприятно сказываются на состоянии растений также резкие колебания температуры, частые и продолжительные оттепели, гололед и др.

Период весенне-летней вегетации для большинства зимующих растений начинается с переходом температуры воздуха через 5°С. К этому сроку приурочивается и начало полевых сельскохозяйственных работ. От условий увлажнения почвы весной и степени ее прогрева зависят сроки посева и глубина заделки семян.

Как правило, влагозапасы почвы весной достаточно высоки в Среднем Поволжье благодаря влаге, поступающей в почву в результате таяния снега. Поэтому именно температурный режим в этот период имеет первостепенное значение. Хорошие темпы набора тепла весной при достаточной влажности почвы обеспечивают получение сильных и дружных всходов яровых культур. Вместе с тем, поздние заморозки (во второй половине мая и начале июня) могут ослабить всходы и повредить растения.

Температурный режим и условия увлажнения играют важную роль в течение всего вегетационного периода. В результате длительного бездождья (порядка 30 дней) и высоких температур (выше 25°С) летом могут значительно понижаться влажность воздуха и запасы продуктивной влаги в почве. Понижение относительной влажности воздуха до 30% и менее приводит к нарушению водного баланса растений, замедлению их роста, снижению продуктивности. Продолжительный период с недостаточным запасом продуктивной влаги в почве (мене 70% от наименьшей влагоемкости) вызывает значительное снижение урожая, особенно если иссушение происходит в наиболее ответственные фазы развития растений (цветение, выход в трубку, колошение). Засухи, а также суховеи, град, пыльные бури вызывают частичное повреждение растений, а иногда и полную гибель.

Длительные периоды обилия осадков (вдвое и более превышающих норму) приводят к избыточному увлажнению почвы, когда ее влагозапас приближается к полной влагоемкости почвы. Ухудшение аэрации почвы в этот период при избытке влаги ведет к снижению микробиологической активности, что замедляет усвоение минеральных веществ растениями. Наблюдается также и выделение ранее поглощенных питательных веществ в окружающую среду (вымывание). В результате – уменьшение скорости роста и продуктивности растений.

В период созревания семян и при достижении ими полной спелости теплая и влажная погода приводит к возниконвению «стекания» зерна в результате большого расхода сухих веществ на дыхание и прямого вымывания питательных веществ дождями. При этом биомасса сухого вещества формирующейся зерновки уменьшается и появляется щуплость.

Таким образом, анализ складывающихся условий позволяет определить степень благоприятности их в текущем году для различных видов сельскохозяйственных и уточнить комплекс агротехнических мероприятий, направленных на максимальное использование благоприятных и уменьшение влияния неблагоприятных метеорологических факторов.

Приложение 15

Таблица П.15.1

Характеристика суровости зимы

Минимальная температура воздуха, °С	Тип суровости зимы
-10…-20	Мягкая
-20…-25	Умеренно мягкая
-25…-30	Умеренно холодная
-30…-35	Холодная
-35…-40	Очень холодная
-40…-45	Суровая

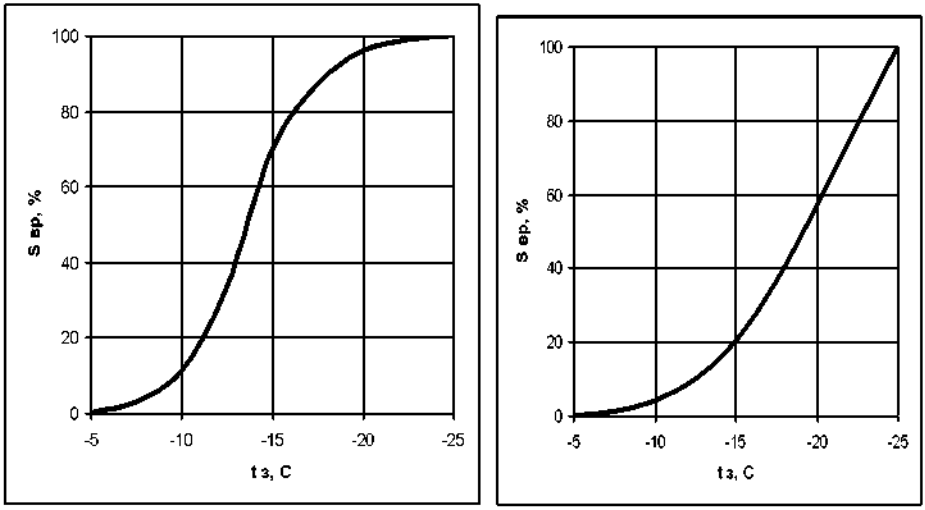


Рис. П.15.1.Зависимость площади вымерзания посевов озимых культур ($S_{вр}$) от минимальной температуры почвы на глубине узла кущения ($t_з$):
а – озимая пшеница; б – озимая рожь

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лосев, А. П. Агрометеорология / А. П. Лосев, Л. Л. Журина. – М. : Колос, 2004. – 301 с.
2. Сенников, В.А. Практикум по агрометеорологии / В. А. Сенников, Л. Г. Ларин, А. И. Белолюбцев, Л. Н. Коровина. – М. : КолосС, 2006.
3. Самохвалова, Е. В. Агрометеорологические наблюдения и измерения : методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Кинель : РИО СГСХА, 2004. – 47 с.
4. Самохвалова, Е. В. Климат территории и погодные условия разных лет : методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Кинель : РИО СГСХА, 2004. – 41 с.
5. Самохвалова, Е. В. Агрометеорологические прогнозы : методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2007. – 30 с.
6. Самохвалова, Е. В. Микроклиматические наблюдения. Анализ и прогноз агрометеорологических условий текущего года : методические указания к учебной практике. – Кинель : РИО СГСХА, 2003. – 20 с.
7. Самохвалова, Е. В. Агрометеорология : рабочая тетрадь. – Кинель, 2013. – 52 с.
8. Агроклиматические ресурсы Куйбышевской области : справочник /рук. и ред. В.В. Юрыгина ; Приволжский УГМС. Куйбышевская ГМО. – Л. : Гидрометеоиздат, 1968. – 208 с.
9. Полевой А. Н. Сельскохозяйственная метеорология. – СПБ. : Гидрометеоиздат, 1992. – 424 с.
10. Павлова, М. Д. Практикум по агрометеорологии. – Л. : Гидрометеоиздат, 1974. – 168 с.
11. Метеорологические наблюдения на станциях. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – Л. : Гидрометеоиздат, 1985. – Вып. 3, Ч. 1. – 300 с.
12. Атлас облаков / под. ред. А. Х. Хргиана, Н. И. Новожиловой. – Л. : Гидрометеоиздат, 1987. – 267 с.

13. Хромов, С. П. Метеорологический словарь / С. П. Хромов, Л. И. Мамонтова. – Л. : Гидрометеоиздат, 1974. – 568 с.
14. Толковый словарь по сельскохозяйственной метеорологии. – СПб. : Гидрометеоиздат, 2002. – 471 с.

Учебное издание

Самохвалова Елена Владимировна

ОРГАНИЗАЦИЯ СТАЦИОНАРНЫХ И ПОЛЕВЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ. АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕКУЩЕГО ГОДА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для прохождения учебной практики по дисциплинам
«Метеорология и климатология» и «Агрометеорология»

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 25.07.2013 г. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 2,55, печ. л. 2,75
Тираж 40. Заказ №77.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
Тел. : 8 (84663) 46-2-44, 46-6-70.
Факс 46-6-70.
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Н. П. Бакаева
О. Л. Салтыкова
Л. В. Запрометова

Химия

Учебное пособие

Кинель 2017

УДК 540 (075)
ББК 24.1 Я7
Б19

Рецензенты:
д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология» ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ
А. Х. Куликова;
канд. биол. наук, доцент кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений» ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
Н. М. Троц

Бакаева, Н. П.
Б19 Химия : учебное пособие / Н. П. Бакаева, О. Л. Салтыкова, Л. В. Запрометова. – Кинель : РИО СГСХА, 2017. – 206 с.
ISBN 978-5-88575-477-4

В учебном пособии представлены разделы по физической химии, химии элементов и аналитической химии, содержащие теоретический материал и контрольные вопросы. Учебное издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, возможно применение пособия и для других направлений и специальностей.

УДК 540 (075)
ББК 24.1 Я7

ISBN 978-5-88575-477-4

© Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л.,
Запрометова Л. В., 2017
© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2017

Предисловие

Учебное пособие составлено в соответствии с разделами рабочей программы дисциплины «Химия», изучаемой в ФГБОУ ВО Самарской ГСХА. Дисциплина «Химия» включает в себя разделы – физическая химия, химия элементов и аналитическая химия. Все эти разделы в настоящее время изучаются в одной дисциплине, что с одной стороны способствует общему восприятию этой дисциплины, а с другой – повышению трудности изучения. Пособие является основой для изучения химии и подготовки к экзамену для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия (возможно применение пособия и для других направлений и специальностей вуза).

Учебное пособие предназначено для освоения дисциплины «Химия» и формирования у студентов систематических знаний по теоретическим основам данной дисциплины и навыкам их практического использования.

Учебное пособие будет способствовать повышению процесса изучения дисциплины, и направлено на формирование компетенций:

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- способность к лабораторному анализу почв, растений и продукции сельского хозяйства.

Принятые сокращения, условные обозначения, названия и единицы физико-химических величин

а.е.м. – атомная единица массы; 1 а.е.м.=m($^{12}_{6}$C)/12 =1,6605·10^{-27} кг

A_r – относительная атомная масса

M_r – относительная молекулярная масса

m – масса, кг, г, мг

АО – атомная орбиталь

ПСЭ – периодическая система элементов

N – число структурных единиц

N_A – постоянная Авогадро, равна 6,02·10^{23} структурные единицы, моль$^{-1}$

n – количество вещества, моль

M – молярная масса, г/моль

m_A – Абсолютная масса атома или другие структурные единицы, кг, г

V – объем, м^3, дм^3, см^3

Vm – молярный объем газа, равен 22,4 л/моль

ω – массовая доля

Э – эквивалент, химический эквивалент вещества, моль

$f_{экв}$ – фактор эквивалентности, равен 1/f

$n_{экв}$ – количество эквивалентов вещества, моль

$M_{экв}$ – молярная масса эквивалента вещества, г/моль

ρ – плотность г/мл, г/см^3

D – относительная плотность

T – абсолютная температура, К (Кельвин)

t – температура по шкале Цельсия, °С

P – давление, Па

R – универсальная газовая постоянная, равна 8,314 Дж/(моль·К)

н.у. – нормальные условия, P_0 = 101,325 кПа или 1,013·10^5 Па; температура T_0 = 273,15 К или t = 0°С; V_0 = 22,4 л/моль или 22,4·10^{-3} м^3/моль

Ст.ок. – степень окисления

В – валентность

Ме – металлы

Неме – неметаллы

ОВР – окислительно-восстановительные реакции

ν – скорость реакции, (моль/ л·с) τ – время

1. ПОНЯТИЯ, ЗАКОНЫ И СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ В РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ

1.1. Основные понятия вещества в химии.

Атом – мельчайшая, химически неделимая электронейтральная частица. Другое, более полное определение атома, *атом* – наименьшая частица химического элемента, сохраняющая его химические свойства.

Объектом изучения химии являются химические элементы и их соединения. *Химический элемент* – это совокупность атомов одного вида с одинаковым зарядом ядер. *Молекула* – наименьшая частица индивидуального вещества, определяющая его химические свойства. Современное определение: *молекула* – это наименьшая электронейтральная, устойчивая совокупность атомов, образующих определенную структуру посредством химических связей. Например: Cl_2, H_2SO_4, NaOH и др. Все окружающие нас тела имеют массу и объем, состоят из различных веществ. *Вещество* – это любая совокупность атомов или молекул, находящаяся в определенном агрегатном состоянии.

Относительная атомная масса (A_r) *химического элемента* – отношение массы атома элемента к 1/12 части массы атома ^{12}C.

Атомная единица массы (а. е. м.) равна 1/12 массы атома улерода ^{12}C:

$$1 \text{ а.е.м.} = 1{,}667 \cdot 10^{-24} \text{ г или } 1{,}667 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

Относительная атомная масса химического элемента – величина, равная отношению средней массы атома элемента ($m_a(X)$) к величине 1 а.е.м.:

$$A_r(X) = \frac{m_a(X)}{1 \text{ а.е.м}} \text{ или } m_a(X) = A_r(X) \cdot 1 \text{ а.е.м.},$$

где A_r – безразмерная величина. Значения атомных масс приведены в ПСЭ Д.И. Менделеева.

Относительная молекулярная масса вещества (M_r) – отношение массы молекулы вещества к 1/12 части массы атома $_{12}C$:

$$M_r = \sum A_r.$$

M_r численно равна сумме относительных атомных масс всех атомов, входящих в состав молекулы, которую можно вычислить по формуле:

$$M_r(A_aB_bX_x) = a \cdot A_r(A) + b \cdot A_r(B) + x \cdot A_r(X).$$

Моль – количество вещества, содержащее столько молекул, атомов, ионов, электронов или других структурных единиц, сколько содержится атомов в 12 г изотопа ^{12}C. В 12 г атомов изотопа углерода ^{12}C, а также в 1 моль любого вещества, независимо от агрегатного состояния, содержится $6{,}02 \cdot 10^{23}$ структурных единиц (атомов, молекул или др. частиц). Это число обозначается N_A и называется *постоянной Авогадро*.

Моль – это количество вещества (n), равное отношению числа структурных единиц (N) вещества к постоянной Авогадро (N_A):

$$n = \frac{N}{N_A}.$$

Масса одного моля вещества или молярная масса (M), кг/моль или г/моль. Молярная масса равна отношению массы вещества (m) к его количеству (n):

$$M = \frac{m}{n} \quad \text{или} \quad n = \frac{m}{M}.$$

Численно M (г/моль) = Mr (безразмерная величина).

Из следствия закона Авогадро следует, 1 моль любого газа занимает объем $V_m = 22{,}4$ л:

$$n = \frac{V}{V_m}.$$

Стехиометрия – (от греч. *stoicheion* – основа, элемент и *metred* – измеряю, считаю), раздел химии, в котором изучаются количественный состав веществ и соотношения между реагентами и продуктами реакции.

Стехиометрические коэффициенты – это числа, стоящие перед формулами веществ в уравнениях реакций. Например,

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4.$$

Т.е. для получения 1 моль дигидрофосфата кальция $Ca(H_2PO_4)_2$ надо взять 1 моль фосфата кальция $Ca_3(PO_4)_2$ и 2 моль серной кислоты H_2SO_4.

Стехиометрические индексы – это числа, стоящие в химических формулах справа внизу при символах химических элементов. Они характеризуют количественное содержание химических элементов в соединениях. Например, N_2H_4. В молекуле гидразина на 2 атома азота приходится 4 атома водорода, а в 1 моль молекул гидразина на 2 моль атомов азота приходится 4 моль атомов водорода.

1.2. Законы стехиометрии.

Закон сохранения массы и энергии: а) масса веществ, вступающих в реакцию, равна массе веществ, образующихся в результате реакции (М.В. Ломоносов, 1748, А. Лавуазье,1789);

б) в изолированной системе сумма масс и энергий постоянна (М.В. Ломоносов, 1756).

Закон постоянства состава (Ж. Пруст, 1801): каждое химически чистое соединение всегда имеет один и тот же количественный состав независимо от способа его получения для веществ – *дальтонидов*. Вещества – немолекулярного строения, переменного состава, зависящего от условий синтеза – *бертолиды*.

Закон кратных отношений (Дж. Дальтон, 1803): если два элемента образуют между собой более одного соединения, то массы одного элемента, приходящиеся на одну и ту же массу другого элемента, относятся между собой как небольшие целые числа. Из закона следует, что в соединение может вступать только целое число атомов.

Закон простых объемных отношений (Ж. Л. Гей-Люссак, 1805): объемы вступающих в реакцию газов, при одинаковых условиях, относятся друг к другу, а также к объемам образующихся газообразных продуктов, как небольшие целые числа. Объемные отношения можно объяснить, если представить, что простые газы
(H_2, Cl_2, O_2, N_2 и др.) состоят из двухатомных молекул.

Закон Авогадро (1811): в равных объемах различных газов при одинаковых температурах и давлении содержится одинаковое число молекул.

Из закона Авогадро следуют два следствия:

- при нормальных условиях 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л и называется *молярным объемом газа* (V_m).

$$n = \frac{V}{V_m};$$

- плотности $\rho = \frac{m}{V}$ двух газов при одних и тех же давлении и температуре прямо пропорциональны их молярным массам:

$$\frac{m_1 V_2}{m_2 V_1} = \frac{M_1}{M_2} = D,$$

где D – относительная плотность:

$$D = \rho_1/\rho_2.$$

Газовые законы (законы идеальных газов).

Состояние данной массы газа определяется температурой t, давлением P и объемом V. Условия называются нормальным (н.у.), если P_o = 101,325 кПа или $1{,}013 \cdot 10^5$ Па и t = 0 °C или T = 273,15 К. Объем газа, который занимает 1 моль при н.у. обозначается V_m и выражается 22,4 л/моль = $22{,}4 \cdot 10^{-3}$ $м^3$/моль.

Объединенный газовый закон Бойля-Мариотта и Гей-Люссака: для вычисления объема газа при данных условиях, если известен его объем при других условиях, пользуются формулой:

$$PV / T = \text{const}.$$

Если осуществляется переход от нормальных условий или наоборот, то:

$$PV / T = P_0V_0 / T_0, \text{ где } T_0 = 273{,}15 \text{ К}.$$

Молярную массу газа вычисляют по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT \text{ или } pV = \frac{m}{M} \cdot RT,$$

где R – универсальная газовая постоянная, равная 8,314 Дж/моль·К.

Закон эквивалентов (И. Рихтер, 1793).

Современная формулировка: вещества реагируют и образуются согласно их эквивалентам. *Эквивалент (Э)* – это реальная или условная частица вещества, которая может замещать, присоединять, высвобождать или быть каким-либо другим способом эквивалентна одному иону водорода в кислотно-основных или ионообменных реакциях, или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях.

В формульной единице *(ФЕ)* вещества может содержаться 1, 2, 3, …, *Z* эквивалентов вещества. Число *Z* называют *числом эквивалентности* или *эквивалентным числом*.

Для обозначения доли участвующей в реакции реальной частицы вещества, введен *фактор эквивалентности* ($f_{экв}$). Число, показывающее, какая часть (доля) молекулы или другой частицы вещества соответствует эквиваленту, называется *фактором эквивалентности* ($f_{экв}$). Формулы расчета фактора эквивалентности приведены в таблице 1.

Фактор эквивалентности ($f_{экв}$) – это безразмерная величина, которая меньше, либо равна 1. Число эквивалентности Z связано с фактором эквивалентности $f_{экв}$ следующим отношением:

$$Z = 1/f_{экв} \quad \text{или} \quad f_{экв} = 1/Z.$$

Формулу эквивалента какой-либо частицы (X) можно составить, если совместить фактор эквивалентности и формульную единицу вещества X, где фактор эквивалентности записывается как химический коэффициент перед формулой частицы:

$$Э(X) = f_{экв}ФЕ(X).$$

Расчет фактора эквивалентности ($f_{экв}$) представлен в таблице 1.

Таблица 1

Расчет фактора эквивалентности ($f_{экв}$)

Частица	Фактор эквивалентности	Примеры
Элемент	$f_{экв} = 1/B(X)$, где B(X) – валентность элемента X	$f_{экв}(Cr(Cr_2O_3)) = 1/3$; $f_{экв}(Cr(H_2CrO_4)) = 1/6$
Простое вещество; оксид	$f_{экв} = 1/n_{ат}B(X)$, где $n_{ат}$ – число атомов элемента X (индекс в химической формуле), B(X) – валентность элемента X	$f_{экв}(H_2) = 1/(2\cdot1) = 1/2$; $f_{экв}(O_2) = 1/(2\cdot2) = 1/4$; $f_{экв}(O_3) = 1/(3\cdot2) = 1/6$ $f_{экв}(Cr_2O_3) = 1/(2\cdot3) = 1/6$; $f_{экв}(H_2O) = 1/(2\cdot1) = 1/2$; $f_{экв}(P_2O_5) = 1/(2\cdot5) = 1/10$
Основание	$f_{экв} = 1/n(OH^-)$, где $n(OH^-)$ – число отданных в ходе реакции гидроксид-ионов (кислотность основания)	Кислотность равна 1: $f_{экв}(Cu(OH)_2) = 1/1 = 1$; кислотность равна 2: $f_{экв}(Cu(OH)_2) = 1/2$
Кислота	$f_{экв} = 1/n(H^+)$, где $n(H^+)$ – число отданных в ходе реакции ионов водорода (основность кислоты)	Основность равна 1: $f_{экв}(H_2SO_4) = 1/1 = 1$; основность равна 2: $f_{экв}(H_2SO_4) = 1/2$
Соль	$f_{экв} = 1/n(Me) \cdot B(Me)$, где $n(Me)$ – число атомов металла (индекс в химической формуле соли), $B(Me)$ – валентность металла; или $f_{экв} = 1/n(A) \cdot B(A)$, где $n(A)$ – число кислотных остатков, $B(A)$ – валентность кислотного остатка	Расчет по металлу: $f_{экв}(Cr_2(SO_4)_3) = 1/(2\cdot3) = 1/6$; расчет по кислотному остатку: $f_{экв}(Cr_2(SO_4)_3) = 1/(3\cdot2) = 1/6$
Частица в окисли-	$f_{экв} = 1/n_{\bar{e}}$, где $n_{\bar{e}}$ – число электронов, участву-	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe^0$ $f_{экв}(Fe^{2+}) = 1/2$;

тельно-восстано-вительных реакциях	ющих в процессе окисления или восстановления	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow$ $\rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ $f_{экв}(MnO_4^-) = 1/5$
Ион	$f_{экв} = 1/\lvert z \rvert$, где z – заряд иона	$f_{экв}(SO_4^{2-}) = 1/2$

Эквивалент, как частица, может быть охарактеризован молярной массой эквивалента $M_{экв}$, количеством вещества эквивалента $\nu_{экв}$ и молярным объемом эквивалента $V_{экв}$.

Молярная масса эквивалента ($M_{экв}$) – это масса одного моль эквивалента. Она равна произведению молярной массы вещества на фактор эквивалентности:

$$M_{экв} = f_{экв} \cdot M.$$

Молярная масса эквивалента имеет размерность г/моль.

Между молярной массой, массой эквивалента и валентностью элемента существует соотношение:

$$M_{экв}(X) = M(X)/B(X).$$

1.3. Агрегатные состояния вещества.

Газообразное состояние вещества. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа:

1) газ состоит из большого числа молекул, которые находятся в непрерывном движении;

2) молекулы газа занимают пренебрежительно малую долю объема;

3) молекулы газа не притягиваются друг к другу;

4) время столкновения молекул друг с другом очень мало по сравнению со временем между столкновениями;

5) средняя кинетическая энергия газа пропорциональна абсолютной температуре.

Основная причина отклонения реальных газов от идеального – межмолекулярное взаимодействие, каждая молекула имеет собственный объем.

При очень высоких температурах (10^4 К и выше) газ переходит в особое состояние, называемое плазмой. Свойства веществ в плазменном состоянии существенно отличаются от свойств веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии. Поэтому плазму можно рассматривать как четвертое состояние вещества. В этом состоянии газ содержит положительно заряженные ионы и электроны и поэтому обладает электронно-ионной проводимо-

стью. Появление ионов и электронов в плазме обусловлено диссоциацией молекул при очень высоких температурах

$$N_2 \leftrightarrow N_2^+ + \bar{e}.$$

Характерной особенностью плазмы является высокий энергетический уровень ее частиц, что позволяет проводить в плазме химические реакции, требующие высоких энергий. Плазма подчиняется газовым законам. При воздействии магнитного и электрического полей в плазме возникает направленное движение молекул и электронов.

Жидкое состояние вещества. Расстояния между молекулами значительно меньше, чем в газах. Удерживаются вместе за счет водородных связей и ван-дерваальсовых сил. Эти связи непрочные, поэтому молекулы в жидком состоянии находятся в непрерывном движении – броуновском движении. К свойствам жидкостей относятся: вязкость – сопротивление жидкости текучести; поверхностное натяжение (Дж/м^2) – энергия, необходимая для образования новой поверхности; давление насыщенного пара и т.д.

Твердое состояние вещества. Твердые вещества могут находиться в аморфном или кристаллическом состоянии. Аморфные вещества (стекло, смолы, полимеры, кремний, селен и др.) изотропны, т.е. имеют одинаковые свойства во всех направлениях, плавятся в температурном интервале, имеют только ближний порядок.

Кристаллическое состояние характеризуется дальним порядком. Монокристаллы характеризуются анизотропностью, т.е. зависимостью свойств от направления в пространстве. Реальные вещества поликристаллические, в них анизотропия не проявляется.

Плазменное состояние. При нагревании разреженных газообразных систем до высоких температур, как правило, превышающих десятки тысяч градусов, происходит *ионизация молекул*, и газ переходит в специфическое состояние *с электронно-ионной проводимостью*, называемое плазменным состоянием. Ионы, появившиеся в низкотемпературной плазме в результате отщепления электронов, способны к дальнейшим химическим реакциям, поэтому в плазмах можно обнаружить такие экзотические с точки зрения химии частицы, как ионы CH_5^+, H_3^+, He_2^+, Ne_2^+ и т. п. Кинетическая и потенциальная энергия частиц в плазменном состоянии превышает аналогичные параметры газообразных молекул, но наиболее существенные различия между плазмой и газами возни-

кают при наложении электрического и магнитного полей большой напряженности. При этом движение частиц в плазме становится направленным, и придавая ему винтообразную форму, можно до известной степени управлять плазмой.

Вопросы для контроля

1. Понятие вещества в химии: атом, химический элемент, молекула, вещество, относительная атомная масса элемента и атома, относительная молекулярная масса вещества, моль, молярная масса.
2. Стехиометрия. Стехиометрические коэффициенты. Стехиометрические индексы.
3. Законы стехиометрии:
   а) закон сохранения массы и энергии;
   б) закон постоянства состава;
   в) закон кратных отношений;
   г) закон простых объемных отношений;
   д) закон Авогадро;
   е) газовые законы;
   ж) закон эквивалентов.
4. Понятие фактор эквивалентности. Расчет фактора эквивалентности. Молярная масса эквивалента.
5. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа.
6. Назовите основные причины отклонения реальных газов от идеального.
7. Газообразное состояние вещества.
8. Жидкое состояние вещества.
9. Твердое состояние вещества.
10. Плазменное состояние.

2. СТРОЕНИЕ АТОМА И СИСТЕМАТИКА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

2.1. Квантово-механическая модель строения атома. Периодический закон и периодическая система Д. И. Менделеева.

Атом – сложная электрически нейтральная система, состоящая из элементарных частиц, образующих положительно заряженное ядро и, движущихся вокруг него, отрицательно заряженных электронов.

Размер (объем) атома составляет 10^{-10} м, ядра – 10^{-15}-10^{-14} м.

Масса атомов колеблется от 10^{-21} до 10^{-19} кг.

С точки зрения химической организации, свойства атома и характер его взаимодействия с другими атомами объясняются тремя параметрами: числом протонов, нейтронов и электронов (табл. 2).

Таблица 2

Масса, атомный вес и заряд некоторых частиц

Частица, символ, место-положение	Масса покоя, кг	Масса, а.е.м	Заряд, Кл	Заряд, отн. ед.
Протон; p^+ ядро	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$	≈ 1	$+1{,}602 \cdot 10^{-19}$	+1
Нейтрон; n^0 ядро	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$	≈ 1	0	частица, не несущая заряда
Электрон: $\bar{e}$ околоядерное пространство	$9{,}109 \cdot 10^{-31}$	$\approx$ 0,0005 или 1/1836 массы протона	$-1{,}602 \cdot 10^{-19}$	–1

Общий заряд ядра составляют заряды протонов: Σp^+.

Атом в целом электронейтрален: $\Sigma p^+ = \Sigma \bar{e}$.

Величина положительного заряда ядра и количество электронов равны порядковому (атомному) номеру элемента (Z) в ПСЭ Д. И. Менделеева:

$$Z = \text{заряд ядра атома} = \Sigma p^{+} = \Sigma \bar{e}.$$

Общее число протонов (Z) и нейтронов (N) в ядре называют массовым числом (A)

$$A = Z + N; \quad A \approx A_r.$$

На рисунке 1 представлен состав ядра атома натрия.

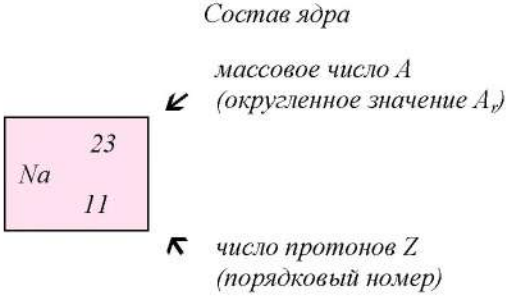


Рис. 1. Состав ядра атома натрия

Протонно-нейтронная теория строения ядер.

Ядра атомов состоят из протонов и нейтронов, которые взаимопревращаясь, являются различными состояниями нуклона.

Протоны удерживаются в ядре ядерными силами. Это чрезвычайно большие силы, действующие на очень коротких расстояниях (порядка 10^{-15} м) и превосходящие силы отталкивания. С расстоянием ядерные силы очень быстро ослабевают. Ядра атомов можно рассматривать как сгустки очень плотной материи. Ядро атома водорода составляет один протон, гелия – α-частица. С ростом числа нуклонов ядра становятся неустойчивыми и проявляют свойство радиоактивности. Масса атома сосредоточена в ядре и складывается из суммы масс протонов и нейтронов, а масса электрона приблизительно в 2000 раз меньше массы протона.

Ядро невероятно прочное образование и не имеет определенных границ.

Современные модели ядра атома:

- модель оболочек – протоны и нейтроны заполняют определенные оболочки, напоминает модель электронных оболочек;

- капельная – ядро – сплошная среда с коллективным движением частиц;
- кластерная – образование кластеров из нуклонов;
- обобщенная – в ядре есть остов и оболочки, заполненные нуклонами, а также внешние нуклоны. Между внутренними и внешними нуклонами возможно взаимодействие.

Изотопы – разновидности атомов одного элемента, различающиеся числом нейтронов, т.е. значением массового числа.

В природе встречается сравнительно небольшое число чистых, или моноизотопных элементов, ядра атомов которых не имеют изотопов. Примеры F^{19}, Na^{23}, Al^{27}, V^{51}, Mn^{55}, Bi^{209}.
Число элементов, имеющих устойчивые изотопы представлено в таблице 3.

Таблица 3

Число элементов, имеющих устойчивые изотопы

Число элементов	22	7	6	6	7	10	2	2	1
Число устойчивых изотопов	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Изотопы водорода имеют собственные названия:
$^{1}_{1}H$ – протий, $^{2}_{1}D$ – дейтерий, $^{3}_{1}T$ – тритий.

Большинство химических элементов в природе состоит из смеси изотопов. Атомная масса элемента складывается из средних значений масс всех его природных изотопов, с учетом их распространенности.

Заполнение оболочек атомов электронами определяет химические свойства элементов. Скорость движения электрона 10^6-10^7 м/с (или 1-100 км в секунду). Центробежная сила вращения электрона уравновешивается силой электростатического притяжения электрона к ядру. Для электрона невозможно с достаточной точностью одновременно определить координату и скорость, так называемый, *принцип неопределенности*. *Частица* – это сосредоточение вещества в малой части пространства. Движение частицы характеризуется траекторией, т.е. координатами и скоростью в каждый момент времени. *Волна* – это процесс, занимающий значительный объем трехмерного пространства и развивающийся во времени, чаще всего как периодический процесс. Волна характеризуется длиной, частотой, скоростью движения, амплитудой и знаком амплитуды.

Для описания свойств электрона используют волновую функцию, которую обозначают греческой буквой Ψ (пси). Квадрат ее модуля $|\Psi|^2$, вычисленный для определенного момента времени и определенной точки пространства, пропорционален вероятности нахождения электрона в этой точке в заданное время. Величину $|\Psi|^2$ называют плотностью вероятности нахождения электрона в точке пространства с координатами x, y, z.

Орбиталь – это область пространства, в которой наиболее вероятно нахождение электрона (≈90%).

Так как электрон несет отрицательный заряд, то его орбиталь представляет собой электронное облако отрицательного заряда.

Располагаясь на различных расстояниях от ядра, электроны образуют электронные слои. Каждому электронному слою соответствует определенный уровень энергии находящихся на нем электронов, поэтому электронные слои также называют энергетическими уровнями. Таким образом, электроны в атоме заполняют определенные уровни, подуровни и орбитали.

Для характеристики поведения электрона в атоме введены квантовые числа: *главное, орбитальное, магнитное и спиновое.*

Квантовые числа – это энергетические параметры, определяющие состояние электрона и тип атомной орбитали, на которой он находится.

Главное квантовое число n – определяет возможные энергетические состояния электрона и размер орбитали, а также определяет расположение электрона на том или ином энергетическом уровне (квантовом слое). Оно может принимать любые значения целых чисел от 1 до ∞; фактически, n = от 1 до 7, т.е. наибольшего значения номера периода для атомов известных элементов. Энергетические уровни нумеруются и обозначаются, начиная от ядра K, L, M, N, O, P, Q.

Наименьшей энергией электрон будет обладать при n=1. С увеличением n энергия электрона и размер электронного облака (орбитали) возрастает.

Побочное (орбитальное) квантовое число ℓ может принимать целые значения от 0 до n−1 (ℓ = 0, 1, 2, 3,…), всего n значений, фактически четыре.

В таблице 4 представлены значения главного квантового числа n и побочного ℓ.

Таблица 4

Значения квантовых чисел – n и ℓ

Значение n	1	2	3	4
Значение ℓ	0	0, 1	0, 1, 2	0, 1, 2, 3
Буквенное обозначение	*s*	*s, p*	*s, p, d*	*s, p, d, f*

Подуровень $\ell = 0$ называется s-подуровень,

$\ell = 1$ – p-подуровень,

$\ell = 2$ – d-подуровень,

$\ell = 3$ – f-подуровень.

Число подуровней на данном энергетическом уровне равно номеру уровня.

Энергетический подуровень составляют электроны с одинаковыми значениями орбитального квантового числа. Каждому значению орбитального квантового числа соответствует определенная форма электронного облака (орбитали).

Электронные облака *s*-электронов имеют сферическую форму, *p*-электронов – гантелеобразную форму, *d*-электронов – форму четырехлепестковой розетки, *f*-электроны имеют еще более сложную форму (рис. 2).

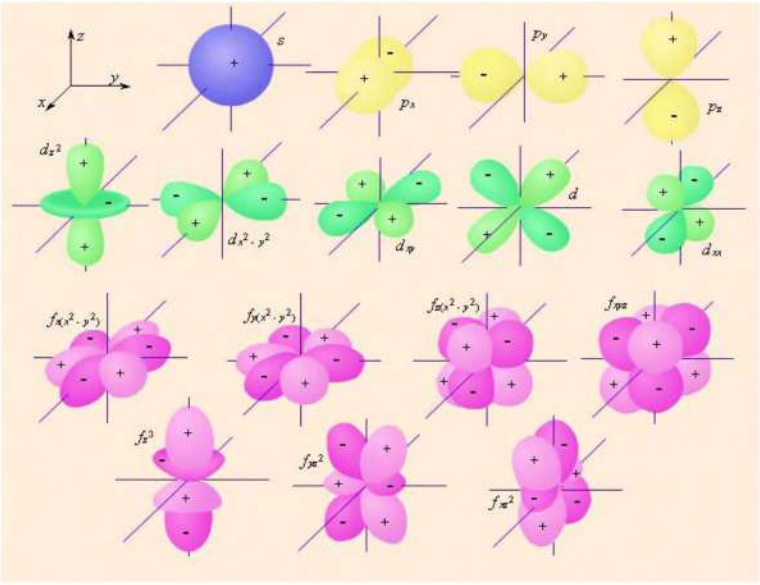


Рис. 2. Формы электронных облаков для различных состояний электронов

Магнитное квантовое число m_ℓ характеризует пространственную ориентацию орбиталей относительно друг друга. Принимает любые целые значения от $-\ell$ до $+\ell$, включая нулевое, т.е. $m=2\ell+1$ значений.

В таблице 5 представлены значения побочного ℓ и магнитного m_ℓ квантовых чисел.

Таблица 5

Значения квантовых чисел – ℓ и m_ℓ

Значение ℓ	0(s)	1(p)	2(d)	3(f)
Значение m_ℓ	0	–1, 0, +1	–2, –1, 0, +1, +2	–3, –2, –1, 0, +1, +2, +3

Каждая атомная орбиталь (АО) может характеризоваться тремя квантовыми числами n, ℓ и m_ℓ.

Условно атомную орбиталь обозначают в виде квантовой ячейки □.

Соответственно для:

s-подуровень, $m_\ell = 0$; одна АО;

p-подуровень, $m_\ell = -1, 0, +1$; три АО;

d-подуровень, $m_\ell = -2, -1, 0, +1, +2$; пять АО;

f-подуровень, $m_\ell = -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$; семь АО.

Спиновое квантовое число m_s. Каждый электрон также характеризуется собственным механическим моментом движения, который получил название *спина.* Спиновое квантовое число m_s имеет только два значения +½ и –½. Положительные и отрицательные значения спина связаны с его направлением. Электроны с разными спинами обычно обозначаются противоположно направленными стрелками ↑↓.

Таким образом, состояние электрона в атоме полностью характеризуется четырьмя квантовыми числами n, ℓ, m_l, и m_s.

Запись распределения электронов в атоме по уровням, подуровням и орбиталям получила название электронной формулы элемента. Например, электронная формула для водорода – $1s^1$, лития – $1s^22s^1$, бора – $1s^22s^22p^1$, магния – $1s^22s^22p^63s^2$.

При составлении электронных формул многоэлектронных атомов учитывают: *принцип минимальной энергии, принцип Паули, правила Гунда и Клечковского.*

Порядок заполнения атомных орбиталей электронами определяется *принципом наименьшей энергии*: наиболее устойчивое состояние электрона в атоме соответствует минимально возможному значению его энергии. Первыми заполняются орбитали с минимальными уровнями энергии, ближние к ядру.

Правило Клечковского. Увеличение энергии и соответственно заполнение орбиталей происходит в порядке возрастания суммы квантовых чисел $n + \ell$, а при равной сумме $n + \ell$ в порядке возрастания числа n. Соответственно этому правилу подуровни выстраиваются в следующий ряд:

1s→2s→2p→3s→3p→4s→**3d**→4p→5s→**4d**→5p→6s→**4f**→**5d**→6p→7s→**4f**→**6d**.

Исключение составляют d- и f-элементы с полностью и наполовину заполненными подуровнями, у которых наблюдается так называемый провал электронов, например Cu, Ag, Cr, Mo, Pd, Pt.

Принцип запрета Паули, согласно которому в атоме не может быть двух электронов, обладающих одинаковым набором квантовых чисел. Отсюда следует, что на каждой орбитали может быть не более двух электронов, причем они должны иметь противоположные (антипараллельные) спины.

Правило Гунда. В соответствии с этим правилом заполнение орбиталей одного подуровня в основном состоянии атома начинается одиночными электронами с одинаковыми спинами. После того как одиночные электроны займут все орбитали в данном подуровне, заполняются орбитали вторыми электронами с противоположными спинами.

Четыре электронных семейства элементов – по подуровню, заполняющимся электронами последним (рис. 3):

s-элементы – заполняется электронами s-подуровень внешнего уровня. К ним относятся первые два элемента каждого периода;

p-элементы заполняется электронами *p*-подуровень внешнего уровня. Это последние 6 элементов каждого периода, кроме первого;

d-элементы заполняется электронами *d*-подуровень второго снаружи уровня, а на внешнем уровне остается один или два электрона. К ним относятся элементы встроенных декад больших периодов, расположенных между *s*- и *p*-элементами, их также называют переходными элементами.

f-элементы – заполняется электронами *f*-подуровень третьего снаружи уровня, а на внешнем уровне остается два электрона. Это лантаноиды и актиноиды.

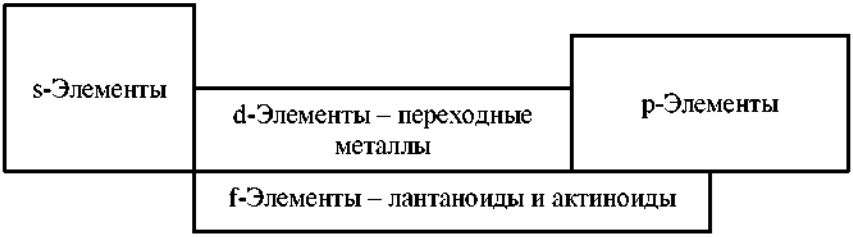


Рис. 3. Расположение элементов по семействам в ПСЭ

На рисунке 4 представлена схема составления электронной формулы атома азота N.

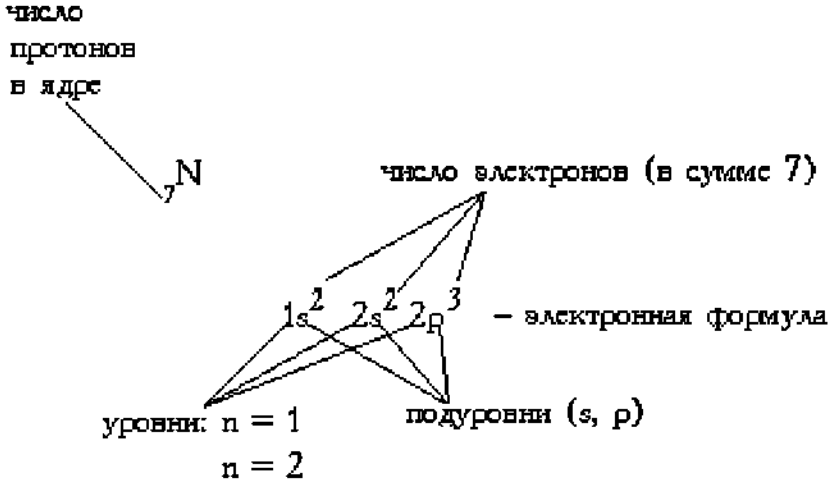


Рис. 4. Схема составление электронной формулы атома азота N

Наш соотечественник Дмитрий Иванович Менделеев, задолго до того, как было изучено строение атома, сформулировал в 1869 г. периодический закон. *Периодический закон* – фундаментальный закон природы, является основой всей современной химической науки: свойства элементов, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомной массы элементов.

Периодическая система элементов (ПСЭ) является графическим (табличным) выражением периодического закона и объективно отражает электронное строение атомов.

Генри Мозли (англ. Физик) – создатель метода рентгеновской спектроскопии, установил (1913), что положительный заряд ядра атома (в усл. ед.) равен порядковому номеру элемента в ПСЭ, т.е., что более точной характеристикой элемента является заряд ядра. Физический смысл периодического закона – свойства элементов зависят от заряда их ядер. Открытие Мозли подтвердило правильность периодической системы.

Современная формулировка закона: свойства химических элементов и их соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда ядер их атомов.

Каждый элемент в ПСЭ Д. И. Менделеева имеет определенное местоположение – клетку, в которой содержится основная информация о нем: атомный номер, относительная атомная масса, название и символ элемента.

В таблице химические элементы расположены последовательно по возрастающим атомным (порядковым) номерам, а химические свойства элементов изменяются периодически, что объясняется последовательным заполнением электронами энергетических уровней.

Периодическая система элементов состоит из семи периодов, восьми групп и подгрупп в коротком варианте или 18 групп в длиннопериодной таблице. *Периодом* называется горизонтальный ряд элементов с одинаковым значением главного квантового числа (n), размещенных в порядке возрастания заряда ядра атомов и с последовательным заполнением в атомах одинаковых электронных подуровней. Периоды начинаются с s-элемента и заканчиваются p-элементом. Малые периоды: первый содержат 2, второй и третий по 8 элементов. Большие периоды – каждый распределен в две стро-

ки: четвертый и пятый содержат по 18 элементов, шестой и седьмой – по 32 элемента, из которых по 14 элементов вынесены вниз таблицы. В 2016 г. ИЮПАК утвердил названия последних элементовиз седьмого периода, синтезированных новых элементов 113 – нихоний Nh (самоназвание Японии – Нихон), 114 – флеровий Fl (в честь советского академика Г. Н. Флёрова), 115 – московий Mc (в честь города Москва), 117 – теннессин Ts (американский штат Теннесси) и 118 – оганесон Og (в честь академика РАН Ю. Оганесяна).

В периоде закономерно изменяется электронная конфигурация атомов.

В коротком варианте ПСЭ в каждом периоде содержится по восемь групп, что соответствует максимальному числу электронов на внешних оболочках. *Группы* делятся на *главные* и *побочные* подгруппы. Подгруппы включают в себя элементы с аналогичными электронными структурами. К главным подгруппам (подгруппам А) относятся подгруппы элементов второго периода: Li, Be, B, C, N, O, F и подгруппа благородных газов. К побочным подгруппам (подгруппам В) принадлежат *d*- и *f*-элементы.

Главная подгруппа – это вертикальный ряд элементов, атомы которых имеют одинаковое число электронов на внешнем электронном слое, равное номеру группы. В главную подгруппу входят элементы малых периодов и сходные с ними по химическим свойствам элементы больших периодов.

Побочная подгруппа – это вертикальный ряд *d*-элементов, которые имеют одинаковое суммарное число электронов на *d*-подуровне предвнешнего слоя и *s*-подуровне внешнего слоя. Это число обычно равно номеру группы.

Электронные аналоги – это элементы, атомы которых отличаются друг от друга числом энергетических уровней и сходны по конфигурации наружных уровней.

Номер группы указывает число электронов, которые могут участвовать в образовании химических связей.

В длиннопериодных таблицах элементы распределены в 18 группах, для определения валентности *p*-элементов 13-17 групп необходимо от номера группы вычесть 10 (рис. 5).

2.2. Электронное строение элементов и их положение в периодической системе.

Первый период ($n = 1$, $\ell = 0$) состоит из двух элементов H ($1s^1$) и He ($1s^2$).

Во втором периоде ($n = 2$, $\ell = 0, 1$) заполняются s- и p-орбитали от Li до Ne. Элементы называются соответсвенно s- и p-элементами.

В третьем периоде появляются пять d-орбиталей ($n = 3$, $\ell = 0, 1, 2$). Пока они вакантны, и третий период, как и второй, содержит восемь p-элементов элементов от Na до Ar.

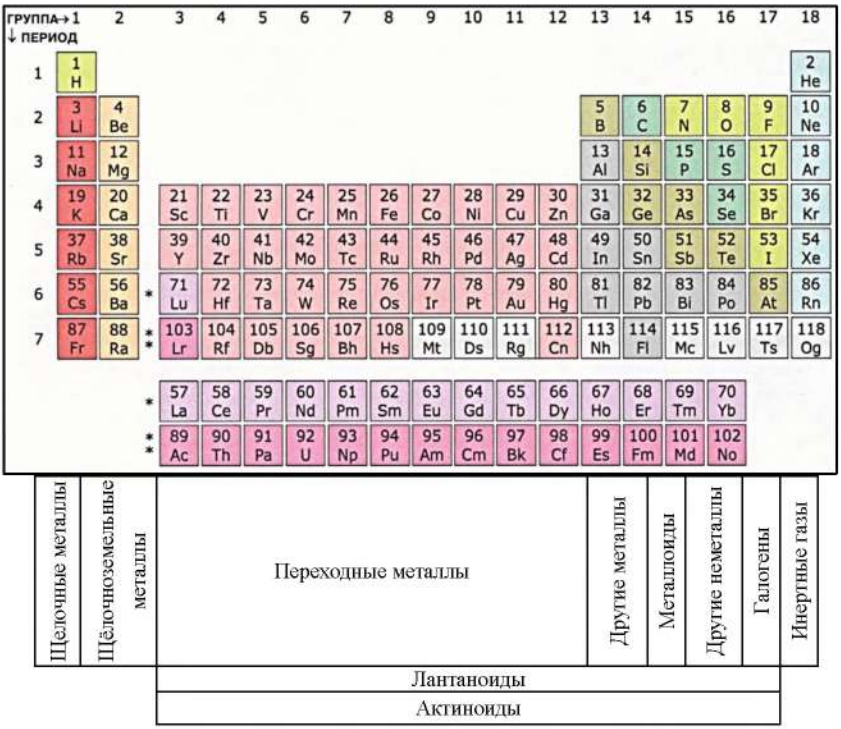


Рис. 5. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева (длиннопериодный вариант)

Следующие за аргоном калий и кальций имеют на внешнем уровне 4s-электроны (четвертый период и аналогичный ему – пятый). Появление 4s-электронов при наличии свободных 3d-орбиталей обусловлено экранированием ядра плотным $3s^2 3p^6$-электронным слоем. В связи с отталкиванием от этого слоя внеш-

них электронов для калия и кальция реализуются [Ar]$4s^1$- и [Ar]$4s^2$-состояния. [Ar] – краткая запись электронной формулы для элементов, стоящих после элемента инертного газа. Сходство K и Ca с Na и Mg подтверждено электронными спектрами.

При дальнейшем увеличении заряда у следующего за кальцием скандия Sc 3*d*-состояние становится энергетически более выгодным, чем 4*p*, поэтому и заселяется 3*d*-орбиталь. Из правила В. М. Клечковского, энергия атомных орбиталей возрастает по мере увеличения суммы $(n + \ell)$. При равенстве сумм сначала заполняется уровень с меньшим n и большим ℓ, а потом с большим n и меньшим ℓ. Так у K и Ca заполняется 4*s*-орбиталь (4 + 0 = 4), а потом у Sc заполняется 3*d*-орбиталь (3 + 2 = 5).

Значения энергии различных состояний зависит от заряда ядра Z, и чем больше Z, тем меньше различаются эти состояния по энергиям. Так для элементов K и Ca (Z=19 и 20) энергия 3*d*-орбиталей выше, чем 4*p*, а для элементов с $Z \geq 21$ энергия 3*d*-орбиталей ниже, чем 4*p*. Начиная со скандия (Z=21), заполняется 3*d*-орбиталь, а во внешнем слое остаются 4*s*-электроны. Поэтому в четвертом периоде в ряду от Sc до Zn все десять 3*d*-элементов – металлы с низшей степенью окисления, как правило, 2, за счет внешних 4*s*-электронов. Общая электронная формула этих элементов – $3d^{1-10}4s^{1-2}$. Для хрома и меди наблюдается проскок (или провал) электрона на *d*-уровень: Cr – $3d^5 4s^1$, Cu – $3d^{10}4s^1$. Такой проскок с *ns*- на $(n - 1)$ *d*-уровень наблюдается также у Mo, Ag, Au, Pt и у других элементов и объясняется близостью энергий *ns*- и $(n-1)$ *d*-уровней и стабильностью наполовину и полностью заполненных уровней.

Для элементов шестого периода цезия (Z=55) и бария (Z=56) электронами заполняется 6s-подуровень. У лантана (Z=57) один электрон поступает на 5*d*-подуровень, после чего заполнение этого подуровня приостанавливается, а начинает заполняться 4*f*-подуровень, семь орбиталей которого могут быть заняты 14 электронами. Это происходит у атомов элементов лантаноидов с Z=58-71. Поскольку у этих элементов заполняется глубинный 4f-подуровень третьего снаружи уровня, они обладают весьма близкими химическими свойствами. С гафния (Z=72) возобновляется заполнение
d-подуровня и заканчивается у ртути (Z=80), после чего электроны

заполняют 6*p*-подуровень. Заполнение уровня завершается у инертного газа радона (Z=86). В шестом периоде 32 элемента.

Седьмой период – заполнение электронами электронных уровней аналогично шестому периоду. После заполнения 7*s*-подуровня у франция (Z=87) и радия (Z=88) электрон актиния поступает на 6*d*-подуровень, после которого начинает заполняться 5*f*-подуровень 14 электронами. Это происходит у атомов элементов актиноидов с Z=90-103. После 103-го элемента идет заполнение 6*d*-подуровня.

Итак, строение атомов обусловливает две закономерности:

1) изменение свойств элементов по горизонтали – в периоде слева направо ослабляются металлические и усиливаются неметаллические свойства (рис. 6);

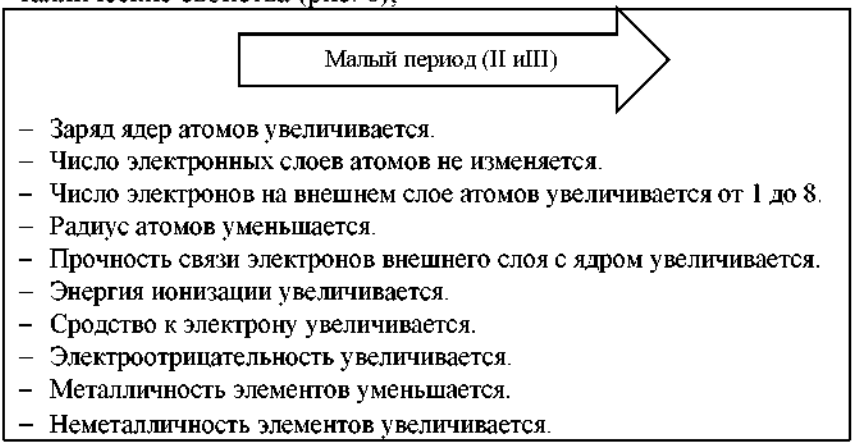
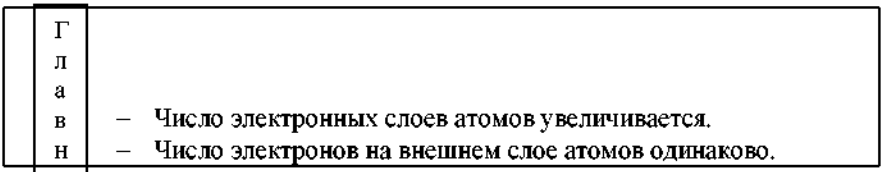


Рис. 6. Изменение свойств и характеристики элементов в малых периодах слева направо

2) изменение свойств элементов по вертикали – в группе с ростом порядкового номера усиливаются металлические свойства и ослабевают неметаллические (рис. 7).



- Радиус атомов увеличивается.
- Прочность связи электронов внешнего слоя с ядром уменьшается.
- Энергия ионизации уменьшается.
- Сродство к электрону уменьшается.
- Электроотрицательность уменьшается.
- Металличность элементов увеличивается.
- Неметаллличность элементов уменьшается.

Рис. 7. Изменение свойств и характеристики элементов в главных подгруппах сверху вниз

Вопросы для контроля

1. Протонно-нейтронная теория строения ядер.
2. Основные понятия: атом, изотоп, частица, волна, орбиталь.
3. Современные модели ядра атома.
4. Квантовые числа и атомные орбитали.
5. Принцип Паули, правила Гунда и Клечковского.
6. Электронных семейства элементов.
7. Периодический закон и периодическая система Д. И. Менделеева.
8. Изменение свойств и характеристики элементов в малых периодах.
9. Изменение свойств и характеристики элементов в главных подгруппах.
10. Электронное строение элементов.

3. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЛЕКУЛ

3.1. Виды и характеристики химической связи.

Крупным шагом в развитии представлений о строении молекул явилась теория химического строения органических соединений, выдвинутая в 1861 г. выдающимся русским химиком А. М. Бутлеровым.

Основу этой теории составляют следующие положения:

1) Атомы в молекулах соединены друг с другом в определенной последовательности.

2) Соединение атомов происходит в соответствии с их валентностью.

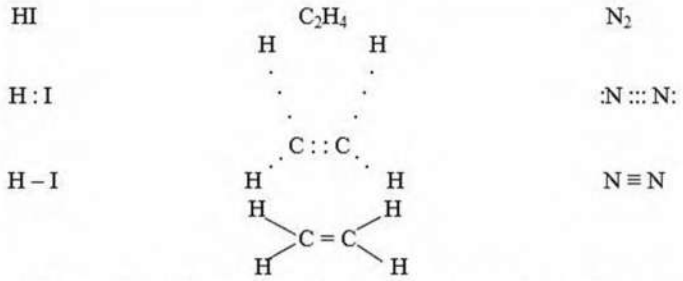
3) Свойства веществ зависят не только от их состава, но и от «химического строения», т.е. от порядка соединения атомов в молекулах и характера их взаимного влияния.

Эта теория нашла подтверждение не только для органических, но и неорганических веществ, поэтому ее следует считать фундаментальной теорией химии и основой химической связи.

Под *химической связью* понимаются различные виды взаимодействий, обусловливающие устойчивое существование двух- и многоатомных соединений: молекул, ионов, атомов, кристаллических и иных веществ. К основным видам химической связи относятся ионная, ковалентная и металлическая. Кроме того, между

молекулами возникает водородная химическая связь, и происходят Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия.

Для изображения химических связей используются октетные формулы, когда электроны изображаются точками, и структурные формулы – связи – обозначаются черточками. Например,



Ионная связь (Коссель, 1916). Химическая связь, возникающая между катионом и анионом за счет электростатического притяжения, называется ионной или электровалентной.

Такая связь возникает при большой разнице в электроотрицательностях связываемых атомов ($\Delta\chi > 2$), когда менее электроотрицательный атом почти полностью отдает свои валентные электроны и превращается в катион, а другой, более электроотрицательный атом, эти электроны присоединяет и становится анионом. Например, в хлориде натрия NaCl разность электроотрицательностей атомов равна:

$$\Delta\chi = 3{,}0(\text{Cl}) - 0{,}9(\text{Na}) = 2{,}1.$$

Атом Na (1 электрон на внешнем уровне) и атом Cl (7 внешних электронов) превращаются в ионы Na^+ и Cl^- с завершенными внешними электронными оболочками (по 8 электронов), между которыми возникает электростатическое притяжение, т.е. ионная связь (рис. 8).

$$_{+11}\text{Na}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \qquad \text{Na}^0 - \bar{e} \rightarrow \text{Na}^+$$
$$_{+17}\text{Cl}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \qquad \text{Cl}^0 + \bar{e} \rightarrow \text{Cl}^-$$

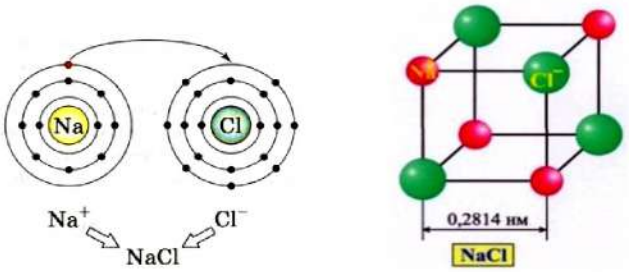


Рис. 8. Схема образования ионной химической связи
на примере хлорида натрия (NaCl)

Ионная связь не имеет пространственной направленности, так как каждый ион связан с некоторым числом противоионов, сила действия которых зависит от расстояния (закон Кулона). Поэтому ионно-связанные соединения не имеют молекулярного строения и представляют собой твердые вещества, образующие ионные кристаллические решетки, с высокими температурами плавления и кипения, они высокополярны, часто солеобразны, в водных растворах электропроводны. Соединений с чисто ионными связями практически не существует.

Ионная связь возникает между типичными металлами I и II группа (А) и типичными неметаллами VI иVII группа (А). В органических соединениях ионные связи встречаются довольно редко, т.к. атом углерода не склонен ни терять, ни приобретать электроны с образованием ионов.

Ковалентная связь. В органических соединениях этот тип связи является основным. Ковалентная связь возникает между атомами с относительно малыми различиями в электроотрицательностях ($\Delta\chi < 2$), например, С и Н, С и О, С и N, С и Cl, N и О и т.п., которые образуют химическую связь за счет общей электронной пары:

H : H C : C C : H C : O.

Связь, образованная путем обобществления пары электронов связываемых атомов, называется *ковалентной*. Эта связь может рассматриваться как электростатическое притяжение ядер двух атомов к общей электронной паре. В зависимости от степени различий в электроотрицательностях связанных атомов ковалентные связи подразделяются на полярные и неполярные. Слабополярные

связи (с низким значением $\Delta\chi$) по свойствам близки к неполярным, поэтому их часто объединяют в одну группу. Ковалентная связь, в отличие от ионной, обладает определенной направленностью (от атома к атому), и ее обозначают валентной чертой, символизирующей эту направленность:

$$Cl - Cl,\ H - CH_3.$$

Ионная связь точнее отражается знаками зарядов ионов: Na^+Cl^-.

Для ковалентных соединений характерно молекулярное строение (молекулярные кристаллические решетки), они имеют относительно низкие температуры плавления и кипения. Такие соединения мало полярны, плохо растворимы в воде, их растворы не проводят электрический ток.

Характерные свойства ковалентной связи – направленность, насыщаемость, полярность, поляризуемость – определяют химические и физические свойства органических соединений.

Направленность связи обусловливает молекулярное строение органических веществ и геометрическую форму их молекул. Углы между двумя связями называют валентными.

Насыщаемость – способность атомов образовывать ограниченное число ковалентных связей. Количество связей, образуемых атомом, ограничено числом его внешних атомных орбиталей.

Полярность связи обусловлена неравномерным распределением электронной плотности вследствие различий в электроотрицательностях атомов. По этому признаку ковалентные связи подразделяются на неполярные и полярные.

Поляризуемость связи выражается в смещении электронов связи под влиянием внешнего электрического поля, в том числе и другой реагирующей частицы. Поляризуемость определяется подвижностью электронов. Электроны тем подвижнее, чем дальше они находятся от ядер.

Полярность и поляризуемость ковалентных связей определяют реакционную способность молекул по отношению к полярным реагентам.

Важными количественными характеристиками ковалентной связи являются энергия связи, ее длина и дипольный момент.

- Энергия связи – энергия, выделяющаяся при ее образовании, или необходимая для разъединения двух связанных атомов. Энергия связи характеризует ее прочность.

- Длина связи – расстояние между центрами связанных атомов. Чем меньше длина, тем прочнее химическая связь.
- Дипольный момент связи (μ) – векторная величина, характеризующая полярность связи (измеряется в дебаях D или кулонметрах: 1D = 3,4·10-30 Кл·м).

Длина вектора равна произведению длины связи l на эффективный заряд q, который приобретают атомы при смещении электронной плотности: $|\mu| = l \cdot q$. Вектор дипольного момента направлен от положительного заряда к отрицательному. При векторном сложении дипольных моментов всех связей получают дипольный момент молекулы.

На характеристики связей влияет их кратность:

- энергия связи увеличивается в ряду: C–C < C=C < C≡C;
- длина связи растет в обратном порядке: C≡C < C=C < C–C.

Неполярная ковалентная связь.

Неполярная (симметричная) ковалентная связь – связь между атомами с равной электроотрицательностью ($\Delta\chi = 0$) и, следовательно, равномерным распределением электронной плотности между ядрами атомов:

H – H, F – F, Cl – Cl, O = O, N ≡ N и т.п.

Неполярными являются также связи между одинаковыми атомными группировками.

Например, связь C–C в молекуле $H_3C–CH_3$.

Дипольный момент неполярных связей равен 0.

Связи между одинаковыми атомами, имеющими различное окружение, к неполярным не относятся.

Например: $H_3C–CH=O$ (ацетальдегид), $H_3C–COOH$ (уксусная кислота) (дипольные моменты связей C–C 2,7 D и 1,7 D, соответственно).

Связь C–H в предельных углеводородах (например, в CH_4) считается практически неполярной, т.к.

$\Delta\chi$ = 2,5(C) – 2,1(H) = 0,4 (дипольный момент связи 0,2 D).

Следует отметить, что в непредельных углеводородах ($CH_2=CH_2$, CH≡CH, RC≡CH и т.п.) электроотрицательность углерода выше и связь C–H более полярна (особенно, если атом H связан с углеродом, имеющим тройную связь: H–C≡C–H, RC≡C–H).

Полярная ковалентная связь.

Полярная (несимметричная) ковалентная связь – связь между атомами с различной электроотрицательностью ($2 > \Delta\chi > 0{,}5$) и несимметричным распределением общей электронной пары.

Электронная плотность такой связи смещена в сторону более электроотрицательного атома, что приводит к появлению на нем частичного отрицательного заряда δ^- (дельта минус), а на менее электроотрицательном атоме – частичного положительного заряда δ^+ (дельта плюс):

$$C\delta^+ - Cl\delta^-,\ C\delta^+ - O\delta^-,\ C\delta^+ - N\delta^-,\ O\delta^- - H\delta^+,\ C\delta^- - Mg\delta^+.$$

Направление смещения электронов обозначается также стрелкой:

$$C \rightarrow Cl,\ C \rightarrow O,\ C \rightarrow N,\ O \leftarrow H,\ C \leftarrow Mg$$

Чем больше различие в электроотрицательности связываемых атомов, тем выше полярность связи и больше ее дипольный момент. Между противоположными по знаку частичными зарядами действуют дополнительные силы притяжения, увеличивая прочность связи.

Полярность связей влияет на химические и физические свойства соединений. От полярности связи зависит механизм реакции и даже реакционная способность соседних связей. Полярность связей может привести к полярности молекул и, таким образом, повлиять на физические свойства вещества (температуры плавления и кипения, растворимость).

σ -, π-Связи.

При образовании ковалентной связи в молекулах органических соединений общая электронная пара заселяет связывающие молекулярные орбитали (МО), имеющие более низкую энергию. В зависимости от формы МО – σ-МО или π-МО – образующиеся связи относят к σ- или π-типу.

- σ-Связь – ковалентная связь, образованная при перекрывании s-, p- и гибридных атомных орбиталейм (АО) вдоль оси, соединяющей ядра связываемых атомов (т.е. при осевом перекрывании АО) (рис. 9).

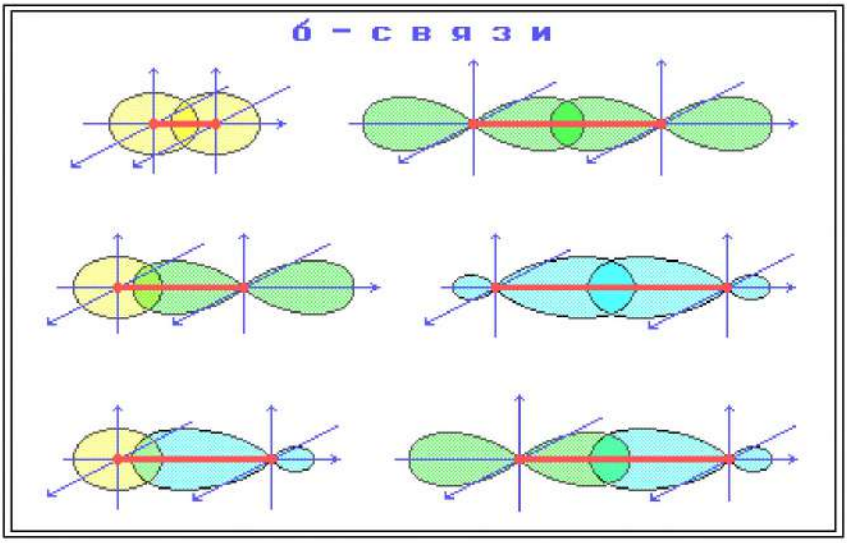


Рис. 9. Строение σ-связи

- π-Связь – ковалентная связь, возникающая при боковом перекрывании негибридных р-АО. Такое перекрывание происходит вне прямой, соединяющей ядра атомов (рис. 10).

π-Связи возникают между атомами, уже соединенными σ-связью (при этом образуются двойные и тройные ковалентные связи). П-Связь слабее σ-связи из-за менее полного перекрывания р-АО.

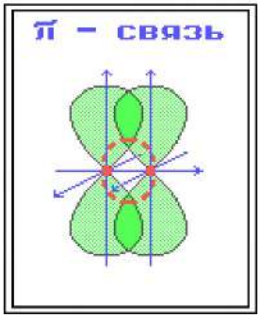


Рис. 10. Строение π-связи

Различное строение σ- и π-молекулярных орбиталей определяет характерные особенности σ- и π-связей.

1) σ-Связь прочнее π-связи. Это обусловлено более эффективным осевым перекрыванием АО при образовании σ-МО и нахождением σ-электронов между ядрами.

2) По σ-связям возможно внутримолекулярное вращение атомов, т.к. форма σ-МО допускает такое вращение без разрыва связи. Вращение по двойной (σ + π) связи невозможно без разрыва π-связи.

3) Электроны на π-МО, находясь вне межъядерного пространства, обладают большей подвижностью по сравнению с σ-электронами. Поэтому поляризуемость π-связи значительно выше, чем σ-связи.

Связь между атомами возникает при перекрывании их атомных орбиталей с образованием молекулярных орбиталей (МО).

Различают два механизма образования ковалентной связи:

- обменный механизм – в образовании связи участвуют одноэлектронные атомные орбитали, т.е. каждый из атомов предоставляет в общее пользование по одному электрону;
- донорно-акцепторный механизм – образование связи происходит за счет пары электронов атома-донора и вакантной орбитали атома-акцептора.

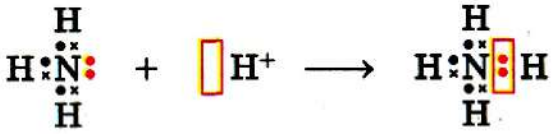
Механизм ковалентной неполярной и полярной связи, образования электронной пары за счет обобществления неспаренных электронов, называется *обменным*.

Веществ с неполярной ковалентной связью немного. Это газы – типичные неметаллы (H_2, F_2, Cl_2, O_2 и др.). Неполярными являются и многие симметрично построенные молекулы сложных веществ, хотя связи между атомами у них полярные, например, CO_2.

Вещества с ковалентной полярной связью – оксиды, кислоты, более распространены. Они способны к диссоциации.

Ковалентная связь по *донорно-акцепторному механизму*. Донорно-акцепторная связь возникает за счет двухэлектронного облака одного атома и свободной орбитали другого атома. Например, в соединении хлорида аммония NH_4Cl или $[NH_4]^+Cl^-$, в ионе аммония NH_4^+.

У атома азота: +7N $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$ на внешнем, втором энергетическом уровне, находятся 5 электронов. Два s-электрона спаренные и 3 неспаренные:

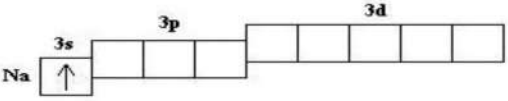


Донор **Акцептор** **Донорно-акцепторная связь**

В ионе аммония все связи равнозначны. Атом, предоставляющий неподеленную электронную пару, называется *донором* (азот), а атом, принимающий ее на свободную орбиталь, называется *акцептором* (водород): $[Al(OH)_4]^-Na^+$, HNO_3, $C{\equiv}O$, H_3O^+.

Металлическая связь. Возникает между атомами металлов. Металлы имеют избыток свободных орбиталей и небольшое количество валентных электронов.

У Na валентный электрон ($3s^1$) может занимать одну из девяти свободных орбиталей: одна *s*, три *p* и пять *d*:



В кристаллической решетке валентные орбитали перекрываются.

Валентные электроны делокализованы, обобществлены, свободно перемещаются по орбиталям, осуществляя связь, и называются электронным газом:

$$Me \rightleftarrows Me^{n+} + n\bar{e}.$$

Связь не имеет направленности.

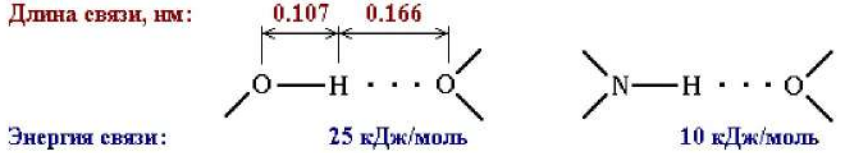
Физические свойства металлов определяются особенностями металлической связи.

Общее с ковалентной связью – валентные электроны обобщаются, но не двумя, а всеми атомами кристалла.

В газообразном состоянии атомы металлов в молекулах связаны между собой ковалентной связью.

Водородная связь. Атом водорода, связанный с сильно электроотрицательным элементом (азотом, кислородом, фтором и др.), испытывает недостаток электронов и поэтому способен взаимодействовать с неподеленной парой электронов другого электроотрицательного атома этой же или другой молекулы. В результате возникает *водородная связь*, которая графически обозначается тремя точками:

Эта связь значительно слабее других химических связей (энергия ее образования 10-40 кДж/моль) и в основном определяется электростатическим и донорно-акцепторным взаимодействиями:



Водородные связи влияют на физические и химические свойства вещества.

Водородные связи влияют на физические (температура кипения и температура плавления, летучесть, вязкость, спектральные характеристики) и химические (кислотно-основные) свойства соединений.

Межмолекулярные водородные связи обусловливают ассоциацию молекул, что приводит к повышению температур кипения и плавления вещества. Например, этиловый спирт C_2H_5OH, способный к ассоциации, кипит при +78,3°С, а диметиловый эфир CH_3OCH_3, не образующий водородных связей, лишь при -24°С (молекулярная формула обоих веществ C_2H_6O).

Образование водородных связей с молекулами растворителя способствует улучшению растворимости. Так, метиловый и этиловый спирты (CH_3OH, C_2H_5OH), образуя водородные связи с молекулами воды, неограниченно в ней растворяются.

Внутримолекулярная водородная связь образуется при благоприятном пространственном расположении в молекуле соответствующих групп атомов и специфически влияет на свойства. Например, водородная связь внутри молекул салициловой кислоты повышает ее кислотность.

Водородные связи играют исключительно важную роль в формировании пространственной структуры биополимеров (белков, полисахаридов, нуклеиновых кислот), что в значительной степени определяет их биологические функции.

Свойства связи.

Полярность связи – степень смещения электронной плотности, приводящего к возникновению разнополярных полюсов. Молекула с ковалентной связью может быть неполярной, если связанные этой связью атомы имеют одинаковые электроотрицательности:

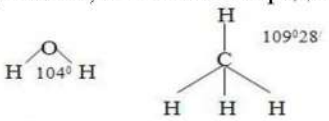
$$H_3C–CH_3 \qquad H–H.$$

Если же один из атомов обладает большей электроотрицательностью, то электронная плотность в этом случае будет смещена в его сторону. Такая молекула будет полярной. Например,

$$H_3C \rightarrow Cl.$$

Поляризуемость – способность связи изменять свою полярность под действием внешнего электромагнитного поля. Такое поле может создавать и атакующий реагент, и растворитель.

Направленность – образование связи происходит не в любых направлениях пространства, а только в определенных.



Углы, которые образуют ковалентные связи между собой, – *валентные углы*.

Длина связи (*l*; нм) – расстояние между ядрами атомов.

Кратность связи – количество электронных пар, связывающих два атома или группу атомов. Чем больше кратность, тем меньше длина связи и больше энергия.

Энергия (Е, кДж/моль) – это та энергия, которая выделяется при образовании химической связи или поглощается при ее разрыве. Чем выше энергия связи, тем прочнее связь.

Образование ковалентной связи можно рассматривать в рамках двух методов квантовой химии: *метода валентных связей (ВС) и метода молекулярных орбиталей (МО).*

Метод валентных связей (ВС). Льюис (американский ученый) в 1916 г. предположил, что химическая связь образуется за счет обобществления двух электронов с противоположно направ-

ленными спинами, принадлежащих двум атомам. При этом электронная оболочка атома стремится по строению к электронной оболочке инертного газа. Ковалентная связь тем прочнее, чем в большей степени перекрываются электронные облака.

При совпадающем направлении спинов сближение атомов приводит к непрерывному возрастанию энергии системы и связь не образуется. При противоположно направленных спинах на энергетической кривой имеется минимум, т.е. образуется устойчивая система – молекула водорода H_2 (рис. 11).

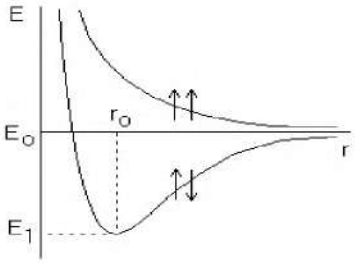


Рис. 11. Зависимость энергии от расстояния между атомами водорода при однонаправленных и противоположно направленных спинах

Волнистые линии на схеме показывают, что в молекуле водорода каждый электрон занимает место в квантовых ячейках обоих атомов, т.е. движется в силовом поле, образованном ядрами атомов водорода (рис. 12).

Метод ВС позволяет понять способность атомов к образованию определенного числа ковалентных связей, объясняет направленность ковалентной связи. Однако, в ряде случаев метод ВС не может объяснить природу образующихся химических связей или приводит к неверным заключениям о свойствах молекул.

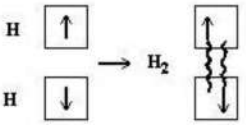
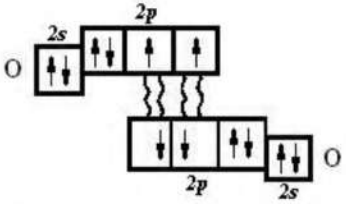


Рис. 12. Схема расположения электронов в молекуле водорода

Так, согласно методу ВС, все ковалентные связи осуществляются общей парой электронов. Но, было установлено существование иона H_2^+. Так как в его состав входит только один электрон, то никакой электронной пары в этом случае образоваться не может. Таким образом, метод ВС не дает удовлетворительного объяснения существованию иона H_2^+.

Образование молекулы O_2 описывается методом ВС следующим образом:



Согласно такому описанию, молекула O_2 не содержит неспаренных электронов. Однако магнитные свойства кислорода указывают на то, что в молекуле O_2 имеются два неспаренных электрона.

Подобные факты получают более или менее удовлетворительное объяснение на основе метода молекулярных орбиталей (МО).

Метод молекулярных орбиталей (МО) исходит из предположения, что состояние электронов в молекуле может быть описано как совокупность молекулярных электронных орбиталей, каждой из которых соответствует определенный набор молекулярных квантовых чисел. Если атомные орбитали (АО) обозначаются s, p, d, f, то МО – σ, π, δ, φ. Если образование МО требует затраты энергии, то образующуюся МО называют *разрыхляющей*, если образование МО сопровождается выделением энергии – *связывающей*.

В образовании молекулы водорода H_2 с точки зрения метода МО (рис. 13), при достаточном сближении атомов водорода, происходит перекрывание их электронных орбиталей, при этом из двух одинаковых ls-орбиталей образуются две молекулярные орбитали: одна из них от сложения атомных орбиталей, другая от их вычитания.

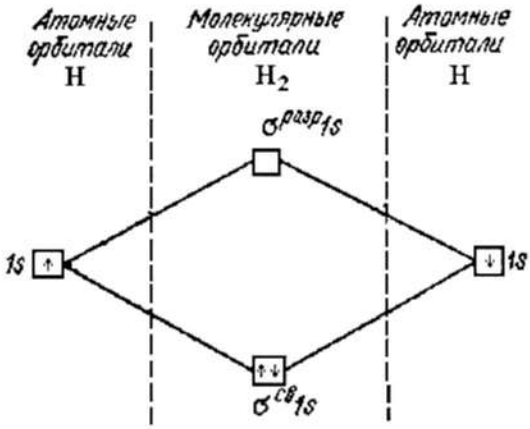


Рис. 13. Энергетическая схема образования молекулы водорода

Из шести исходных 2р-орбиталей образуются шесть МО: три связывающих и три разрыхляющих. В молекуле кислорода O_2 в образовании химических связей принимают участие по четыре 2р-электрона каждого атома, следовательно, всего на МО должны перейти восемь электронов (рис. 14). Шесть из них занимают три связывающие МО, а две размещаются на разрыхляющих МО.

Кратность связи в методе МО принято определять по числу связывающих электронов, участвующих в ее образовании: два связывающих электрона соответствуют простой связи, 4 – двойной и т.д. При этом разрыхляющие электроны компенсируют действие соответствующего числа связывающих электронов.

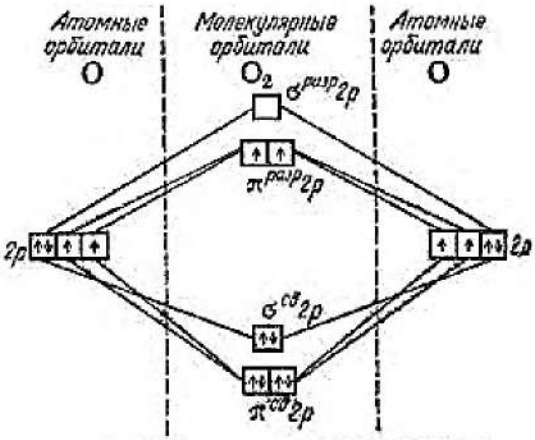


Рис. 14. Энергетическая схема образования молекулы кислорода

Так, если в молекуле кислорода O_2 имеются 6 связывающих и 2 разрыхляющих электрона, то избыток числа связывающих электронов над числом разрыхляющих равен четырем, что соответствует образованию двойной связи.

Из схемы (рис. 14) видно, что в молекуле O_2 присутствуют два неспаренных электрона, чем и объясняются парамагнитные свойства кислорода.

Теория гибридизации была предложена в 1931 г. амер. Л. Полингом. Гибридизация – смешение и выравнивание электронных облаков по форме и энергии. В зависимости от того, какие виды электронных облаков и сколько участвует в гибридизации, различают типы гибридизации.

1) ***sp^3-Гибридизация.*** При этой гибридизации происходит смешение одной 2s- и трех 2p-орбиталей. В результате образуются четыре одинаковые гибридные орбитали, имеющие большую электронную плотность по одну сторону ядра. Все четыре гибридные орбитали строго ориентированы в пространстве – во взаимоперпендикулярных плоскостях, создавая геометрическую фигуру – тетраэдр, так как они расположены относительно друг друга под углом $109^{\circ}28'$. Такая геометрия обеспечивает минимальное отталкивание между четырьмя связывающими парами электронов атома углерода в молекуле метана CH_4 (рис. 15).

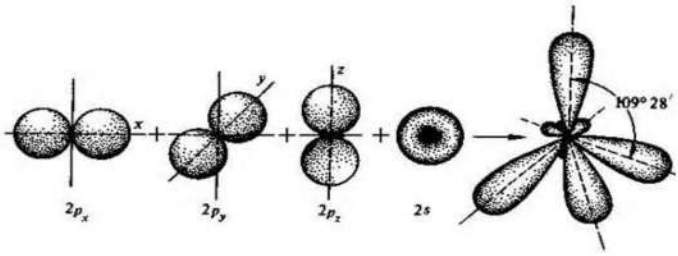


Рис. 15. Sp^3-Гибридизация молекулы метана CH_4

2) ***sp^2-Гибридизация***. Эта гибридизация – результат смешения одной 2s- и двух 2p-орбиталей. При этом образуются три гибридные орбитали, расположенные в одной плоскости под углом 120° друг к другу (плоскость равностороннего треугольника). Третья 2p-орбиталь, не принимающая участия в гибридизации, сохраняет свою прежнюю форму и располагается в плоскости, перпендикулярной плоскости гибридных орбиталей. На схеме (рис. 16) показано образование σ- и π-связей в молекуле этилена C_2H_4.

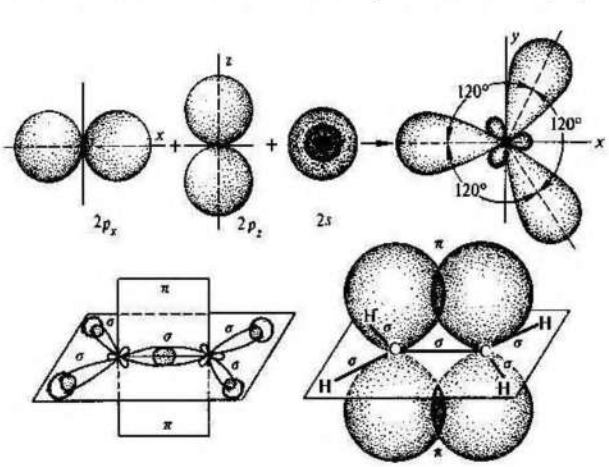


Рис. 16. Образование σ- и π-связей в молекуле этилена C_2H_4

3. ***sp-Гибридизация***. При смешении одной 2s- и одной 2p-орбитали образуются две гибридные орбитали, расположенные на одной прямой линии. Остальные две 2p-орбитали, не участвующие в гибридизации, расположены во взаимно перпендикулярных

плоскостях. На схеме (рис. 17) изображено образование σ- и π-связей в молекуле ацетилена C_2H_4.

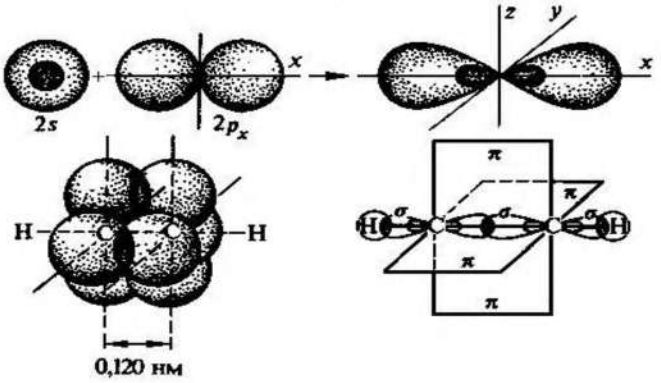
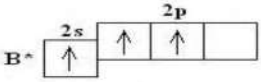


Рис. 17. Образование σ- и π-связей в молекуле ацетилена C_2H_4

Процесс гибридизации характерен и для молекул неорганических соединений.

Атом бора в молекуле фторида бора BF_3 находится в состоянии sp^2-гибридизации.



Здесь вместо исходных одной s- и двух p-орбиталей атома бора образуются три равноценные sp^2-орбитали. Поэтому молекула BF_3 построена в форме правильного треугольника, в центре которого расположен атом бора, а в вершинах – атомы фтора. Все три связи B–F в молекуле BF_3 равноценны.

Основные характеристики атомов – это радиус, энергия ионизации, сродство к электрону и электроотрицательность.

В периоде *атомные радиусы* элементов уменьшаются слева направо, из-за увеличения силы притяжения электронов к ядру с увеличением его заряда. В группе сверху вниз атомные радиусы возрастают, из-за увеличения числа электронных уровней. Радиусы положительно заряженных ионов меньше, а радиусы отрицательно заряженных ионов больше радиусов соответствующих атомов:

$$r_{\text{аниона}} > r_{\text{атома}} > r_{\text{катиона}}$$

$$F^- < Cl^- < Br^- < I^-.$$

Энергия, необходимая для удаления одного моля электронов от одного моля атомов какого-либо элемента, называется *энергией ионизации*. Это та энергия, которую нужно затратить, чтобы превратить атом в ион (измеряется в кДж/моль). Энергия ионизации возрастает по периоду периодической системы, в одной группе с увеличением порядкового номера элемента (сверху вниз) уменьшается вследствие увеличения размера атомов и расстояния между ядром и внешней электронной оболочкой.

Атомы могут не только отдавать, но и присоединять электроны. Энергия, выделяющаяся при присоединении ē к свободному атому, называется *сродством к электрону*. Сродство к электрону выражают в килоджоулях на моль (кДж/моль) или в электронвольтах на атом (эВ/атом). У металлов сродство к ē равно нулю или отрицательное, так как для большинства металлов присоединение ē энергетически невыгодно. Сродство к ē атомов неметаллов всегда положительное и тем больше, чем ближе к благородному газу расположен неметалл в ПС.

Электроотрицательность (ЭО) – это способность атома в молекуле притягивать к себе общую электронную пару.

Электроотрицательность является полной и общей характеристикой энергии ионизации и сродства к электрону. Чем меньше электроотрицательность элемента, тем сильнее выражены его металлические свойства и слабее неметаллические. Электроотрицательность имеет условный характер, используется для объяснения типа химической связи и свойств соединений. Л. Полингом (1932) предложен термохимический метод расчета ЭО и введена относительная шкала ЭО элементов. За единицу ЭО была принята ЭО лития. Наибольшее значение ЭО имеет фтор – 4,0. У инертных газов ЭО отсутствует. Имеется несколько шкал электроотрицательности.

Согласно Р. Малликену (США) ЭО равна полусумме энергии ионизации и сродства к электрону.

3.2. Комплексные соединения и их структура.

В переводе с лат. *Complexus* означает сочетание. Многие комплексные соединения получают из двух или трех веществ, часто – из солей, например:

$$Fe(CN)_2 + 4KCN \rightarrow K_4[Fe(CN)_6],$$
$$AlCl_3 + 6H_2O \rightarrow [Al(H_2O)_6]Cl_3,$$

$$Fe + 5CO \rightarrow [Fe(CO)_5].$$

Комплексные соли при диссоциации образуют сложные комплексные ионы, которые довольно устойчивы в водных растворах:

$$[Cu(NH_3)_4]SO_4 \rightleftarrows [Cu(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-},$$

$$K_3[Fe(CN)_6] \rightleftarrows 3K^+ + [Fe(CN)_6]^{3-}.$$

Теорию строения комплексных соединений разработал швейцарский химик А. Вернер.

Согласно теории А. Вернера в центре молекулы комплексного соединения находится центральный *ион-комплексообразователь.* Ионами-комплексообразователями являются ионы металлов. Наибольшую склонность к комплексообразованию проявляют ионы d-элементов. Вокруг центрального иона-комплексообразователя находятся противоположно заряженные ионы или нейтральные молекулы, которые называются *лигандами.*

Ион-комплексообразователь и лиганды составляют внутреннюю сферу комплексного соединения, которую обозначают квадратными скобками.

Число лигандов (аддендов), которые координируются вокруг центрального иона-комплексообразователя, называется *координационным числом.* Координационные числа алюминия в $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ и координационное число железа в $[Fe(CN)_6]^{4-}$ равно шести. Координационное число железа в $[Fe(CO)_5]$ равно пяти.

Наиболее характерные координационные числа для ионов различных металлов приведены в таблице 6.

Таблица 6

Координационные числа для ионов различных металлов

Координационное число	Ионы-комплексообразователи
2	Cu^+, Ag^+, Au^+
4	Cu^{2+}, Co^{2+}, Au^{3+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, Pt
6	Fe^{2+}, Fe^{3+}, Co^{3+}, Ni^{2+}, Al^{3+}, Pt^{4+}, Pb^{4+}, Cr^{3+}

Заряд комплексного иона равен алгебраической сумме зарядов комплексообразователя и лигандов. Например, заряд иона $[Au(CN)_2]$ будет равен (+1) + (–2) = –1.

Если лигандами являются электронейтральные молекулы, то заряд комплексного иона равен заряду комплексообразователя.

Ионы, не вошедшие во внутреннюю сферу, образуют внешнюю сферу. Если комплексный ион – катион, то во внешней сфере находятся анионы:

$[Cu(NH_4)_4]^{2+}SO_4^{2-}$, $[Ag(NH_3)_2]^{1+}Cl^-$.

Если комплексный ион – анион, то во внешней сфере находятся катионы. Катионами обычно являются ионы щелочных и щелочноземельных металлов или катион аммония:

$K_4[Fe(CN)_6]$, $Na[Ag(CN)_2]$, $NH_4[AuCl_4]$.

Номенклатура комплексных соединений.

Названия солей, содержащих комплексный катион, и солей, содержащих комплексный анион, отличаются по своей структуре.

1) Соль содержит комплексный катион. Первым называют анион соли (сульфат, фосфат, хлорид и др.). Затем называют входящие во внутреннюю сферу лиганды-анионы с окончанием на «о» (OH^- – гидроксо, Cl^- – хлоро, NO_2^- – нитро и т. д.). После этого называют лиганды, представляющие собой нейтральные полярные молекулы (NH_3 – «аммин», H_2O – «акво»). Если одинаковых лигандов во внутренней сфере комплекса больше одного, то их количество указывают греческими числительными (2 – ди, 3 – три, 4 – тетра,
5 – пента, 6 – гекса и т. д.).

Последним называют центральный ион-комплексообразователь, причем металлы называют в русской транскрипции.

Если центральный атом имеет переменную валентность, ее указывают римской цифрой в скобках после названия комплексообразователя.

Например:

$[Ag(NH_3)_2]Cl$ – хлорид диаммин серебра (I),

$[Cu_I(NH_3)_4]SO_4$ – сульфат тетрааммин меди (II).

2) Соль содержит комплексный анион. Сначала называют лиганды-анионы, затем молекулярные лиганды с окончанием «о», указывая количество их греческими числительными. Затем называют комплексообразователь, используя латинское название элемента с прибавлением суффикса «ат». Валентность центрального иона (если это необходимо) отмечается римскими цифрами в скобках после названия элемента. Последним называют катион, находящийся во внешней сфере (русское название элемента в родительном падеже). Число катионов в названии соли не указывается. Например:

$K_3[Fe(CN)_6]$ – гексацианоферрат (III) калия,

$Na[Al(OH)_4]$ – тетрагидроксоалюминат натрия.

Устойчивость комплексных соединений. Комплексные соединения – неэлектролиты в водных растворах диссоциации не подвергаются. У них отсутствует внешняя сфера комплекса, например: $[Zn(NH_3)_2Cl_2]$, $[Co(NH_3)_3(NO_3)_3]$, $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$. В водной среде такие молекулы гидратируются как единое образование.

Комплексные соединения – электролиты при диссоциации в водных растворах образуют комплексные ионы, например:

$$[Ag(NH_3)_2]Cl \rightleftarrows [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^-,$$

$$K[Ag(CN)_2] \rightleftarrows K^+ + [Ag(CN)_2]^-.$$

Комплексные ионы в свою очередь подвергаются вторичной диссоциации:

$$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftarrows Ag^+ + 2NH_3, \quad \text{(а)}$$

$$[Ag(CN)_2]^- \rightleftarrows Ag^+ + 2CN^-. \quad \text{(б)}$$

Однако эта диссоциация обычно протекает в незначительной степени. Применяя закон действующих масс к обратимым процессам (а) и (б), получаем выражения *констант нестойкости* комплексных ионов. Числовые значения $K_н$ даны для комнатной температуры:

$$\frac{[Ag^+] \cdot [NH_3]^2}{[[Ag(NH_3)_2]^+]} = K_{н\,[Ag(NH_3)_2]^+} = 6{,}8 \cdot 10^{-8}$$

и

$$\frac{[Ag^+] \cdot [CN^-]^2}{[[Ag(CN)_2]^-]} = K_{н[Ag(CN)_2]^-} = 1{,}0 \cdot 10^{-21}.$$

Константа нестойкости комплексного иона характеризует прочность (устойчивость) внутренней сферы комплексного соединения. В приведенных примерах комплекс $[Ag(CN)_2]^-$ более прочен, чем комплекс $[Ag(NH_3)_2]^+$, так как имеет меньшее значение $K_н$.

Соединения с малоустойчивой внутренней сферой называют *двойными солями*. Обозначают их иначе, а именно – как соединения молекул, например $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3$. Принципиальной же разницы между двойными солями и комплексными соединениями нет. В растворе двойной соли имеется некоторое количество комплексных ионов (например, $[Al(SO_4)_2]^-$). Двойная соль отличается от комплексной соли лишь диссоциацией комплексного иона: у первой она практически полная, а у второй – незначительная.

Диссоциация $K_2[CuCl_4] \cdot 2H_2O$ протекает по уравнению:

$$K_2[CuCl_4] \cdot 2H_2O \rightleftarrows 2K^+ + [CuCl_4]^{2-} + 2H_2O$$
$$[CuCl_4]^{2-} \rightleftarrows Cu^{2+} + 4Cl^-.$$

Образующийся комплексный ион устойчив только в концентрированных растворах, и его константа нестойкости при комнатной температуре

$$K_{н[CuCl_4]^{2-}} = \frac{[Cu^{2+}] \cdot [Cl^-]^4}{[\,[CuCl_4]^{2-}]} = 2 \cdot 10^{-4}.$$

Сравним значение $K_н[CuCl_4]^{2-}$ со значением константы нестойкости одного из комплексных ионов меди, например $K_н[Cu(NH_3)_4]^{2+}=2\cdot10^{-13}$. Тогда мы увидим, что $K_н[CuCl_4]^{2-} > K_н[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ на несколько порядков, а чем меньше константа нестойкости комплекса, тем больше его устойчивость.

Так как диссоциация комплексного иона является процессом обратимым, то, выводя из сферы реакции ионы, можно практически разрушить комплекс. В качестве примера рассмотрим взаимодействие HNO_3 с $[Ag(NH_3)_2]Cl$. $[Ag(NH_3)_2]Cl$ полностью диссоциирует на $[Ag(NH_3)_2]^+$ и Cl^-. Комплексный ион диссоциирует частично:

$$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftarrows Ag^+ + 2NH_3.$$

Азотная кислота (или ион водорода) связывает молекулы аммиака:

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3 \text{ или } NH_3 + H^+ = NH_4^+.$$

Она выводит их из сферы реакции, в результате чего новые ионы $[Ag(NH_3)_2]^+$ подвергаются диссоциации (для восстановления равновесия), в растворе увеличивается концентрация Ag^+. А поскольку там имеются хлорид-ионы, то произведение концентраций свободных ионов Ag^+ и Cl^- превышает $ПР_{AgCl}$ и AgCl выпадает в осадок. Суммарно весь процесс можно записать так:

$$[Ag(NH_3)_2]Cl + 2HNO_3 = AgCl\downarrow + 2NH_4NO_3$$

или

$$[Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^- + 2H^+ = 2AgCl\downarrow + 2NH_4^+.$$

Для характеристики *устойчивости (прочности) комплексного иона* применяют величину, обратную константе нестойкости. Ее называют константой устойчивости ($K_{уст}$) или константой образования комплекса. Величины $K_н$ и $K_{уст}$ взаимосвязаны:

$$K_{уст} = \frac{1}{K_н}.$$

Общая константа устойчивости комплексного иона $K_{уст}$ равна произведению констант отдельных стадий комплексообразования, т.е.

$$K_{уст} = K_1 \cdot K_2.$$

Для иона $[Ag(NH_3)_2]^+$

$$K_{уст} = K_1 \cdot K_2 = \frac{[[Ag(NH_3)_2]^+]}{[Ag^+][NH_3]^2} = 1{,}5 \cdot 10^7.$$

3.3 Значение комплексных соединений в биологии и сельском хозяйстве.

За последние два-три десятилетия исследовано очень много ферментов, соединений типа хлорофилла и гемоглобина, различных комплексов, осуществляющих в клетке перенос электронов, протонов, фосфатных и других групп. Установлено, что при очень небольших содержаниях лабильные соединения металлов исключительно важны для жизнедеятельности клетки, растительных и животных организмов, в частности для передачи наследственной информации и деятельности нервной системы.

Одновременно развивается направление, ставящее своей целью изучение роли комплексов в минеральном питании растений. Доказано, что фиксация атмосферного азота, ассимиляция растениями углекислого газа, усвоение микроэлементов происходят с участием комплексообразования.

Вопросы для контроля

1. Виды и характеристики химической связи: ионная, ковалентная, металлическая, водородная.
2. Донорно-акцепторное взаимодействие молекул.
3. Свойства связи: полярность связи, поляризуемость, направленность.
4. Методы валентных связей и молекулярных орбиталей.
5. Теория гибридизации: sp^3-гибридизация, sp^2-гибридизация, sp-гибридизация.
6. Основные характеристики атомов: радиус, энергия ионизации, сродство к электрону и электроотрицательность.
7. Теория строения комплексных соединений А. Вернера.
8. Номенклатура комплексных соединений. Соль содержит комплексный катион.
9. Номенклатура комплексных соединений. Соль содержит комплексный анион.
10. Константа нестойкости и устойчивости комплексного иона.

4. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

4.1. Основные понятия химической термодинамики.

Термодинамика – наука о взаимопревращениях различных видов энергии в форме теплового обмена и работы в макроскопических системах, и законы, описывающих эти превращения.

Классическая термодинамика имеет ограничения:

- не рассматривает внутреннее строение тел и механизм протекающих в них процессов;
- отсутствует понятие «время».

Термодинамика изучает:

Переходы энергии из одной формы в другую, от одной части системы к другой;

Энергетические эффекты, сопровождающие различные физические и химические процессы и зависимость их от условий протекания данных процессов;

Возможность, направление и пределы самопроизвольного протекания процессов в рассматриваемых условиях.

Химическая термодинамика

- изучает свойства тел и их изменения, происходящие при взаимном обмене тел энергией и веществом,
- рассматривает химическую реакцию (реагенты ⇄ продукты), как термодинамическую систему,
- решает следующие задачи:

- расчет тепловых эффектов процессов на основе первого закона термодинамики;

- определение направления самопроизвольного протекания процесса при фиксированных внешних условиях на основе второго закона термодинамики;

- расчет констант равновесия химических реакций и определение оптимальных условий их проведения (максимизация выхода продукта) на основе третьего закона термодинамики.

Основной объект исследования термодинамики – *система*.

Находящаяся вне системы остальная часть пространства, со всем, что в ней находится – *окружающая среда.* Обмен энергией между реакционной системой и внешней средой происходит на основе законов термодинамики.

Законы (начала) термодинамики имеют характер постулатов. Они являются фундаментальными законами природы, логичными утверждениями, справедливость которых была доказана всем опытом развития человечества.

Система – совокупность взаимодействующих веществ, реально или условно выделенных из окружающей среды (рис. 18).

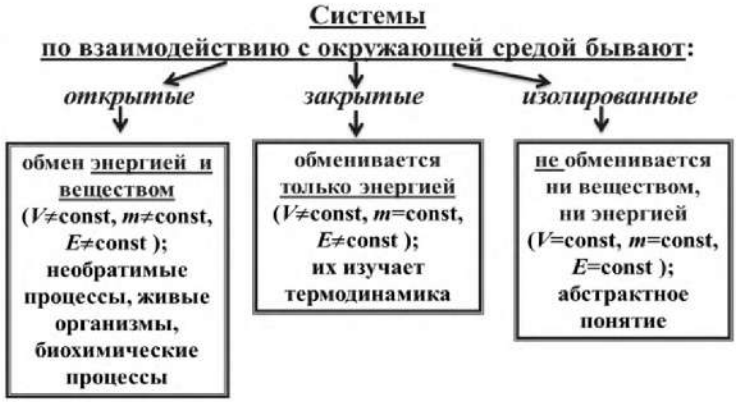


Рис. 18. Схема классификации системы по взаимодействию с окружающей средой

Часть системы, однородная во всех точках по составу, физическим и химическим свойствам и отделенная от других частей системы поверхностью раздела, называется *фазой* (рис. 19).

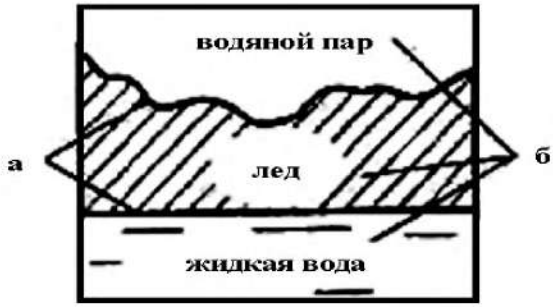


Рис. 19. Трехфазная система (жидкая вода, лед и водяной пар):
а – поверхности раздела фаз; б – фазы системы

Система, состоящая из …

- одной фазы, называется *гомогенной*, реакции протекают во всем ее объеме;
- нескольких фаз, называется *гетерогенной,* реакции протекают на границе раздела фаз.

Состояние системы – есть совокупность физических и химических свойств, характеризующих данную систему.

Различают состояния системы*:*

Равновесное – свойства во всех точках системы постоянны и не изменяются самопроизвольно, отсутствует обмен вещества или энергии, энергия системы минимальна. Из равновесного состояния система без вмешательства извне выйти не может.

Неравновесное – система, выведенная из состояния равновесия и еще не пришедшая в равновесное состояние. Параметры меняются при отсутствии воздействия.

Стационарное – свойства постоянны во времени, происходит непрерывный обмен вещества или энергии между системой и окружающей средой. Характерно для живого организма.

Переходное – изменение свойств системы во времени.

Совокупность физических и химических величин характеризующая состояние системы, называется *параметрами системы* (рис. 20).

Величины – независимые переменные, связаны уравнением Клапейрона–Менделеева:

$$PV = \nu RT.$$

ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ

↓	↓
интенсивные	экстенсивные (ёмкости)
температура, давление, концентрация, плотность, вязкость, химический потенциал	объем, масса, количество вещества, теплоемкость, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, энергия Гельмгольца

Рис. 20. Схема классификации параметров системы

Интенсивный параметр – это свойство, которое не зависит от количества или размера системы. Экстенсивные – зависят.

При взаимодействии систем значения интенсивных параметров усредняются, а экстенсивных – суммируются (рис. 21).

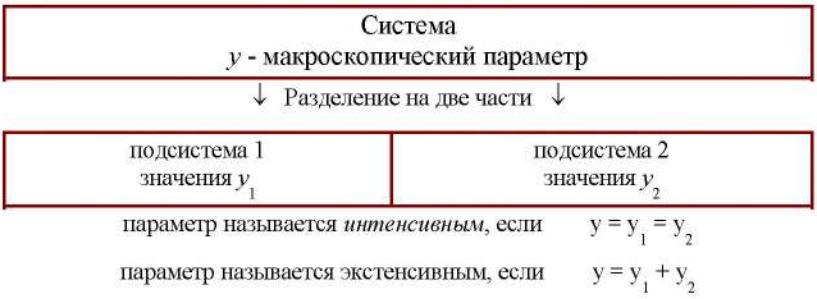


Рис. 21. Схема разделения системы

Например, при смешивании горячего кофе и холодного молока, температура усредняется, а объемы суммируются.

Наряду с параметрами для характеристики состояния системы используют *функции состояния.*

Функции состояния – экстенсивные величины, которые нельзя непосредственно измерить экспериментально, характеризующие состояние системы.

К ним относятся: *внутренняя энергия (U), энтальпия (H), энтропия (S), свободная энергия Гиббса (G).*

Их значения зависят только от данного состояния системы и не зависят от того, каким путем это состояние достигнуто.

Переход системы из одного состояния в другое является *процессом.*

Процесс – переход системы из одного состояния в другое, сопровождающийся изменениями одного из параметров или свойств, а также взаимодействиями системы с окружающей средой.

Если при протекании процесса наблюдается изменение химического состава системы, то процесс называют *химической реакцией.*

По условиям перехода системы из одного состояния в другое различают *процессы*:

- изотермический *(T = const, $\Delta T = 0$)*;
- изобарический *(p = const, $\Delta p = 0$)*;
- изохорический *($V = const$, $\Delta V = 0$)*;
- адиабатный (отсутствие обмена теплотой $Q = 0$);
- изохорно-изотермический (V, T = const);
- изобарно-изотермический (P, T = const).

Процессы по отношению к системе классифицируются:

- *Самопроизвольный* – совершается без затраты энергии извне, причина перехода в самой системе.
- *Не самопроизвольный (вынужденный)* – требующии для своего протекания затрат энергии извне, причина в окружающей среде.
- *Необратимый*, после протекания которого систему и окружающую среду одновременно нельзя вернуть в прежнее состояние. При таких процессах систему можно вернуть к начальному состоянию, но при этом в окружающей среде останутся некоторые изменения.
- *Обратимый* (идеализация). Так называются процессы, после которых можно вернуть систему в прежнее состояние. В обратимом процессе система проходит через те же промежуточные состояния, что и в прямом процессе, но в обратном порядке, не оставляет изменений в окружающей среде.
- *Замкнутый (циклический)* – параметры состояния изменяются, но в конце возвращаются к своим исходным значениям.
- *Разомкнутый* – параметры состояния резко изменяются, и не могут возвратиться к своим исходным значениям.
- *Равновесный* – система непрерывно проходит последовательный ряд равновесных состояний. Абстрактное понятие, но изучается термодинамикой.
- *Неравновесный* – происходит в природе и технике.

Термодинамика изучает равновесные процессы, поэтому в размерности физических величин не входит время.

Неотъемлемое свойство материи – *движение*. Мерой движения является *энергия*.

Энергия – это количественная мера различных форм движения и взаимодействия всех видов материи.

Энергия является неотъемлемым свойством системы.

В химической термодинамике важное значение имеет понятие *внутренней энергии системы*.

Внутренняя энергия (U) системы – это сумма потенциальной энергии взаимодействия всех частиц системы между собой и кинетической энергии их движения:

$$U = \Sigma U_i, \text{ кДж/моль}.$$

Внутренняя энергия – функция состояния, абсолютное значение которой определить невозможно, так как любая термодинамическая система материальна, а материя – неисчерпаема.

Экспериментально можно определить только изменение внутренней энергии в процессе взаимодействия системы с окружающей средой.

Поскольку внутренняя энергия является функцией состояния, то величина ΔU зависит от начального и конечного состояния системы, но не зависит от способа или пути, которыми данная система приведена из начального в конечное состояние.

Внутренняя энергия системы U, это общий ее запас, включая энергию всех форм движения молекул, атомов, электронов, межмолекулярного взаимодействия и др., равна:

Uвнутр. системы = Uпост. + Uвращ. + Uколеб. + Uэл.+ Uяд.

По определению, не включается в понятие внутренней энергии системы:

- потенциальная энергия положения,
- кинетическая энергия системы в целом.

Формы обмена энергией между неизолированной системой и окружающей средой – передача теплоты Q и выполнение работы A.

Теплота (Q) – способ передачи энергии, из-за разности температур в процессе взаимодействия между системой и окружающей средой или разными системами, за счет неупорядоченного движения и хаотических столкновений молекул.

Количество переданной теплоты пропорционально массе (m) системы и изменению температуры ΔT:

$$Q = m \cdot \Delta T,$$

где $\Delta T = T_2 - T_1$.

В термодинамике количество теплоты Q считается положительным, если теплота сообщается системе из окружающей среды.

Если точно известно, из какого вещества состоит система, и это вещество можно охарактеризовать его *удельной теплоемкостью* $C_{уд}$, то уравнение примет вид:

$$Q = m \cdot C_{уд} \cdot \Delta T, \text{ [Дж]}.$$

Удельная теплоемкость ($C_{уд}$) вещества – это энергия, необходимая для повышения температуры 1 г (кг) данного вещества на 1 К, [Дж/г · К].

Молярная теплоемкость (C_m) – это энергия, необходимая для повышения температуры 1 моля данного вещества на 1 К, [Дж/моль · К].

Работа (А или W) – форма передачи энергии в процессе взаимодействия одной системы с другой или с окружающей средой, за счет упорядоченного движения молекул.

Система выполняет работу, если действует с некоторой силой, направленной на преодоление сопротивления.

Например, действующей на систему силой является давление, работа определяется уравнением:

$$A = - p \cdot \Delta V, \text{ [Дж]},$$

где $\Delta V = V_2 - V_1$.

Работа выполняется системой, и, следовательно, система теряет энергию (–). Работа A считается положительной (+), если совершается системой против внешних сил окружающей среды.

Работа и теплота не являются функциями состояния, а являются функциями процесса, их величина зависит от пути процесса, по которому система перешла из одного состояния в другое.

Взаимосвязь между внутренней энергией, теплотой и работой устанавливается *первым законом термодинамики*.

В зависимости от вида системы существуют различные формулировки I закона термодинамики.

Невозможно создать вечный двигатель (перпетуум мобиле) первого рода, т.е. осуществить работу, не израсходовав энергию.

В изолированном системе изменение внутренней энергии системы в результате любых процессов всегда равно нулю:

$$\Delta U = 0.$$

Количество теплоты Q, подведенное к закрытой системе (т.е. система поглощает теплоту из внешней среды), расходуется на увеличение ее внутренней энергии ΔU и на совершение системой работы A математическое выражение первого закона термодинамики:

$$Q = \Delta U + A.$$

Изменение внутренней энергии системы ΔU равно сумме количеств теплоты Q и работы A. В общем случае для изобарно-изотермических условий (p = const, T = const) работа A равна:

$$A = p \cdot \Delta V$$

где p – внешнее давление;

ΔV – изменение объема системы из состояния 1 в состояние 2

$$\Delta V = V_2 - V_1;$$

поэтому:

$$Q = \Delta U + p \cdot \Delta V,$$

$$\Delta U = U_{кон.} - U_{нач.};$$

$$\Delta V = V_{кон.} - V_{нач.},$$

$$Q = (U_{кон} - U_{нач.}) + p(V_{кон.} - V_{нач.}),$$

$$Q = (U_{кон.} - p \cdot V_{кон.}) - (U_{нач.} + p\, V_{нач.}),$$

$$U + pV = H,$$

где H – энтальпия, численно равна сумме внутренней энергии системы и произведения давления на объем системы.

$$Q = H_{кон.} - H_{нач} = \Delta H.$$

Энтальпия (H) – термодинамическая функция, характеризующая энергетическое состояние системы при изобарно-изотермических условиях.

Химические реакции и физико-химические процессы могут протекать с выделением или поглощением энергии.

Количество теплоты, которое выделяется или поглощается при проведении химической реакции в изобарно-изотермических условиях Q_P, равно изменению энтальпии системы и называется энтальпией реакции ($\Delta H_{реакции}$).

Химические реакции и физико-химические процессы подразделяют на *экзотермические* и *эндотермические*.

Экзотермические процессы – процессы, в результате которых энергия выделяется из системы в окружающую среду.

Для экзотермических процессов:

$$H_{кон} < H_{нач}, \Delta H = (H_{кон.} - H_{нач}) < 0, \Delta H < 0.$$

Эндотермические процессы – процессы, в результате которых энергия поглощается системой из окружающей среды.

Для эндотермических процессов:

$$H_{кон} > H_{нач}, \Delta H = (H_{кон.} - H_{нач}) > 0, \Delta H > 0.$$

Энтальпия системы является экстенсивным параметром и зависит от температуры, давления, поэтому изменение энтальпии в результате химической реакции или физико-химического процесса определяют при стандартных условиях.

Стандартные условия (с.у.): количество вещества n – 1 моль; давление *p* – 760 мм рт. ст. = 101 325 Па; температура T – 298 K.

Термодинамические величины в с.у. обозначаются соответствующим символом этой величины с верхним индексом и температурой 298, указанной справа внизу.

$\Delta H°_{298}$ – стандартная энтальпия процесса или реакции – энергетическая характеристика физико-химического процесса или химической реакции, проводимых при с.у.

Для оценки энергетического состояния веществ в термодинамике используются значения стандартных энтальпий образования этих веществ, обозначаемых:

$\Delta H°_{298}$ (вещество, агрегатное состояние), кДж/моль,

$\Delta H°_{298}$ (C_2H_5OH, ж).

Стандартная энтальпия образования простых веществ в их наиболее термодинамически устойчивом агрегатном и аллотропном состоянии при с.у. условно принимается равной нулю.

Например, для кислорода $\Delta H°_{298}$ (O_2, г) = 0,

а для озона $\Delta H°_{298}$ (O_3, г) = 142 кДж/моль.

Стандартная энтальпия образования сложного вещества равна энтальпии реакции получения 1 моль этого вещества из простых веществ при с.у.

Например, стандартная энтальпия образования этанола равна стандартной энтальпии реакции:

$$2C(графит) + 3H_2(г) + 1/2O_2(г) = C_2H_5OH(ж);$$

$$\Delta H°_{298} (C_2H_5OH, ж) = -278 кДж/моль.$$

Значение стандартной энтальпии образования сложного вещества зависит от природы вещества и его агрегатного состояния.

Числовые значения стандартных энтальпий образования веществ являются справочными данными.

Величины ΔH и ΔU сильно отличаются только у систем, содержащих вещества в газообразном состоянии. Для систем, веще-

ства которых находятся в кристаллическом или жидком состоянии в обычных условиях, этим различием можно пренебречь. У них $\Delta H \approx \Delta U$. Это равенство справедливо и в тех случаях, когда реакции, в которых участвуют газы, протекают без изменения числа молей.

Термохимические расчеты основаны на законе Гесса и следствии из него. Закон сформулирован в 1840 г. академиком Г. Гессом: тепловой эффект (или изменение энтальпии) реакции зависит только от начального и конечного состояний реагирующих веществ и не зависит от промежуточных стадий реакции. Закон Гесса также является частной формой выражения общего закона сохранения энергии.

Сущность закона Гесса проиллюстрируем на примере процесса окисления графита до оксида углерода (IV) CO_2. Этот процесс можно осуществить или сразу

$$C(\text{графит}) + O_2(г) = CO_2(г),\ \Delta H$$

или через промежуточную стадию образования и сгорания оксида углерода (II):

$$C\ (\text{графит}) + 1/2O_2(г) = CO(г),\ \Delta H_1,$$
$$CO\ (г) + 1/2O_2\ (г) = CO_2(г),\ \Delta H_2.$$

Наглядно все три процесса представлены на рисунке 22.

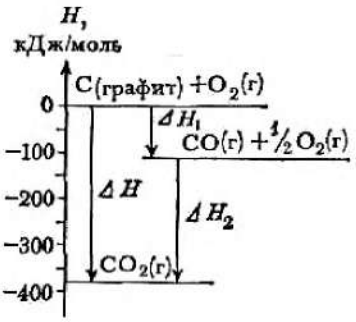


Рис. 22. Схема процессов окисления графита и оксида углерода (II)

Согласно закону Гесса, если одинаковы исходное и конечное давления и температура ($p_{\text{исх}} = p_{\text{кон.}}$, $T_{\text{исх}} = T_{\text{кон}}$) каждого процесса, то тепловые эффекты прямого сгорания графита в CO_2 или через промежуточную стадию образования CO равны:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2. \quad (1)$$

Закон Гесса позволяет вычислить тепловой эффект реакций, поскольку его не всегда можно определить экспериментально. Так, при сгорании графита получается смесь CO и CO_2, потому определить тепловой эффект образования CO практически нельзя, но его легко вычислить из уравнения (1). Подставляя значения $\Delta H°_{298} = -393{,}5$ кДж и $\Delta H_2 = -283$ кДж, получаем

$$\Delta H_1 = -393{,}5 - (-283) = -110{,}5 \text{ кДж}.$$

Закон Гесса распространяется не только на химические реакции, но на все процессы, сопровождающиеся тепловыми эффектами – фазовые превращения, растворение, кристаллизация, испарение и т. д.

Следствие, вытекающее из закона Гесса, можно сформулировать так: изменение энтальпии реакции равно разности между суммой теплот образования ($\Delta H_{обр}$) продуктов реакции и суммой теплот образования исходных веществ.

При алгебраическом суммировании учитываются стехиометрические коэффициенты.

Так, для реакции вида

$$mA + nB = pC + gD,$$

$$\Delta H = (p\cdot\Delta H_{обр}C + g\cdot\Delta H_{обр}D) - (m\cdot\Delta H_{обр}A + n\cdot\Delta H_{обр}D). \quad (2)$$

Теплотой образования (энтальпией) называется тепловой эффект реакции образования одного моля вещества из простых веществ, устойчивых при стандартных условиях (p=101,3 кПа, T=298 K). Стандартные теплоты образования известны примерно для восьми тысяч веществ. Они обозначаются $\Delta H°_{298}$, где один из нижних индексов указывает теплоту образования (обр), другой – округленное значение температуры 25°C по абсолютной шкале, т. е. 298 K, часто один или даже оба эти индекса опускаются.

Стандартные теплоты образования простых веществ, устойчивых при стандартных условиях, принимаются равными нулю. С помощью таблицы и уравнения (2) можно рассчитать тепловой эффект любой реакции.

Пример. Реакция взаимодействия оксида серы (IV) с сероводородом:

$$SO_2(г) + 2H_2S(г) = 3S(ромб) + 2H_2O(ж).$$

В соответствии со следствием из закона Гесса напишем:

$$\Delta H°_{298} = (3\Delta H°_{298}S(ромб) + 2\Delta H°_{298}H_2O(ж)) - (\Delta H°_{298}SO_2(г) + 2\Delta H°_{298}H_2S(г)),$$

подставив табличные данные, получим

$\Delta H°_{298} = (3 \cdot 0 - 2 \cdot 285{,}84) - (-296{,}9 - 2 \cdot 20{,}15) = -234{,}48$ кДж.

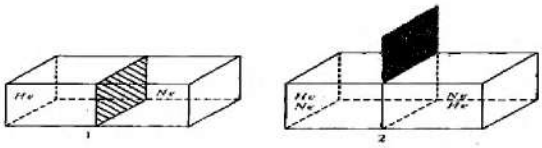
Термохимическими расчетами можно определять энергию химических связей, кристаллических решеток, тепловые эффекты фазовых превращений, теплоты растворения и гидратации и т. д.

Теплоты образования неорганических веществ связаны с положением элементов в периодической системе элементов Д. И. Менделеева.

4.2. Понятие об энтропии и энергии Гиббса.

Химические реакции протекают как с уменьшением энтальпии H (это экзотермические реакции, у них $\Delta H<0$), так и с увеличением энтальпии H (это эндотермические реакции, у них $\Delta H>0$). Но есть процессы, которые протекают, когда $\Delta H=0$, например смешение газов.

Предположим, что два невзаимодействующих между собой газа гелий и неон в сосуде отделены друг от друга перегородкой (рис. 23).



Состояние I Состояние II

Рис. 23. Схема взаимной диффузии газов

Газы находятся под одним и тем же давлением (состояние I). Если удалить перегородку, то начнется взаимная диффузия газов. Процесс будет протекать самопроизвольно и закончится при равномерном распределении молекул He и Ne по всему объему. Однако обратный процесс, при котором молекулы должны самопроизвольно распределиться на He и Ne, т. е. перейти из состояния II в состояние I, невозможен.

В этом примере движущей силой смешения газов является стремление перейти в более вероятное и беспорядочное состояние. Система в состоянии II более беспорядочна, чем в состоянии I.

Для оценки степени беспорядка в системе предложена функция, названная *энтропией*. Она обозначается буквой S. Чем больше беспорядок, тем выше S. А поскольку система из состояния II не может самопроизвольно перейти в состояние I, то состояние II с большим беспорядком является более вероятным.

Таким образом, энтропия отражает движение частиц и является мерой неупорядоченности системы. В системах, в которых $\Delta H = 0$ (т. е. не происходит никаких энергетических изменений), самопроизвольно протекают процессы в сторону большего беспорядка, т. е. увеличения энтропии. Обычно говорят об изменении энтропии $\Delta S = S_2 - S_1$, тогда $\Delta S > 0$.

Оказалось математически более удобным характеризовать большую или меньшую вероятность системы W ее логарифмом:

$$S = k \cdot \ln W,$$

где S – энтропия; $k = R / N_A$, R – универсальная газовая постоянная; N_A – постоянная Авогадро; W – вероятность состояния системы, т. е. число микросостояний, посредством которых осуществляется данное макросостояние вещества.

Абсолютное значение энтропии можно определить экспериментально. Ее размерность кДж/(моль·К) или э.е. (энтропийные единицы).

Понятие энтропии – количественная мера беспорядка. Если химические реакции протекают с увеличением числа молекул, например разложение воды при высокой температуре $2H_2O = 2H_2^+ + O_2^-$, то беспорядок в системе увеличивается (вместо двух молекул образуется три), энтропия возрастает, $\Delta S > 0$. Все процессы, которые протекают с уменьшением порядка в расположении частиц системы, сопровождаются увеличением энтропии. Это растворение кристаллов, плавление, сублимация, повышение температуры и др. И наоборот, процессы, протекающие с увеличением упорядоченности в расположении частиц, сопровождаются уменьшением энтропии. К ним относятся отвердевание, конденсация, сжатие, кристаллизация из растворов, полимеризация, понижение температуры и др.

В расчетах используют стандартные энтропии $\Delta S°_{298}$, которые определяют при 298 К и 101,3. Для вычисления $\Delta S°_{298}$, т. е. изменения стандартной энтропии химической реакции применяют

следствие из закона Гесса (с учетом стехиометрических коэффициентов):

$$\Delta S^\circ_{298} = \sum S^\circ_{298кон.} - \sum S^\circ_{298нач.}.$$

Итак, на направление течения физического или химического процесса влияет уменьшение внутренней энергии (энтальпии) ΔH и увеличение энтропии ΔS. Для сравнения этих величин их надо выразить в одинаковых единицах. Поскольку ΔH выражена в кДж/моль, а ΔS в кДж/(моль·К), то ΔS надо умножить на T. В этом случае величина ΔH – называется *энтальпийным фактором*, а $T \cdot \Delta S$ – *энтропийным фактором* процесса. Внутренняя энергия системы состоит из двух частей: 1) из свободной энергии, которая может быть превращена в работу; 2) из связанной энергии, которая в ходе процесса не может превратиться в работу.

Свободную энергию системы при постоянном давлении и температуре называют изобарно-изотермическим потенциалом или *энергией Гиббса* и обозначают буквой G.

В природе самопроизвольно протекают без затраты работы только те процессы, которые сопровождаются уменьшением свободной энергии – энергии Гиббса. Связанную энергию выражают произведением $T \cdot \Delta S$.

Так, если энергия Гиббса системы в начальном состоянии равна G_1, а в конечном состоянии G_2, то самопроизвольный переход системы из начального состояния в конечное возможен при условии $G_1 > G_2$ и $\Delta G = G_2 - G_1 < 0$. Наоборот, переход из конечного состояния в начальное возможен при условии $G_1 < G_2$ и $\Delta G = G_2 - G_1 > 0$. Если же $G_1 = G_2$ и $\Delta G = G_2 - G_1 = 0$, то система будет находиться в равновесии. Энергия Гиббса G связана с энтальпией H, энтропией S и температурой T выражением

$$G = H - T \cdot S \quad \text{или} \quad \Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

Данное уравнение характеризует изменение энергии Гиббса, которое связано с энтальпийным и энтропийным факторами процесса.

Направление химических реакций. Из уравнения $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$, следует, что в зависимости от соотношения между ΔH и ΔS определяется знак изменения энергии Гиббса и можно установить направление химических реакций (и физических процессов).

Реакция самопроизвольно протекает в прямом направлении, если $\Delta G < 0$. При p=const и T = const.

Из уравнения $\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$ очевидно, чем больше возрастание энтропии и чем больше уменьшение энтальпии, тем больше уменьшение энергии Гиббса и тем полнее протекает реакция в прямом направлении. Или, реакция протекает только в прямом направлении, если ΔG имеет отрицательное значение и притом большое.

Для вычисления ΔG химической реакции пользуются уравнением:

$$\Delta G = \sum(\Delta G_{\text{обр}})_{\text{кон}} - \sum(G\text{обр})_{\text{нач.}},$$

где $\Delta G_{\text{обр}}$ – изменение энергии Гиббса при образовании соединений из простых веществ.

Расчеты производят при стандартных условиях (p = 101,3 кПа и T = 298 К). Их принято обозначать $\Delta G°_{298}$. Для большинства веществ $\Delta G°_{298}$ известны и сведены в таблицы. Если $\Delta G°_{298} > 0$ при p = const и T = const, то реакция в прямом направлении самопроизвольно не протекает, так как сопровождается увеличением энтальпийного и понижением энтропийного факторов. Чтобы такой процесс протекал, необходимо поступление энергии извне. При $\Delta G >> 0$, т. е. если ΔG положительно и велико, возможна реакция только в обратном направлении.

При равенстве энтальпийного и энтропийного факторов $\Delta G = 0$ и система (реакция) находится в состоянии равновесия, т. е. $\Delta G°_{298} = 0$, при p = const и T = const.

Любой обратимый химический процесс протекает самопроизвольно в том направлении, которое приближает систему к равновесию. Пусть для химической обратимой реакции энергия Гиббса G исходных веществ соответствует точке A (рис. 24).

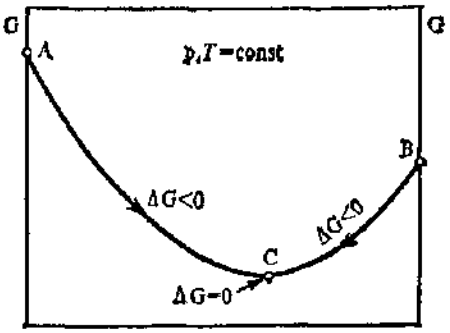


Рис. 24. Зависимость энергии Гиббса от состава химической системы

В ходе реакции G будет уменьшаться ($\Delta G < 0$) и при достижении равновесия (точка C) будет иметь минимальное значение, $\Delta G = 0$. При обратном направлении реакции G будет уменьшаться по кривой BC до точки C ($\Delta G = 0$). Как видим, положение точки C (при $\Delta G = 0$) не зависит от того, с какой стороны начинает протекать процесс.

Способность веществ к химическому взаимодействию есть изменение свободной энергии Гиббса в каждой реакции. Очевидно, чем более отрицательна величина ΔG, тем больше реакционная способность веществ.

Из уравнения $\Delta G = \Delta H - T{\cdot}\Delta S$ следует, что способность веществ к химическому взаимодействию определяется конкурирующим влиянием энтальпийного и энтропийного факторов. Здесь возможны три предельных случая.

1) $T = 0$, $\Delta S = 0$ и $(-T{\cdot}\Delta S) = 0$, тогда $\Delta G = \Delta H$. В этом случае химическое сродство наблюдается при невысоких температурах, когда $\Delta H >> T{\cdot}\Delta S$.

2) $\Delta H = 0$, тогда $\Delta G = (-T{\cdot}\Delta S)$, в этом случае химическое сродство определяется энтропийными изменениями.

3) $\Delta G = 0$, тогда $\Delta H = T{\cdot}\Delta S$, что отвечает химическому равновесию, которое особенно характерно для фазовых переходов.

Однако для подавляющего большинства процессов энтальпийный и энтропийный факторы не равны нулю, т. е. $\Delta H \neq 0$ и $(-T{\cdot}\Delta S) \neq 0$.

В случаях, когда $\Delta H << 0$ и $T \cdot \Delta S >> 0$, способность веществ к химическому взаимодействию максимальна. При $\Delta H > 0$ и $T \cdot \Delta S < 0$ самопроизвольно процесс не протекает. Это и понятно: в первом случае химическое сродство усиливается обоими факторами, во втором – оба фактора его уменьшают.

Величина ΔG химической реакции отражает совокупность изменений, происходящих с реагирующими веществами и связанных с ослаблением, разрывом, образованием и усилением химических связей между частицами.

4.3. Химическая кинетика и химическое равновесие.

Химическая кинетика изучает скорости и механизмы химических реакций.

Под скоростью химических реакций понимают изменение количества (молярной концентрации) реагирующих (или образующихся) веществ в единицу времени в единице объема (для гомогенных реакций) или на единицу площади (для гетерогенных реакций).

Если концентрация одного из реагирующих веществ уменьшилась от C_1 до C_2 за время от τ_1 до τ_2, то

$$v = \pm \frac{C_2 - C_1}{\tau_2 - \tau_1} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta \tau}.$$

Для изменения исходных веществ в формулу выставляется знак минус «–», так как C_2 меньше C_1, а величина скорости всегда положительна.

Величина скорости выражается в моль/л·с или моль/м^3·с.

Скорость химических реакций зависит от природы реагирующих веществ и условий протекания реакции, к которым относятся концентрации реагирующих веществ, температура, присутствие катализатора, и другие причины (давление для газов, степень измельчения для твердых веществ и др.) (рис. 25).

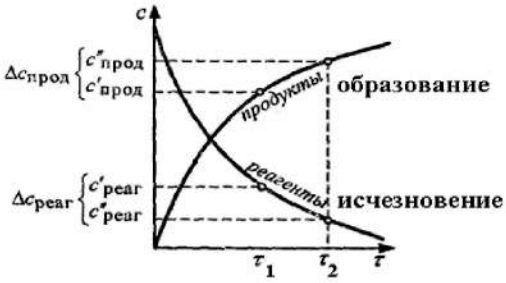


Рис. 25. Изменение концентрации (С, моль/л) реагентов или продуктов в процессе реакции (за время τ)

Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ устанавливает закон действующих масс. Скорость химической реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам.

Для реакции:

$$mA + nB = pP + dD,$$

кинетическое уравнение будет следующим:

$$v = k \cdot C_A^m \cdot C_B^n,$$

где k – константа скорости, C_A и C_B – молярные концентрации веществ А и В; m и n – стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции.

Например, для реакции $CO_{(г)} + O_{2(г)} = CO_{2(г)} + Q$, кинетическое уравнение будет следующим:

$$v = k \cdot C_{CO} \cdot C_{O_2}.$$

Этот закон применим для газов и жидкостей и не учитывает концентрацию веществ в твердом состоянии. Константа скорости k зависит от природы реагирующих веществ и от температуры, но не зависит от их концентрации. Константа скорости равна скорости реакции, если концентрация каждого из реагирующих веществ равна 1 моль/л. Для данной реакции при постоянной температуре константа скорости будет величиной постоянной. Следовательно, для реакции горения угля:

$$C_{(тв)} + O_{2(г)} = CO_{2(г)} + Q,$$

кинетическое уравнение будет следующим:

$$v = k \cdot C_{O_2}.$$

В гетерогенных системах реакция проходит на поверхности раздела фаз, поэтому, чем больше поверхность соприкосновения для реагирующих частиц, тем больше скорость реакции. Скорость реакции для твердых веществ будет зависеть от степени измельчения реагирующих веществ.

Увеличение скорости химической реакции с увеличением концентрации реагирующих веществ объясняется теорией столкновений, согласно которой химические реакции протекают при столкновениях молекул реагирующих веществ и, хотя не каждое столкновение приводит к химическому взаимодействию, с ростом концентрации веществ (увеличение давления для газов) растет число столкновений, а следовательно, увеличивается и скорость химической реакции.

Молекулярность реакции. Молекулярность реакции определяется числом молекул, одновременно вступающих во взаимодействие. В зависимости от числа молекул, участвующих в столкновении, различают мономолекулярные, бимолекулярные и тримолекулярные реакции.

1) Мономолекулярными называются реакции разложения и внутримолекулярных перегруппировок (изомеризации):

$$A \rightarrow B + C + \ldots .$$

Например:

$$CH_3{-}N{=}N{-}CH_3 \rightarrow CH_3{-}CH_3 + N_2,$$

$$N_2O_5 = 2NO_2 + 0{,}5O_2.$$

Для мономолекулярных реакций закон действующих масс записывается в виде:

$$v = k \cdot [A].$$

2) Бимолекулярные – это реакции, которые происходят при столкновении двух молекул (разных или одинаковых):

$$A + B = C + D,$$

$$v = k[A][B].$$

Например:

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

Большинство элементарных реакций является бимолекулярными.

3) Тримолекулярные – это реакции, в которых происходит одновременное столкновение трех молекул (одного или различных видов):

$$A+B+C=D+E,$$

$$v = k\,[A]\,[B]\,[C].$$

Например:

$$2NO + O_2 = 2NO_2,$$
$$2NO + H_2 = N_2O + H_2O.$$

Столкновение более чем трех молекул одновременно практически невероятно. Обычно такие реакции протекают через ряд стадий, в которых участвуют по две молекулы. В подобных случаях закон действующих масс применим к каждой отдельной стадии реакции, но не к реакции в целом.

Зависимость скорости реакции от температуры. Скорость химической реакции с ростом температуры всегда увеличивается. При небольшом изменении температуры достаточно точным является *правило Вант-Гоффа.*

При повышении температуры реакции на каждые 10 градусов скорость большинства химических реакций возрастает в 2-4 раза.

Это правило связано с понятием температурного коэффициента скорости реакции – γ математическим выражением:

$$\gamma = v_{(t+10)}/v_{(t)} = 2\ldots4.$$

При увеличении температуры от t_1 до t_2 изменение скорости можно рассчитать по формуле:

$$v_{(t_2)}/v_{(t_1)} = \gamma^{(t_2 - t_1)/10}.$$

Так как время протекания реакции пропорционально скорости (чем выше скорость химической реакции, тем быстрее она протекает), то правило Вант-Гоффа можно записать в виде:

$$v_{t_2}/v_{t_1} = \tau_1/\tau_2 = \gamma^{(t_2 - t_1)/10},$$

где τ_1 и τ_2 – время протекания реакции соответственно при температуре t_1 и t_2.

Температурный коэффициент скорости остается постоянным только в узком интервале температур, поэтому правило Вант-Гоффа имеет ограниченную область применимости.

Энергия активации. Химическое взаимодействие между молекулами осуществляется только в том случае, если эти молекулы обладают некоторой избыточной энергией, достаточной для взаимодействия. Молекулы становятся активными. Энергию, которую надо сообщить взаимодействующим молекулам, чтобы превратить их в активные, называют *энергией активации* E_A (теория активации).

Энергию активации E_A выражают в кДж/моль, т.е. это энергия, которую необходимо сообщить 1 моль вещества, чтобы все молекулы в нем стали активными.

Один из способов активации молекул – повышение температуры. С ростом температуры число активных молекул резко возрастает, следовательно, резко возрастает и скорость химической реакции, т.к. почти каждое столкновение молекул приводит к их взаимодействию. С точки зрения теории активации исходные вещества сначала образуют *неустойчивый переходный (активированный) комплекс*.

Уравнение Аррениуса, описывающее зависимость скорости от температуры:

$$k = A\,e^{-Ea/RT},$$

где k – константа скорости, A – постоянная, зависящая только от природы реагирующих веществ (предэкспоненциальный множитель, показывает число столкновений), e – основание натурального логарифма (e = 2,7), E_A – энергия активации, Дж/моль, R – универсальная газовая постоянная 8,31Дж/моль·К, Т – температура, К.

Уравнение можно выразить в логарифмической форме:

$$\ln k = -E_a/RT + \ln A.$$

Для большинства реакций энергия активации составляет несколько десятков кДж/моль.

Чем больше энергия активации, тем сильнее возрастает скорость реакции при увеличении температуры.

Химическое равновесие. Химические реакции делятся на *обратимые и необратимые*. Необратимые реакции – это реакции, идущие до конца, т.е. в реакции образуется вещество, которое выходит из сферы реакции (газ, осадок и др.).

Химические реакции, которые при одних и тех же условиях могут идти в двух противоположных направлениях, называются *обратимыми*.

В обратимых реакциях не удается добиться полного превращения исходных веществ в продукты реакции.

Пример. При взаимодействии водорода с парами йода при 300°С образуется йодоводород, который при этой температуре частично разлагается на йод и водород:

$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI.$$

Реакцию, протекающую слева направо, называют *прямой* (константа скорости прямой реакции $k_{пр}$ или k_1), справа налево – *обратной* (константа скорости обратной реакции $k_{обр}$ или k_2).

Состояние системы, при котором скорости противоположных реакций равны, называется *химическим равновесием.*

Состояние химического равновесия количественно характеризуется *константой равновесия.* Так, для обратимой реакции:

$$mA + nB \rightleftarrows pP + dD,$$

скорости прямой реакции v_1 и обратной реакции v_2 равны:

$$v_1 = k_1 [A]^m [B]^n,$$

$$v_2 = k_2 [P]^p [D]^d,$$

где [A] и [B] –концентрации исходных веществ; [P] и [D] – концентрации продуктов реакции.

При химическом равновесии

$$v_1 = v_2 \text{ т.е.}$$

$$k_1 [A]^m [B]^n = k_2 [P]^p [D]^d,$$

или

$$K_{равн} = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[P]^p \times [D]^d}{[A]^m \times [B]^n}.$$

Константа равновесия $K_{равн}$ – это отношение констант скорости прямой и обратной реакций. Данная формула выражает закон действующих масс для химического равновесия. В правую часть этой формулы входят равновесные концентрации участников реакции.

Константа равновесия не зависит от концентраций веществ. Если изменить концентрацию одного из веществ, то концентрации остальных веществ также изменятся, и установится новое равновесие, с новыми равновесными концентрациями и их соотношение останется прежним, поэтому константа равновесия останется не измененной.

Если константа равновесия $K_{равн} > 1$, то состяние системы смещено в сторону образования продуктов реакции, если $K_{равн} < 1$, то – исходных веществ.

Константа равновесия связана с тепловым эффектом прямой реакции Q соотношением:

$$K_{равн} = A \cdot e^{-Q/RT},$$

где A – постоянная, зависящая только от природы реагирующих веществ; e – основание натуральных логарифмов (e=2,7). Поэтому константа равновесия зависит только от *температуры.*

Смещение химического равновесия. Переход из одного равновесного состояния в другое равновесное состояние называется смещением или сдвигом равновесия. Если при смещении равновесия происходит увеличение концентраций продуктов реакции (которые записываются в правой части уравнения), то говорят, что равновесие смещается вправо, если увеличиваются концентрации исходных веществ, то – равновесие смещается влево. Изменения, происходящие в системе в результате внешних воздействий, определяются принципом подвижного равновесия – принципом Ле Шателье: *если на систему, находящуюся в состоянии равновесия, произвести некоторое внешнее воздействие, то равновесие сместится в сторону ослабления этого воздействия.*

Состояние химического равновесия зависит от многих факторов, в первую очередь от – *концентрации, температуры и давления.*

Влияние концентрации реагирующих веществ. Повышение концентрации одного из реагентов смещает равновесие в сторону прямой реакции, понижение концентрации одного из реагентов смещает равновесие в сторону обратной реакции.

Влияние температуры. При повышении температуры равновесие смещается в сторону эндотермической реакции; при понижении температуры – в сторону экзотермической реакции.

Пример.

$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3 + 92{,}4$ кДж; $N_2 + O_2 \rightleftarrows 2NO - 180{,}8$ кДж.

Увеличение температуры будет смещать равновесие, первой реакции влево, а второй реакции вправо.

Влияние давления. Повышение давления смещает равновесие в сторону уменьшения объема реагирующей системы (в сторону меньшего числа частиц); понижение давления смещает равновесие в сторону увеличения объема реагирующей системы (в сторону большего числа частиц).

Пример.

$$2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3, \quad 2CH_4 \leftrightarrow C_2H_2 + 3H_2.$$

Увеличение давления будет смещать равновесие первой реакции вправо, а второй реакции влево.

Если газовая реакция происходит без изменения числа молекул (например, $N_2 + O_2 \rightleftarrows 2NO$), то давление не влияет на положение равновесия. Не влияет давление на реакции, в которых участвуют вещества в жидком и твердом состоянии. Давления оказыва-

ет влияние на равновесие, если в реакции участвует газообразное вещество и число молекул реагентов и продуктов неодинаково.

Принцип Ле Шателье может быть применим не только к химическим, но и ко всем физико-химическим равновесиям. Равновесие смещается в таких процессах, как кристаллизация, кипение, растворение, взаимное превращение различных аллотропных модификаций.

4.4. Катализ.

Изменить скорость химической реакции можно с помощью катализаторов, небольших добавок специфических веществ. Процесс, в котором участвует катализатор, называется *катализом*.

Катализатором называют вещество, которое изменяет скорость химической реакции и не входит в состав конечных продуктов, т.е. катализатор к концу реакции остается химически неизменным. Катализаторы, ускоряющие скорость химической реакции, называются положительными или *активаторами*. Катализаторы, замедляющие химические реакции, называются отрицательными или *ингибиторами*.

Катализаторы бывают *универсальные* (катализируют различные типы реакций) и *специфические* (катализируют только однотипные реакции). Важное свойство катализаторов – это *селективность*, т.е. избирательность их действия, которое проявляется в ускорении данным катализатором только одной из нескольких возможных реакций. В реакции одних и тех же веществ, используя разные катализаторы, можно получить различные продукты.

$$\underset{\text{Этиловый спирт}}{C_2H_5OH} \xrightarrow{Al_2O_3(\text{кат}),\,400^oC} \underset{\text{Этен}}{CH_2{=}CH_2} + H_2O \quad \text{(дегидратация)},$$

$$\underset{\text{Этиловый спирт}}{C_2H_5OH} \xrightarrow{Cu\ (\text{кат}),\,250^oC} \underset{\text{Этаналь}}{CH_3COH} + H_2 \quad \text{(дегидрирование)}.$$

Действие катализатора сводится к снижению энергии активации за счет образования промежуточных нестойких соединений, которые в дальнейшем распадаются на продукты реакции с выделением катализатора в химически неизмененном виде. Реакция в присутствии катализатора протекает через ряд промежуточных стадий, в результате изменяется механизм реакции. Катализатор не связан с реагентами или продуктами реакции стехиометрически и регенерируется после каждого цикла превращения.

Для катализа характерно, что небольшие количества катализатора ускоряют превращение больших количеств реагирующих веществ. Так, 1 массовая часть платинового катализатора Pt вызывает превращение 10^4 массовых частей SO_3 в SO_2; или 10^6 массовых частей NH_3 в NO.

Если реакция обратима, то катализатор ускоряет как прямую, так и обратную реакцию, т.е. сокращает время достижения равновесного состояния.

Активность катализатора можно регулировать изменениями количества самого катализатора и температуры, при которой проводится катализ, а также добавлением определенных веществ: *промоторов* (повышающих активность катализатора, ими могут быть металлы, их оксиды, соли) или так называемых *каталитических ядов* (снижающих или полностью уничтожающих активность катализатора – ртуть, соединения серы, фосфора, мышьяка, цианида, монооксида углерода и др.).

Механизмы каталитического взаимодействия очень сложны, разнообразны и трудно поддаются изучению.

По характеру образующихся связей катализ подразделяют на *окислительно-восстановительный* и *кислотно-основной* (в качестве катализатора выступает кислота или основание).

По фазовому принципу катализ можно разделить на *гомогенный и гетерогенный*. Гомогенным называют катализ, если катализатор и взаимодействующие вещества находятся в одной фазе, образуют однородную среду (газовую или жидкую). Гетерогенным, если катализатор и реагирующие вещества находится в разных фазах и каталитическая реакция протекает на границе раздела фаз.

Гомогенный катализ. Для химической реакции A + B = AB, каталитическая реакция будет проходить следующим образом (рис. 26):

I стадия. $A + K \rightleftarrows AK$,

где K – катализатор, AK – промежуточное соединение катализатора с реагентом. Промежуточное соединение нестабильно и его образование протекает с большой скоростью.

II стадия. $AK + B \rightleftarrows AB + K$

Обменное разложение промежуточного соединения с компонентом второго реагента B. В результате образуется продукт и выделяется катализатор в первоначальном виде.

Рис. 26. Изменение энергии активации в присутствии катализатора:
E_a – энергия активации без катализатора; E_a – энергия активации в присутствии катализатора

Гетерогенный катализ. До настоящего времени не создана общая теория гетерогенного катализа. Для конкретных реакций проблема катализа решается эмпирическим путем.

Катализатор образует самостоятельную фазу, отделенную границей раздела от фазы, в которой находятся реагирующие вещества. Взаимодействие осуществляется на поверхности твердого катализатора. Концентрирование и взаимодействие реагентов осуществляется на хемосорбированных комплексах (активных центрах) – неоднородностях на поверхности катализатора, при этом снижается энергия активации адсорбирующихся молекул.

Различают три стадии гетерогенного катализа:

1) адсорбция (осаждение),
2) химическое взаимодействие,
3) десорбция (освобождение продуктов с активных центров).

На рисунке 27 представлено изменение энтальпии системы для каталитической *1* и не каталитической *2* реакций.

Рис. 27. Изменение энтальпии системы для каталитической *1* и не каталитической *2* реакций

В некоторых реакциях один из продуктов является катализатором превращения исходных веществ. Это означает, что по мере превращения одного из реагентов в продукт, реакция ускоряется, из-за появления и увеличения катализатора в реакционной смеси. Этот процесс называется *автокатализом.* Например, сухой фтороводород практически не действует на металлы и оксиды.

$$MeO + 2HF = MeF_2 + H_2O.$$

Но появление воды, которая служит катализатором, резко ускоряет реакцию образования фторидов металлов.

Исключительную роль в процессах жизнедеятельности живых организмов играет *ферментативный* катализ, обусловленный действием ферментов. Между ферментами и катализаторами имеются существенные различия. Каталитическая активность ферментов значительно превосходит активность неорганических катализаторов.

Пример. Перекись водорода H_2O_2 разлагается под действием ионов железа на воду и кислород. Эта же реакция катализируется содержащим железо ферментом каталазой. Так, если 1 моль ионов железа при 0°С в течение 1 с разлагает 10^{-5} молей H_2O_2, то соответствующее количество каталазы при той же температуре и за тот же срок может разложить 10^5 молей перекиси водорода.

В неорганическом синтезе важнейшими каталитическими процессами являются производство H_2SO_4, синтез NH_3 из N_2 и H_2, производство HNO_3.

В органическом синтезе к крупным промышленным процессам с применением катализаторов относятся гидрогенизация жиров, превращение бензола в циклогексан, нитробензола в анилин. Важнейшую роль играет катализ при получении полимеров.

4.5. Значение химической кинетики.

Использование законов химической кинетики позволяет управлять скоростями реакций и повышать производительность химических аппаратов. Например, каталитические процессы составляют основу производства азотных удобрений, высокооктанового топлива для двигателей внутреннего сгорания, пестицидов, огромного числа других химических продуктов сельскохозяйственного и иного назначения.

Химическая кинетика объясняет механизмы огромного множества химических реакций, происходящих в живой клетке. Без согласования скоростей различных контролируемых ферментами биохимических реакций невозможна нормальная жизнедеятельность любой клетки.

Некоторые кинетические закономерности проявляются в сельском хозяйстве. Например, ускорение роста растений с повышением температуры связано с тем, что с увеличением температуры возрастают скорости почти всех реакций. Сельскохозяйственные продукты хранят при пониженных температурах, так как охлаждение замедляет нежелательные ферментативные процессы. Многие вещества, применяемые для протравливания семян или для консервирования, резко снижают жизнедеятельность микроорганизмов или совсем убивают их, выводя из строя их ферменты. Точно так же, вводя ингибиторы, можно воспрепятствовать действию микроорганизмов почвы, превращающих азотные удобрения в газообразный азот.

Вопросы для контроля

1. Основные понятия химической термодинамики: система, параметры системы, функции состояния системы, процессы, теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия.
2. Первый закон термодинамики, его значение.
3. Термодинамическая функция – энтальпия.
4. Закон Гесса и следствия из него.
5. Второй закон термодинамики, его значение.
6. Понятие об энтропии и энергии Гиббса.
7. Направление химических реакций.
8. Скорость химической реакции. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.
9. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа.
10. Энергия активации. Уравнение Аррениуса.
11. Химическое равновесие. Понятие константы равновесия.
12. Смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье.
13. Катализ. Гомогенный катализ. Гетерогенный катализ.
14. Понятие катализатор. Действие катализатора и его свойство.

5. РАСТВОРЫ

5.1. Общая характеристика растворов.

Растворы – это гомогенные (однородные) системы переменного состава, и состоящие из двух или более веществ (компонентов) и продуктов их взаимодействия.

Компоненты истинного раствора – это *растворитель и растворенное вещество*. Раствор серной кислоты состоит и из молекул воды, молекул H_2SO_4 и продуктов растворения – гидратированных ионов H^+, HSO_4^- и SO_4^{2-}.

Состав растворов может непрерывно меняться в границах, определяемых взаимной *растворимостью веществ,* т.е. растворы не подчиняются закону постоянства состава. Таким образом, в этих определениях подчеркиваются два основных признака растворов
(и электролитов, и неэлектролитов): их гомогенность и переменный состав.

От химических соединений растворы отличают характер и величины энергии связи между частицами растворенного вещества и растворителя. Если химические соединения образуются за счет валентных связей атомов, то растворы образуются за счет слабых межмолекулярных (Ван-дер-Ваальсовых) сил. Эти силы действуют как между молекулами одного и того же компонента, так и между молекулами разных компонентов. Существенное значение могут иметь и водородные связи.

Общими признаками растворов являются самопроизвольность образования их при постоянных температуре и давлении и устойчивость их как термодинамических систем ($\Delta G < 0$).

Растворы могут существовать в жидком, твердом, газообразном состояниях. В дальнейшем будут рассматриваться только жидкие растворы.

К *идеальным разбавленным* растворам относятся растворы с концентрацией меньше 1 моль на 1000 г растворителя.

Идеальные концентрированные растворы образуют вещества, близкие по физическим и химическим свойствам; между молекулами компонентов не происходит каких-либо взаимодействий химического характера. Образование таких растворов не сопровождается тепловыми эффектами или изменением объема. Как правило, свойствами идеальных концентрированных растворов облада-

ют растворы изотопов данного элемента, смеси гомологов, оптических изомеров.

Реальными называются растворы, которые не подчиняются законам идеальных растворов. Обычно они составлены из компонентов с различными свойствами, строением молекул и силами взаимодействия между молекулами компонентов. Образование таких растворов сопровождается изменением объема и тепловыми эффектами. С уменьшением концентрации реального раствора его свойства приближаются к свойствам идеального раствора.

В зависимости от агрегатного состояния различают следующие типы растворов: жидкие, твердые и газообразные.

В жидких растворах частицы растворенного вещества связаны с окружающими их частицами растворителя. Эти комплексы называются *сольватами*, а для водных растворов – *гидратами*. Именно такое представление о растворах было высказано Д. И. Менделеевым. На основании экспериментальных фактов он выдвинул предположение о существовании в растворах определенных химических соединений растворенного вещества с растворителем. Эта идея составила основу *химической теории растворов*: образование раствора – химический процесс взаимодействия молекул растворенного вещества и растворителя.

Физическая теория, существовавшая ранее, рассматривала растворы как простые механические смеси, а растворитель как инертную среду.

Процесс растворения кристалла в жидкости протекает следующим образом: когда вносят кристалл в жидкость, от поверхности его отрываются отдельные молекулы. Последние, благодаря диффузии, равномерно распределяются по всему объему растворителя. Одновременно происходит обратный процесс – кристаллизация: перешедшие в раствор молекулы, ударяясь о поверхность еще нерастворившегося вещества, снова притягиваются к нему и входят в состав его кристаллов. Со временем устанавливается динамическое равновесие: $\upsilon_{\text{кристаллизации}} = \upsilon_{\text{растворения}}$. Раствор, находящийся в равновесии с растворяющимся веществом, называется насыщенным.

В 80-х годах 19 века Ф. Раулем, Я. Вант-Гоффом, С. Аррениусом, были установлены зависимости между концентрацией раствора и такими его свойствами как давление насыщенного пара,

температуры кипения и замерзания, осмотическое давление (рис. 28).

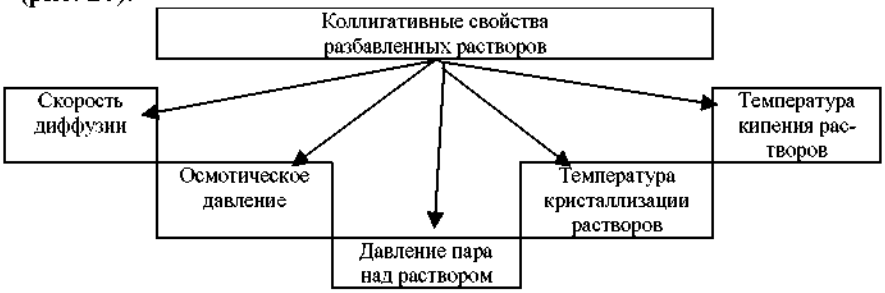


Рис. 28. Схема закономерности разбавленных молекулярных растворов

Давление насыщенного пара является важным свойством раствора. Если к чистому растворителю с давлением насыщенного пара p_0 добавить постороннее нелетучее вещество, то давление пара растворителя над раствором изменится. При растворении какого-либо нелетучего вещества в данном растворителе понижается концентрация молекул последнего в единице объема жидкости, и уменьшается число молекул, вылетающих в единицу времени из жидкой фазы в парообразную. При меньшей концентрации пара, т.е. при меньшем его давлении, установится равновесие.

Следовательно, давление насыщенного пара растворителя над раствором всегда меньше, чем над чистым растворителем. Понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором тем больше, чем выше концентрация растворенного вещества.

Для идеальных растворов давление насыщенного пара определяется *законом Рауля*, установленного им в 1886 г.: *относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором равно молярной доле растворенного вещества, т.е. отношению количества данного вещества к общему количеству растворителя и растворенного вещества*:

$$\Delta p/p_0 = p_0 - p/p_0 = n_2/n_1 + n_2 = x_2,$$

где p_0 – давление пара растворителя над чистым растворителем, p – давление пара растворителя над раствором, $\Delta p/p_0$ – относительное понижение давления пара растворителя, n_2 – количество растворенного вещества, n_1 – количество вещества растворителя, x_2 – молярная доля растворенного вещества.

Это уравнение можно представить в другом виде и придать закону иную формулировку:

$$p = \frac{p_0 \cdot n_1}{n_1 + n_2} = p_0 \cdot x_1,$$

т.е. давление пара над раствором равно произведению давления пара над чистым растворителем на молярную долю растворителя.

Для очень разбавленных растворов уравнение имеет вид:

$$\frac{\Delta p}{p_0} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{m_2 \cdot M_1}{M_2 \cdot m_1},$$

где m_1 и m_2 – массы растворителя и растворенного вещества соответственно; M_1 и M_2 – молярные массы растворителя и растворенного вещества соответственно.

Понижение давления насыщенного пара влечет за собой *понижение температуры замерзания* раствора по сравнению с чистым растворителем. Жидкость замерзает при той температуре, при которой давление насыщенного пара над ней такое же, как и над кристаллами этого вещества. Так как давление насыщенного пара растворителя над раствором всегда меньше, чем над чистым растворителем, то разбавленный раствор будет замерзать при более низкой температуре, чем растворитель. *Температурой замерзания* раствора считают ту температуру, при которой в процессе охлаждения начинают выделяться первые кристаллы чистого растворителя. Для таких растворов Рауль нашел, что понижение температуры замерзания раствора $\Delta t_з = t_0 - t$ (t_0 – температура замерзания растворителя, $t_з$ – температура замерзания раствора) пропорционально его моляльности (1 моль в 1000 г растворителя):

$$\Delta t_З = K \cdot m,$$

где $\Delta t_з$ – понижение температуры замерзания, m – моляльность раствора, K – криоскопическая постоянная («криос» – холод).

Физический смысл криоскопической постоянной К состоит в том, что она равна понижению $t_з$ раствора, содержащего 1 моль растворенного вещества на 1 кг растворителя. Величина K зависит от природы растворенного вещества, если его молекулы не диссоциируют и не ассоциируют. Величину K можно рассчитать по формуле:

$$\text{К} = \frac{R \cdot T_0^2}{l_{\text{пл.}}}, \left[\text{К} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}}\right],$$

где T_0 – температура замерзания растворителя, $l_{пл}$ – удельная теплота плавления растворителя.

Так как

$$m = \frac{m_2 \cdot 1000}{M_2 \cdot m_1}, [\text{моль/кг}],$$

то

$$\Delta t_{з.} = \frac{К \cdot m_2 \cdot 1000}{M_2 \cdot m_1},$$

где m_1 – масса растворителя, m_2 – масса растворенного вещества.

Повышение температуры кипения. Жидкость закипает при температуре, при которой давление насыщенного пара жидкости становится равным внешнему давлению. Так как давление насыщенного пара растворов нелетучих или малолетучих веществ меньше давления насыщенного пара растворителя, то эти растворы кипят при более высокой температуре, чем растворитель. Для разбавленных растворов таких веществ Рауль установил, что повышение температуры кипения раствора $\Delta t_к = t - t_0$ пропорционально его моляльности:

$$\Delta t_к = E \cdot m,$$

где E – эбуллиоскопическая постоянная («эбуллиос» – кипеть), m – моляльность раствора.

$$\Delta t_{к.} = \frac{E \cdot m_2 \cdot 1000}{M_2 \cdot m_1},$$

$$E = \frac{R \cdot T_0^2}{l_{исп.}}, \left[К \cdot \frac{кг}{моль}\right],$$

где T_0 – температура кипения растворителя, $l_{исп}$ – удельная теплота испарения растворителя.

Величина E численно равна повышению $t_к$ моляльного раствора при условии сохранения свойств раствора до этой концентрации. Метод определения молярной массы на основе измерения понижения температуры замерзания $\Delta t_з$ растворов – метод криоскопии, на основе измерения повышения температуры кипения $\Delta t_к$ – эбуллиоскопический метод. Более распространен первый метод, так как $\Delta t_к$ растворов обычно мала и на нее влияют такие факторы как изменение внешнего давления, перегрев раствора и т.д.

Одним из важных свойств растворов является осмос. Если отделить раствор от растворителя мембраной, проницаемой лишь для частиц растворителя, то будет наблюдаться самопроизвольный

переход растворителя в раствор. Явление самопроизвольной диффузии растворителя через полупроницаемую перегородку в раствор называется *осмосом*. Сила, рассчитанная на единицу площади мембраны, заставляющая переходить растворитель через полупроницаемую перегородку в раствор, называется *осмотическим давлением*.

По определению Вант-Гоффа осмотическое давление разбавленных растворов численно равно произведению молярной концентрации и температуры:

$$\pi = c \cdot R \cdot T,$$

где c – молярная концентрация.

Так как

$$c = n/V,$$

где n – количество вещества (моль), V – объем раствора (л), то

$$\pi = n/V \cdot R \cdot T.$$

Зависимость осмотического давления от понижения давления пара растворителя над раствором выражается уравнением:

$$\pi = \frac{\Delta p}{p_0} \cdot \frac{R \cdot T}{M_0},$$

где M_0 – молярная масса растворителя.

Уравнение Вант-Гоффа распространяется только на разбавленные растворы. При изучении свойств растворов электролитов (кислоты, щелочи, соли) было обнаружено, что этим растворам присущи все основные свойства растворов неэлектролитов, такие, как понижение давления насыщенного пара над раствором, понижение температуры замерзания, повышение температуры кипения и осмотическое давление. Однако эти величины для растворов электролитов оказались иными, чем следовало ожидать, исходя из их молярных концентраций. Вант-Гофф, чтобы применить законы растворов неэлектролитов к электролитам, ввел поправочный множитель, названный *изотоническим коэффициентом i*. Этот коэффициент показывал, во сколько раз наблюдаемое осмотическое давление ($\pi t_з$., $\pi t_к$.) больше вычисленного, т.е.

$$\pi = i \cdot c \cdot R \cdot T,$$

$$\Delta t_з = i \cdot K \cdot m \text{ и т.д.}$$

Для растворов неэлектролитов $i = 1$, для электролитов – $i > 1$.

5.2. Теория электролитической диссоциации (ЭДС).

В 1887 году С. Аррениус выдвинул гипотезу, согласно которой в растворах электролитов молекулы распадаются на ионы – катионы и анионы. Сущность теории электролитической диссоциации можно свести к следующим трем положениям.

1) Электролиты при растворении в воде распадаются на ионы: положительные и отрицательные.

2) Под действием электрического тока положительно заряженные ионы движутся к катоду, отрицательно заряженные – к аноду. Поэтому первые называются катионами, вторые – анионами.

3) Диссоциация – процесс для большинства электролитов обратимый: наряду с распадом протекает процесс соединения ионов (ассоциация). Поэтому в уравнениях электролитической диссоциации вместо знака равенства ставят знак обратимости. Например, уравнение диссоциации молекулы электролита КА на катион K^+ и анион A^- записывается так:

$$KA \rightleftarrows K^+ + A^-.$$

Механизм электролитической диссоциации.

При растворении в воде ионных соединений, например, хлорида натрия NaCl, дипольные молекулы воды ориентируются вокруг ионов натрия и хлорид-ионов (рис. 29). При этом положительные полюсы молекул воды притягиваются к хлорид-ионам Cl^-, отрицательные полюсы – к положительным ионам Na^+. В результате этого взаимодействия между молекулами растворителя и ионами электролита притяжение между ионами в кристаллической решетке вещества ослабевает. Кристаллическая решетка разрушается, и ионы переходят в раствор. При этом, образуются гидратированные ионы, т.е. ионы химически связанны с молекулами воды.

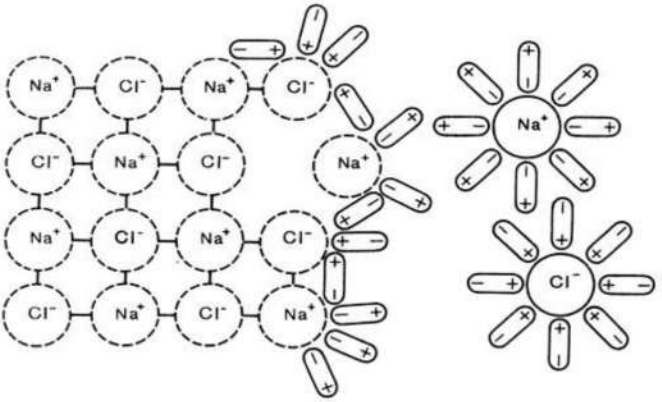


Рис. 29. Схема электролитической диссоциации хлорида натрия в водном растворе

Аналогично диссоциируют электролиты, молекулы которых образованы по типу полярной ковалентной связи. Здесь также вокруг каждой полярной молекулы вещества ориентируются диполи воды, которые притягиваются своими отрицательными полюсами к положительному полюсу молекулы и положительными полюсами – к отрицательному полюсу. В результате такого диполь-дипольного взаимодействия связующе электронное облако (электронная пара) полностью сместится к атому с большей электроотрицательностью, при этом полярная молекула превращается в ионную и затем легко распадается на гидратированные ионы (рис. 30).

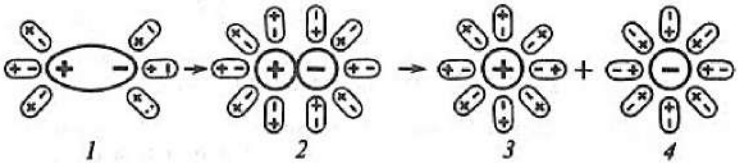


Рис. 30. Схема электролитической диссоциации полярной молекулы в водном растворе:
1 – полярная молекула в начале гидратации; 2 – переход полярной структуры в ионную под действием диполей воды; 3 – гидратированный катион; 4 – гидратированный анион

Диссоциацию полярных молекул можно выразить уравнением

$$КА + xH_2O \rightleftarrows К^+(H_2O)_к + А^-(H_2O)_а.$$

Она может быть полной или частичной – все зависит от степени полярности связей молекул.

Соединения, содержащие одновременно ионные и полярные связи, сначала диссоциируют по ионным, а затем по полярным связям.

Степень диссоциации. Поскольку электролитическая диссоциация – процесс обратимый, в растворах электролитов наряду с их ионами присутствуют и молекулы. Поэтому растворы электролитов характеризуются степенью диссоциации α, которая представляет собой отношение числа распавшихся на ионы молекул n к общему числу растворенных молекул N:

$$\alpha = n / N.$$

Степень диссоциации электролита определяется опытным путем и выражается в долях единицы или в процентах. Если диссоциация отсутствует, то $\alpha = 0$; если электролит полностью распадается на ионы, то $\alpha = 1$, или 100%. Если же $\alpha = 70\%$, то это означает, что из 100 молекул данного электролита 70 распалось на ионы.

Степень диссоциации зависит от природы растворителя и природы растворяемого вещества, концентрации раствора, температуры и других факторов.

Различные вещества диссоциируют в разной степени. Например, α муравьиной кислоты HCOOH при одинаковых условиях больше α уксусной кислоты CH_3COOH.

При уменьшении концентрации электролита, т. е. при разбавлении раствора, степень диссоциации увеличивается, так как увеличиваются расстояния между ионами в растворе и уменьшается возможность соединения их в молекулы.

При повышении температуры степень диссоциации, как правило, увеличивается.

В зависимости от степени диссоциации электролиты делятся на сильные и слабые.

Сильные электролиты при растворении в воде практически полностью диссоциируют на ионы. К ним относят: 1) почти все растворимые соли; 2) сильные кислоты, например H_2SO_4, HNO_3, HCl, HBr, HI, $HMnO_4$, $HClO_3$, $HClO_4$; 3) основания щелочных и щелочноземельных металлов.

Процесс диссоциации сильных электролитов является необратимым. Сильные электролиты в водных растворах находятся только в виде ионов.

Слабые электролиты при растворении в воде диссоциируют на ионы лишь частично. К ним относят: 1) почти все органические кислоты; 2) слабые кислоты, например H_2CO_3, H_2S, HNO_2, $HClO$, H_2SiO_3; 3) некоторые соли – CdI_2, $HgCl_2$, $Hg(CN)_2$, $Fe(SCN)_3$; 4) многие основания металлов (кроме оснований щелочных и щелочноземельных металлов), а также NH_4OH, фенолы, амины; 5) воду. Слабые электролиты не могут дать большой концентрации ионов в растворе.

Отметим также, что у сильных электролитов отсутствуют константы диссоциации, слабые электролиты их имеют. К слабым электролитам в разбавленных водных растворах применим закон действующих масс.

Константа диссоциации (ионизации). Для характеристики слабых электролитов применяют константу диссоциации $K_Д$. Применим закон действующих масс к диссоциации слабого электролита уксусной кислоты:

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

$$K_д = \frac{[CH_3COO^-]\cdot[H^+]}{[CH_3COOH]}.$$

Константа диссоциации $K_Д$ – это отношение произведения концентраций ионов в растворе к концентрации недиссоциированных молекул.

Константа диссоциации не зависит от концентрации электролита, а потому является более общей характеристикой электролита, чем степень диссоциации α. Она зависит от природы электролита, природы растворителя (разные диэлектрические постоянные) и от температуры.

В. Оствальд установил зависимость между константой диссоциации $K_Д$, степенью диссоциации α и молярной концентрацией электролита c, математическое выражение которой получило название *закона разбавления Оствальда:*

$$K_д = \frac{c\cdot\alpha^2}{1-\alpha}.$$

Для слабых электролитов:

$$K = c\cdot\alpha^2.$$

Количественная оценка теории сильных электролитов была дана в работах П. Дебая и Э. Гюккеля (1923). Согласно этой теории сильные электролиты и в разбавленных, и в концентрированных растворах диссоциируют полностью. Однако измерения π, $\Delta t_к$, $\Delta t_з$, электропроводимости привели к выводу, что в растворах сильные электролиты не полностью диссоциированы на ионы.

Теория Дебая–Гюккеля объясняет это противоречие двумя факторами:

1) электростатическое взаимодействие (притяжение разноименно и отталкивание одноименно заряженных ионов), которое стремится расположить ионы упорядоченно;

2) тепловое движение ионов, которое препятствует этой упорядоченности и способствует хаотическому распределению ионов.

Поэтому для сильных электролитов применяют иногда понятие кажущейся степени диссоциации.

С целью применения законов, сформулированных для идеальных систем, к растворам сильных электролитов Льюис предложил ввести понятие активности растворов – *a*, соответствующее их активной, эффективной концентрации, с которой эти растворы действуют при химических реакциях

$$a = f \cdot c,$$

где *f* – коэффициент активности, характеризующий степень отклонения сильных электролитов от свойств идеальных систем. Рассчитывается по формуле:

$$\lg f = -0{,}5 \cdot z^2 \cdot \sqrt{I},$$

где z – заряд иона, *I* – ионная сила раствора.

Ионная сила раствора I является мерой интенсивности электрического поля, возникающего в результате наличия ионов в растворе, т.е. эта величина определяет электростатическое взаимодействие раствора по уравнению

$$I = ½ (c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2 + \ldots + c_n z_n^2),$$

где с – молярная концентрация ионов (моль/л), z – заряд ионов.

В соответствии с теорией ЭДС протоны H^+ являются носителями кислотных свойств, а OH^- – носителями основных свойств.

Для характеристики кислотности среды введен специальный параметр – *водородный показатель pH*. Водородным показателем pH – называется взятый с обратным знаком десятичный логарифм активности ионов водорода в растворе:

$$pH = -\lg a_{H^+},$$

для разбавленных растворов

$$pH = -\lg[H^+].$$

При pH = 7 ($a_{H^+} = 10^{-7}$ моль/л) среда нейтральна, pH < 7 – кислая, pH > 7 – щелочная. pH = 7 соответствует нейтральной среде только при 22°С.

Для воды и разбавленных водных растворов при постоянной температуре произведение концентраций H^+ и OH^- есть величина постоянная, и называется *ионное произведение воды*

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}.$$

Зная pH раствора, легко рассчитать показатель pOH – щелочность среды: pOH = 14 – pH, и наоборот.

5.3. Буферные системы.

Растворы, обладающие способностью сохранять практически постоянное значение pH при добавлении небольших количеств кислоты или щелочи, а также при разбавлении, называются *буферными*.

Состав буферных систем. Буферные системы по своему составу делятся на два типа:

I. Основные буферные системы (pH > 7) состоят из слабого основания и его соли, образованной сильной кислотой.

Например, аммонийная буферная система:

$$NH_4OH + NH_4Cl;\ pH = 9{,}2.$$

II. Кислотные буферные системы (pH < 7) состоят из слабой кислоты и ее соли, образованной сильным основанием.

Например, ацетатная буферная система:

$$CH_3COOH + CH_3COONa;\ pH = 4{,}7.$$

Буферная система характеризуется определенными значениями концентраций ионов H^+ или OH^-, которые она стремится сохранить при добавлении небольших количеств кислоты или щелочи.

Уксусная кислота и ацетат натрия в водном растворе диссоциируют на ионы:

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+ \text{ (частично)};$$
$$CH_3COONa \rightleftarrows CH_3COO^- + Na^+ \text{ (полностью)}.$$

Прибавим к этому раствору небольшое количество раствора соляной кислоты HCl, т.е. введем дополнительно ионы H^+:

$$HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-.$$

В этом случае противодействовать увеличению кислотности среды будут анионы соли CH_3COO^-, которые взаимодействуют с ионами H+, образуя молекулы слабого электролита:

$$CH_3COO^- + H+ \rightleftarrows CH_3COOH.$$

Таким образом, ионы H^+ связываются, и pH раствора изменяется незначительно. При добавлении к буферному раствору щелочи, например NaOH, увеличивается концентрация ионов OH^-:

$$NaOH = Na^+ + OH^-.$$

Но pH буферного раствора изменяется незначительно, так как ионы OH^- щелочи будут взаимодействовать с молекулами слабого электролита CH_3COOH:

$$CH_3COOH + OH^- \rightleftarrows H_2O + CH_3COO^-.$$

В результате этого процесса уменьшается количество слабой кислоты, что мало влияет на pH раствора. При разбавлении буферных растворов также не происходит изменения pH среды, т.к. не происходит изменения соотношения компонентов, от которых зависит концентрация H^+ и OH^- буферных систем.

5.4. Буферная емкость.

Количественной мерой способности буферных систем противодействовать изменению pH среды является буферная емкость.

Буферную емкость выражают числом молей кислоты или щелочи, которое необходимо добавить к 1 литру буферного раствора для смещения pH раствора на единицу.

Буферная емкость рассчитывается по формуле:

$$B = C/(pH_1 - pH_0)$$

где B – буферная емкость раствора; C – количество молей кислоты или щелочи; pH_0 – исходное значение водородного показателя; pH_1 – значение водородного показателя после прибавления C молей кислоты или щелочи.

Наибольшей буферной емкостью обладают растворы с соотношением компонентов, равным единице:

$$\frac{[\text{Кислота}]}{[\text{Соль}]} = 1, \quad \frac{[\text{Основание}]}{[\text{Соль}]} = 1.$$

Разбавление растворов почти не изменяет pH, но существенно влияет на буферную емкость. В очень разбавленных растворах буферная емкость незначительна.

5.5. Гидролиз солей.

Взаимодействие ионов соли с водой, приводящее к образованию слабого электролита, называется *гидролизом соли.* Образование слабого электролита возможно, если в состав соли входит анион слабой кислоты или катион слабого основания. Поэтому гидролизу подвергаются соли, образованные:

1) сильным основанием и слабой кислотой (например, Na_2CO_3);

2) слабым основанием и сильной кислотой (например, $CuSO_4$);

3) слабым основанием и слабой кислотой (например, $Al_2(CO_3)_2$).

Если соль образована многозарядным ионом, гидролиз протекает ступенчато.

Гидролиз соли приводит к сдвигу ионного равновесия в растворе, т.е. к изменению pH среды.

1) Гидролиз соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой.

1 ступень.

$$Na_2CO_3 \rightleftarrows 2\,Na^+ + CO_3^{2-}$$
$$CO_3^{2-} + HOH \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$$
$$Na_2CO_3 + HOH \rightleftarrows NaHCO_3 + NaOH$$

2 ступень.

$$NaHCO_3 \rightleftarrows Na^+ + HCO_3^-$$
$$HCO_3^- + HOH \rightleftarrows H_2CO_3 + OH^-$$
$$NaHCO_3 + HOH \rightleftarrows H_2CO_3 + NaOH,\ pH > 7.$$

2) Гидролиз соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой.

1 ступень.

$$AlCl_3 \rightleftarrows Al^{3+} + 3Cl^-$$
$$Al^{3+} + HOH \rightleftarrows AlOH^{2+} + H^+$$
$$AlCl_3 + HOH \rightleftarrows AlOHCl_2 + HCl$$

2 ступень.

$$AlOHCl_2 \rightleftarrows AlOH^{2+} + 2Cl^-$$
$$AlOH^{2+} + HOH \rightleftarrows Al(OH)_2^+ + H^+$$
$$AlOHCl + HOH \rightleftarrows Al(OH)_2Cl + HCl$$

3 ступень.

$$Al(OH)_2Cl \rightleftarrows Al(OH)_2^+ + Cl^-$$
$$Al(OH)_2^+ + HOH \rightleftarrows Al(OH)_3 + H^+$$
$$Al(OH)_2Cl + HOH \rightleftarrows Al(OH)_3 + HCl,\ pH < 7$$

3) Гидролиз соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой.

$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftarrows 2NH_4^+ + CO_3^{2-}$$
$$NH_4^+ + HOH \rightleftarrows NH_4OH + H^+$$

1 ступень.

$$CO_3^{2-} + HOH \rightleftarrows HCO_3^- + OH$$

2 ступень.

$$HCO_3^- + HOH \rightleftarrows H_2CO_3 + OH$$
$$(NH_4)_2CO_3 + 2HOH \rightleftarrows 2NH_4OH + H_2CO_3,\ pH \geq 7.$$

Реакции гидролиза солей, как правило, являются обратимыми, так как слабые электролиты есть и среди исходных веществ (вода), и среди продуктов реакции. В состоянии равновесия только часть молекул соли гидролизуется. Количественно гидролиз характеризуется степенью гидролиза *h*, выраженной в процентах.

Степень гидролиза равна отношению числа гидролизованных молекул соли к общему числу растворенных молекул:

$$h = n/N \cdot 100\%,$$

где *n* – число молекул соли, подвергшихся гидролизу; *N* – общее число растворенных молекул соли.

Степень гидролиза зависит от природы соли, концентрации раствора, температуры. При разбавлении раствора, повышении его температуры степень гидролиза увеличивается.

Константа гидролиза. Если реакцию гидролиза соли в общем виде представить уравнением

$$KtAn + H_2O \rightleftarrows KtOH + HAn,$$

где *Kt* – катион; *An* – анион,

то уравнение константы равновесия реакции следующее:

$$К_{равн} = \frac{[KtOH] \cdot [HAn]}{[KtAn] \cdot [H_2O]}.$$

Поскольку концентрацию H_2O в разбавленных растворах можно считать постоянной величиной, то и произведение

$$К_{равн} \cdot [H_2O]$$

является постоянной величиной и называется константой гидролиза $К_г$:

$$К_г = К_{равн} \cdot [H_2O] = \frac{[KtOH] \cdot [HAn]}{[KtAn]}.$$

В случае гидролиза по аниону уравнение константы гидролиза примет вид:

$$К_г = \frac{[OH^-] \cdot [HAn]}{[An^-]} = \frac{К_{H_2O} \cdot [HAn]}{[H^+] \cdot [An^-]} = \frac{К_{H_2O}}{К_{HAn}}.$$

В случае гидролиза по катиону:

$$К_г = \frac{К_{H_2O}}{К_{KtOH}}.$$

Очевидно, что для гидролиза по катиону и по аниону выражение константы гидролиза:

$$К_г = \frac{К_{H2O}}{К_{HAn} \cdot К_{KtOH}}.$$

Как и для процессов электролитической диссоциации, степень и константа гидролиза связаны между собой законом разбавления Оствальда $h = \sqrt{\frac{К_г}{С}}$, который еще раз подтверждает, что с разбавлением раствора степень гидролиза увеличивается.

Сольволиз – более общее понятие, чем гидролиз – это реакции обменного разложения между растворенным веществом и растворителем. В зависимости от растворителя часто применяют индивидуальные термины: *гидролиз* (сольволиз в воде), *аммонолиз* (сольволиз в аммиаке), *алкоголиз* (сольволиз в спиртах) и т. д.

5.6. Способы выражения состава растворов.

Наиболее употребляемы следующие способы выражения состава растворов:

Массовая доля (ω) растворенного вещества равна отношению массы растворенного вещества к общей массе раствора. Выражают в долях единицы или в процентах (%). Иногда массовую долю

называют процентной концентрацией, так как она показывает массу (г) растворенного вещества в 100 г раствора:

$$\omega = \frac{m_{\text{в–ва}}}{m_{\text{р–ра}}} = \frac{m_{\text{в–ва}}}{m_{\text{в–ва}} + m_{\text{р–ля}}};$$

$$\omega = \frac{m_{\text{в–ва}} \cdot 100\%}{m_{\text{р–ра}}} = \frac{m_{\text{в–ва}} \cdot 100\%}{m_{\text{в–ва}} + m_{\text{р–ля}}} = \frac{m_{\text{в–ва}} \cdot 100\%}{V_{\text{р–ра}} \cdot \rho_{\text{р–ра}}}, \%,$$

где $m_{\text{в–ва}}$ – масса вещества, г; $m_{\text{р–ра}}$ – масса раствора, г; $m_{\text{р–ля}}$ – масса растворителя, г; $V_{\text{р–ра}}$ – объем раствора, мл; $\rho_{\text{р–ра}}$ – плотность раствора, г/см^3.

В последней формуле использовано выражение состава раствора через его плотность:

$$V_{\text{р–ра}} = \frac{m_{\text{р–ра}}}{\rho_{\text{р–ра}}}.$$

В практике растворов часто требуется приготовить раствор из уже имеющихся, поэтому приводится формула смешивания:

$$\omega_{\text{(конечн)}} = \frac{m_1 \cdot \omega_1 + m_2 \cdot \omega_2}{m_1 + m_2}.$$

1 дм^3(л) = 1000 см^3(мл) = 0,001 м^3; 1 г = 1000 мг = 0,001 кг.

Молярная доля (N) – это отношение количества растворенного вещества (или растворителя) к сумме количеств всех веществ n_1, n_2, составляющих раствор:

$$N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \text{ или } N_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \cdot 100\%.$$

Объемная доля (φ) – отношение объема растворенного вещества к сумме объемов всех компонентов до приготовления раствора:

$$\varphi = \frac{V_{\text{в–ва}}}{\Sigma V_{\text{комп–тов}}} \cdot 100\%.$$

Концентрацией называют отношение количества (моль) или массы (г, кг) вещества, содержащегося в растворе, к объему или массе раствора, либо растворителя. Выражение состава раствора через концентрации – это молярная, нормальная, моляльная и массовая концентрации.

Молярная концентрация (См) – это отношение количества растворенного вещества (n) к объему раствора, выражается в моль/л:

$$\text{См} = \frac{n}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{M \cdot V_{\text{р-ра}}} = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M},$$

где n – количество вещества, моль; М – молярная масса, г/моль; 10 – пересчётный коэффициент.

Раствор, в одном литре которого содержится 1 моль растворенного вещества, называется одномолярным, обозначается 1 М.

Эквивалентная или нормальная концентрация (C_N или Сн.) – это отношение количества эквивалентов растворенного вещества в растворе к объему раствора, выражают в моль/л:

$$C_N = \frac{m_{\text{в-ва}}}{\text{М}_{\text{экв}} \cdot V} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{\text{М} \cdot \text{Э} \cdot V} = \frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M_{\text{экв}}},$$

где $\text{М}_{\text{экв}}$ – молярная масса эквивалента, г; Э – эквивалент, моль; 10 – пересчетный коэффициент.

При проведении химических реакций вещества реагируют в эквивалентных количествах, если концентрации не равны, то объемы растворов реагирующих веществ обратно пропорциональны их нормальной концентрации.

$$\text{V}_1 : \text{V}_2 = \text{C}_{\text{N2}} : \text{C}_{\text{N1}} \text{ или } \text{C}_{\text{N1}} \cdot \text{V}_1 = \text{C}_{\text{N2}} \cdot \text{V}_2,$$

где V – объемы, C_N – концентрации соответствующих растворов.

Другие формулы для пересчета концентраций:

$$\text{М}_{\text{экв}} = \text{М} \cdot \text{Э};$$
$$\text{C}_\text{N} = \text{C}_\text{M}/\text{Э}.$$

Если в 1 л раствора содержится 1 эквивалент вещества, то раствор называется однонормальный 1N (1н.).

В случае, когда эквивалент растворенного вещества Э = 1 моль, молярная и нормальная концентрация раствора имеет одну и ту же величину (HCl, HNO_3, NaOH, NaNO3 и др.).

Моляльная концентрация (Смл) – это отношение количества растворенного вещества к массе растворителя, моль/1000 г растворителя:

$$\text{Смл} = \frac{n \cdot 1000}{m_{\text{р-ля}}} = \frac{n \cdot 1000}{m_{\text{р-ра}} - m_{\text{в-ва}}} = \frac{m_{\text{в-ва}} \cdot 1000}{\text{М} \cdot (m_{\text{р-ра}} - m_{\text{в-ва}})}.$$

Для перерасчета одного количественного выражения состава раствора в другое можно пользоваться формулами связи этих физических величин между собой.

$$\text{Смл} = \frac{1000 \cdot \omega}{\text{М}\,(100 - \omega)} = \frac{\text{C}_\text{M}}{\rho - \text{C}_\text{M} \cdot \text{М}/1000} = \frac{\text{C}_\text{N}}{\rho/\text{Э} - \text{C}_\text{N} \cdot \text{М}/1000}.$$

Массовая концентрация (Cω) – это отношение массы растворенного вещества к объему раствора, г/л, кг/л, кг/м^3:

$$C\omega = \frac{m_{в-ва}}{V_{р-ра}}.$$

Часто используется кратная единица Cω – титр.

Титр раствора (T) – это масса растворенного вещества, содержащаяся в 1 см^3(мл) раствора, мг/мл, г/мл:

$$T = \frac{m_{в-ва}}{V_{р-ра}} = \frac{C_M \cdot M}{1000} = \frac{C_N \cdot m_э}{1000}.$$

5.7. Значение растворов в химии и биологии.

Большинство химических превращений стремятся проводить в растворах, так как они позволяют осуществлять реакции быстро и в контролируемых условиях. Растворы – это концентрированные среды, в которых реагенты диспергированы до размеров молекул или ионов, и поэтому могут взаимодействовать друг с другом во всем объеме, а не на относительно малой поверхности контакта реагирующих фаз, как в случае грубых механических смесей (горение дров, каменного угля, растворение мыла в воде).

Растворы легко дозируются и перемешиваются.

В биологии роль растворов исключительно велика, так как водные растворы являются естественной средой, в которой развиваются все клеточные процессы. Жизнь возникла в воде. Растения извлекают азот, фосфор, калий и микроэлементы из водных растворов почвы.

Вопросы для контроля

1. Общая характеристика растворов. Идеальные и реальные растворы.
2. Давление насыщенного пара.
3. Эбуллиоскопическая постоянная.
4. Криоскопическая постоянная.
5. Осмос. Осмотическое давление.
6. Теория электролитической диссоциации. Механизм электролитической диссоциации. Степень и константа диссоциации.
7. Водородный показатель pH. Ионное произведение воды.
8. Буферные системы. Буферная емкость.
9. Гидролиз солей.
10. Выражение состава раствора: молярная, нормальная, моляльная и массовая концентрации.

6. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

6.1. Окислительно-восстановительные реакции.

Реакции, протекающие с изменением степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ, называют *окислительно-восстановительными* (ОВР). Так, например, цинк и водород изменили степень окисления в реакции замещения:

$$Zn^0 + 2H^{+1}Cl^{-1} = Zn^{+2}Cl_2^{-1} + H_2^0.$$

В окислительно-восстановительных реакциях происходит перемещение электронов от одних атомов, молекул или ионов к другим, при этом изменяются заряды ионов. Эти реакции также называются редокс-реакциями (от лат. reductio – восстановление и oxydatio – окисление).

Процессы окисления – восстановления. Окислительно-восстановительные реакции состоят из взаимосвязанных одновременно протекающих процессов *окисления и восстановления*.

Окисление – это процесс отдачи электронов атомом, молекулой или ионом; при этом степень окисления повышается. Например, в реакции (1) электронное уравнение для цинка будет следующим (2):

$$Zn^0 + 2H^{+1}Cl^{-1} = Zn^{+2}Cl_2^{-1} + H_2^0 \quad (1)$$

$$Zn^0 - 2\bar{e} = Zn^{+2} \quad (2)$$

Степень окисления цинка повышается от 0 до +2. Цинк отдал электроны, он является восстановителем. Восстановителем называется ион (атом, молекула), отдающий электроны. Из восстановленной формы цинк (Zn^0 – металлический) превращается в окисленную форму (ион Zn^{2+}), т.е. восстановитель в ходе окислительно-восстановительной реакции окисляется.

Восстановление – это процесс присоединения электронов атомом, молекулой или ионом. Степень окисления при этом понижается. Например:

$$2H^+ + 2\bar{e} = H_2^0.$$

Водород принял электроны, он является окислителем. Окислителем называется ион (атом, молекула), который при взаимодействии принимает электроны. Из окисленной формы ион водорода превращается в молекулу, восстановленную форму. В ходе реакции окислитель восстанавливается.

Атомы, молекулы и ионы, являющиеся окислителями или восстановителями и входящие в состав веществ, то, соответственно, эти вещества называются *окислителями или восстановителями.* Окисление и восстановление – взаимосвязанные процессы, которые можно выразить следующей схемой (рис. 31):

Окисление:	восстановитель – $\bar{e}$	$\Leftrightarrow$	окислитель + $\bar{e}$	Восстановление:
	отдает электроны		принимает электроны	
	степень окисления повышается		степень окисления понижается	
	окисляется		восстанавливается	

Рис. 31. Схема окисления и восстановления

В окислительно-восстановительных реакциях число электронов, отдаваемых восстановителем, равно числу электронов, присоединяемых окислителем.

Окислители и восстановители. В качестве окислителей и восстановителей могут выступать как простые и сложные веще-

ства, так и ионы, содержащие в своем составе атомы элементов, изменяющие в ходе реакции степень окисления. Соединения, в состав которых входят атомы элементов в своей высшей или в одной из наиболее высоких положительных степеней окисления, могут преимущественно восстанавливаться, выступая в качестве окислителей, например $K\overset{+7}{Mn}O_4$, $K\overset{+7}{Cl}O_4$, $\overset{+4}{Pb}O_2$, $K_2\overset{+6}{Cr_2}O_7$, $H_2\overset{+6}{S}O_4$, $H\overset{+5}{Cl}O_3$, $H\overset{+5}{I}O_3$ и др. Соединения, содержащие атомы элементов в их низшей или в одной из наиболее низких степеней окисления, выступают в окислительно-восстановительных реакциях преимущественно в качестве восстановителей, например $\overset{-3}{N}H_3$, $H_2\overset{-2}{S}$ и др.

Важнейшие окислители.

1) Неметаллы (F_2, O_2, Cl_2, Br_2, S, O_3), переходящие в состояние с отрицательной степенью окисления.

2) Катионы металлов и водорода (Ag^+, Cu^{2+}, H^+), переходящие в нейтральное состояние.

3) Сложные вещества, в состав которых входят элементы с высшей или высокой степенью окисления ($KMnO_4$, MnO_2, $K_2Cr_2O_7$, HNO_3, $HClO_4$, PbO_2, AgO, H_2O_2 и др.).

4) Концентрированная серная кислота, «царская водка» – смесь соляной и азотной кислот в соотношении 3:1.

5) Анод при электролизе.

Важнейшие восстановители.

1) Все металлы, переходящие в состояние с положительной степенью окисления.

2) Некоторые неметаллы (H_2, B, C), переходящие в состояние с положительной степенью окисления.

3) Сложные вещества, в состав которых входят элементы с низкой или низшей степенью окисления ($\overset{+2}{Fe}Cl_2$, $\overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3$, $H_2\overset{-2}{S}$, $H\overset{-1}{Cl}$, $\overset{-3}{N}H_3$, $H_2\overset{+4}{S}O_3$, $Mn\overset{+2}{S}O_4$, $H\overset{-1}{Br}$, $Sn\overset{+2}{Cl}_2$, $Na_2\overset{+2}{S_2}O_3$, $\overset{+2}{C}O$, $\overset{+2}{N}O$ и д.р.).

4) Органические вещества – альдегиды, спирты, глюкоза, муравьиная и щавелевая кислоты.

5) Катод при электролизе.

Соединения, в состав которых входят атомы элементов с *промежуточной степенью окисления*, способны проявлять как восстановительные свойства в паре с более сильными окислителями, так и окислительные в паре с более сильными восстановителями,

например $H_2O_2^{-1}$, $H_3P^{+3}O_3$, S, Cl_2, I_2, соединения Fe^{2+}, Cr^{3+}, Mn^{4+}, различные нитриты, сульфиты и др. Обычно одно из этих свойств является более характерным и преобладающим.

Пример.

$H_2S^{+4}O_3 + 2H_2S = 3S^0 + 3H_2O$

$S^{+4} + 4\bar{e} \rightarrow S^0$

$S^{-2} - 2\bar{e} \rightarrow S^0$

В данной ОВР сернистая кислота H_2SO_3 является окислителем, потому что реагирует с сероводородом H_2S – сильным восстановителем.

$2H_2S^{+4}O_3 + O_2^0 = 2H_2S^{+6}O_4^{-2}$

$S^{+4} - 2\bar{e} \rightarrow S^{+6}$

$O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2}$

В этой реакции сернистая кислота H_2SO_3 является восстановителем, потому что реагирует с O_2 – сильным окислителем

Окислительно-восстановительные свойства атомов различных элементов зависят от многих факторов, важнейшими из которых являются: положение элемента в периодической системе, его степень окисления в веществе, характер свойств, проявляемых другими участниками процесса. В периодах с увеличением порядкового

номера элемента восстановительные свойства ослабевают; с увеличением порядкового номера у элементов главных подгрупп усиливаются восстановительные свойства и ослабевают окислительные. Наиболее сильными восстановителями являются щелочные металлы, среди которых франций – самый сильный; наиболее сильными окислителями – галогены, среди которых фтор – самый сильный.

Классификация окислительно-восстановительных реакций. Различают три типа окислительно-восстановительных реакций:

1) межмолекулярные;

2) внутримолекулярные;

3) диспропорционирования.

К *межмолекулярным* относятся реакции, которые протекают с изменением степени окисления атомов в разных молекулах, т. е. окислитель и восстановитель являются разными веществами.

$4N^{-3}H_3 + 3O_2^0 \rightarrow 2N_2^0 + 6H_2O^{-2}$

$2N^{-3} - 6\bar{e} = N_2^0 \quad |4|2$

$O_2^0 + 4\bar{e} = 2O^{-2} \quad |6|3$

Коэффициенты (2, 3) при окислителе и восстановителе находятся по правилу наименьшего кратного. Среди межмолекулярных ОВР встречаются реакции, в которых окислению или восстановлению подвергаются атомы сразу двух элементов одного вещества.

$4Fe^{+2}S^{-2} + 7O_2^0 \rightarrow 2Fe_2^{+3}O_3^{-2} + 4S^{+4}O_2^{-2}$

$Fe^{+2} - 1\bar{e} \rightarrow Fe^{+3}$ $\Big\}$ $- 7\bar{e}$ | 4

$S^{-2} - 6\bar{e} \rightarrow S^{+4}$ $\Big\}$

$O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2} \quad | + 4\bar{e} \quad | 7$

Расчет числа переходящих электронов проводят на молекулу в целом (в данном случае электроны суммируются).

К этому типу реакций следует отнести и реакции между разными веществами, в которых атомы одного и того же элемента имеют различную степень окисления (реакции конмутации). В результате получается вещество, содержащее атомы того же элемента в промежуточной степени окисления. В таких реакциях складываются коэффициенты при продукте реакции.

$2H_2S^{-2} + H_2S^{+4}O_3 = 3S^0 + 3H_2O$

$S^{-2} - 2\bar{e} \rightarrow S^0 \quad | 4 | 2$

$S^{+4} + 4\bar{e} \rightarrow S^0 \quad | 2 | 1$

К *внутримолекулярным* относятся такие реакции, которые протекают с изменением степени окисления разных атомов в одной и той же молекуле, т.е. окислитель и восстановитель – атомы разных элементов одной молекулы. В этом случае, атом с большей положительной степенью окисления окисляет атом с меньшей степенью окисления. Это реакции термического разложения. Например:

$2KCl^{+5}O_3^{-2} \xrightarrow{t} 2KCl^{-1} + 3O_2^0$

$Cl^{+5} + 6\bar{e} \rightarrow Cl^{-1} \quad |6|1$

$2O_3^{-2} - 6\bar{e} \rightarrow 3O_2^0 \quad |6|1$

Сюда же следует отнести и разложение веществ, в которых атомы одного и того же элемента имеют разные степени окисления:

$N^{-3}H_4N^{+3}O_2 = N_2^0 + 2H_2O$

$N^{-3} - 6\bar{e} \rightarrow N_2^0 \quad |6|1$

$N^{+3} + 6\bar{e} \rightarrow N_2^0 \mid 6 \mid 1$

Третий тип реакций – реакции *диспропорционирования* или дисмутации. (Диспропорция – отсутствие пропорциональности, несоразмерность). Протекание таких реакций сопровождается одновременным увеличением и уменьшением степени окисления атомов одного и того же элемента, входящих в состав одной молекулы, т.е. атомы одного и того же элемента окисляются и восстанавливаются. При этом исходное вещество образует соединения, одно из которых содержит атомы с более высокой, а другое с более низкой степенями окисления.

К реакциям диспропорционирования относят реакцию:

$4H_3P^{+3}O_3 = 3H_3P^{+5}O_4 + P^{-3}H_3$

$P^{+3} - 2e^- \rightarrow P^{+5} \quad \mid 6 \mid 3$

$P^{+3} + 6e^- \rightarrow P^{-3} \quad \mid 2 \mid 1$

При составлении уравнения реакции дисмутации коэффициенты из уравнений электронного баланса при атомах окислителях и восстановителях складываются. Реакции диспропорционирования также называются реакциями самоокисления – самовосстановления.

Составление уравнений ОВР.

Применяют в основном два метода составления уравнений окислительно-восстановительных реакций – это метод *электронного баланса и* метод *электронно-ионных схем (полуреакций),* кроме того, существуют *эквивалентный и алгебраический* методы.

Метод электронного баланса. Метод электронного баланса основан на сравнении степеней окисления атомов в исходных и конечных веществах. *Число электронов, отданных восстановителем, должно равняться числу электронов, присоединенных окислителем.* Число одноименных атомов в левой и правой частях уравнения одинаково.

Особенности составления ОВР методом электронного баланса.

1) Для составления уравнения надо знать формулы реагирующих веществ и продуктов реакции. Образующиеся в реакциях вещества определяются либо опытным путем, либо на основе известных свойств элементов.

2) Число электронов, принимаемых окислителем или отдаваемых восстановителем, можно определить для каждого из них как алгебраическую разность степеней окисления до и после реакции.

3) При составлении уравнений окислительно-восстановительных реакций удобно в исходных веществах записывать сначала восстановитель, затем окислитель и среду (если это необходимо); в продуктах реакции – сначала продукт окисления восстановителя, затем продукт восстановления окислителя, затем другие вещества.

Пример 1. Составить уравнение реакции взаимодействия меди с раствором нитрата ртути (II). Определить окислитель и восстановитель.

Решение. Записывают схему реакции и определяют атомы каких элементов изменяют степени окисления:

$$Cu^0 + Hg^{+2}(NO_3)_2 = Cu^{+2}(NO_3)_2 + Hg^0.$$

В процессе окисления атом меди образует ион меди и отдает два электрона. Его степень окисления повышается от 0 до + 2. Медь – восстановитель. Ион ртути, присоединяя два электрона, изменяет степень окисления от +2 до 0. Нитрат ртути – окислитель. Эти изменения можно выразить электронными уравнениями:

окисление $Cu^0 - 2\bar{e} = Cu^{+2}$ | 2 | 1 восстановитель

восстановление $Hg^{+2} + 2\bar{e} = Hg^0$ | 2 | 1 окислитель.

Из уравнений электронного баланса видно, что при восстановителе и окислителе коэффициенты равны 1. В суммарном уравнении реакции стехиометрические коэффициенты не выставляются

$$Cu + Hg(NO_3)_2 = Cu(NO_3)_2 + Hg.$$

Чтобы проверить правильность составленного уравнения, подсчитываем число атомов каждого элемента в правой и левой частях.

Переписываем уравнение в ионной форме

$$Cu^0 + Hg^{+2} + 2NO_3^- = Cu^{+2} + 2NO_3 + Hg^0.$$

И после сокращения одинаковых ионов получим

$$Cu^0 + Hg^{+2} = Cu^{+2} + Hg^0.$$

Пример 2. Составить уравнение реакции взаимодействия сероводорода с подкисленным раствором перманганата калия.

Решение. Сначала запишем схему реакции – формулы взятых и полученных веществ:

$$H_2S + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow S + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O.$$

Затем определим изменение степеней окисления атомов до и после реакции:

$H_2S^{-2} + KMn^{+7}O_4 + H_2SO_4 \rightarrow S^0 + Mn^{+2}SO_4 + K_2SO_4 + H_2O$.

Изменяются степени окисления у серы и марганца (H_2S – восстановитель, $KMnO_4$ – окислитель).

Далее составляем электронные уравнения, т. е. изображаем процессы отдачи и присоединения электронов:

$$S^{-2} - 2\bar{e} = S^0 \quad | \ 5$$
$$Mn^{+7} + 5\bar{e} = Mn^{+2} \quad | \ 2$$

И, наконец, находим коэффициенты при восстановителе и окислителе, а затем при других веществах. Из электронных уравнений видно, что надо взять 5 моль H_2S и 2 моль $KMnO_4$, тогда получим 5 моль атомов S и 2 моль $KMnO_4$. Кроме того, из сопоставления числа атомов в левой и правой частях уравнения найдем, что образуется также 1 моль K_2SO_4 и 8 моль воды.

Окончательное уравнение реакции имеет вид

$5H_2S + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5S + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$.

Правильность написания подтверждается подсчетом атомов кислорода в левой части: $2 \cdot 4 + 3 \cdot 4 = 20$, в правой: $2 \cdot 4 + 4 + 8 = 20$. Переписываем уравнение в ионной форме:

$$5H_2S + 2MnO_4^- + 6H^+ \rightarrow 5S + 2Mn^{2+} + 8H_2O.$$

Способ электронного баланса является универсальным и поэтому применим для составления уравнений окислительно-восстановительных процессов, протекающих как в растворах и расплавах, так и в твердых и газообразных системах. Он основан на сравнении степеней окисления атомов в исходных и конечных веществах и последующем составлении схемы электронного баланса.

Метод полуреакций. Для составления уравнений окислительно-восстановительных реакций широко применяют и так называемый метод полуреакций или ионно-электронный метод. Метод полуреакций основан на составлении ионных уравнений для процесса окисления восстановителя и процесса восстановления окислителя с последующим суммированием в общее уравнение.

При составлении уравнений методом полуреакций необходимо соблюдать следующие условия.

1) Начинать, как и в случае метода электронного баланса, с составления схемы процесса. Для этого записывают в ионном виде восстановитель, окислитель и продукты их взаимодействия, а за-

тем уже приступают к составлению уравнений полуреакций. Сильные электролиты записываются в виде ионов, а слабые электролиты, осадки и газы – в виде молекул. Продукты реакции (взаимодействия восстановителя и окислителя) устанавливаются либо опытным путем, либо на основании известных свойств элементов, либо по справочникам.

2) При составлении уравнений полуреакций из исходных соединений может освобождаться кислород в форме O^{-2}. Тогда в кислых растворах он связывается ионами H^+ в воду, а в щелочных –

в гидроксид-ионы:

$$O^{-2} + 2H^+ = H_2O; \quad O^{-2} + H_2O = 2OH^-.$$

3) Если же исходные соединения содержат меньше атомов кислорода, чем у образующихся соединений, то недостаток их восполняется в кислых и нейтральных растворах за счет молекул воды, а в щелочных – за счет гидроксид-ионов:

$$H_2O = O^{-2} + 2H^+; \quad 2OH^- = O^{-2} + H_2O.$$

Пример. Составьте уравнение реакции, протекающей при пропускании сероводорода H_2S через подкисленный раствор перманганата калия $KMnO_4$.

Решение. Составим схему реакции:

$$H_2S + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow S + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O.$$

При протекании реакции малиновая окраска $KMnO_4$ исчезает и раствор мутнеет. Опыт показывает, что помутнение раствора происходит в результате образования элементарной серы из сероводорода:

$$H_2S \rightarrow S + 2H^+.$$

В этой схеме число атомов одинаково в левой и правой частях. Для уравнивания зарядов надо от левой части схемы отнять два электрона

$$H_2^+S^{-2} \rightarrow S^0 + 2H^+.$$

После чего можно стрелку заменить на знак равенства:

$$H_2S - 2\bar{e} = S + 2H^+.$$

Это первая полуреакция – процесс окисления восстановителя H_2S. Обесцвечивание раствора связано с переходом иона MnO_4^- (он имеет малиновую окраску) в ион Mn^{2+} (почти бесцветный и лишь при большой концентрации имеет розоватую окраску), что можно выразить схемой

$$MnO_4^- \rightarrow Mn^{+2}.$$

Опыт показывает, что в кислом растворе кислород, входящий в состав ионов MnO_4^-, вместе с ионами водорода в конечном итоге образует воду. Поэтому процесс перехода записываем так:

$$MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{+2} + 4H_2O.$$

Чтобы стрелку заменить на знак равенства, надо уравнять и заряды. Поскольку исходные вещества имеют семь положительных зарядов (7+), а конечные – два положительных (2+)

$$(Mn^{+7}O_4)^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{+2} + 4H_2O,$$

то для выполнения условия сохранения зарядов надо к левой части схемы прибавить пять электронов:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{+2} + 4H_2O.$$

Это вторая полуреакция – процесс восстановления окислителя – иона MnO_4^-.

Для составления общего (суммарного) уравнения реакции надо уравнения полуреакций почленно суммировать, предварительно уравняв число отданных и полученных электронов. В этом случае по правилам нахождения наименьшего кратного определяют соответствующие множители, на которые умножаются равенства полуреакций. Сокращенно запись проводится так:

$H_2S - 2\bar{e} = S + 2H^+ \quad | 5$

$\underline{MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{+2} + 4H_2O} \quad | 2$

$5H_2S + 2MnO_4^- + 16H^+ = 5S + 10H^+ + 2Mn^{2+} + 8H_2O.$

Сократив на $10H^+$, окончательно получим

$$5H_2S + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5S + 2Mn^{2+} + 8H_2O.$$

Проверяем правильность составленного ионного уравнения: число атомов кислорода в левой части 8, в правой 8; число зарядов в левой части (2–) + (6+) = 4+, в правой 2 · (2+) = 4+. Уравнение составлено правильно.

Чтобы от ионного уравнения перейти к молекулярному, поступаем так: в левой части ионного уравнения к каждому аниону подбираем соответствующий катион, а к каждому катиону – анион. Затем такие же ионы в таком же количестве записываем и в правую часть уравнения, после чего ионы объединяем в молекулы:

$$5H_2S + 2MnO_4^- + 6H^+ = 5S + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

$$\underline{2K^+ \quad 3SO_4^{2-}} = 2K^+ \quad 3SO_4^{2-}$$

$$5H_2S + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5S + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O.$$

Таким образом, составление уравнений окислительно-восстановительных реакций методом полуреакций приводит к тому же результату, что и методом электронного баланса.

В методе полуреакций коэффициенты окислительно-восстановительных реакций определяют с учетом конкретной формы ионов, участвующих в процессе. Преимуществом метода является отсутствие необходимости пользоваться понятием степени окисления. Кроме того, он позволяет учесть влияние среды реакции на характер процесса. Метод полуреакций применим лишь для описания и подбора коэффициентов окислительно-восстановительных процессов в растворах.

Влияние среды на характер протекания реакций. Реакции окисления – восстановления могут протекать в различных средах: в кислой (избыток – ионов H^+), нейтральной (H_2O) и щелочной (избыток гидроксид-ионов OH^-). В зависимости от среды может изменяться характер протекания реакции между одними и теми же веществами. Среда влияет на изменение степеней окисления атомов. Так, например, ион MnO_4^- в кислой среде восстанавливается до Mn^{2+} (степень окисления Mn^{2+}), в нейтральной – до MnO_2 (степень окисления Mn^{+4}), а в щелочной – до MnO_4^{2-} (степень окисления Mn^{6+}). Схематически эти изменения можно представить так (рис. 32).

Окисленная форма		**Восстановленная форма**
	$-H^+ \longrightarrow$	Mn^{2+}, бесцветный раствор
MnO_4^-	$-H_2O \longrightarrow$	MnO_2, бурый осадок
	$-OH^- \longrightarrow$	MnO^{2-}, зеленый раствор

Рис. 32.Влияние среды на изменение степеней окисления иона MnO_4^-

Обычно для создания в растворе кислой среды используют серную кислоту. Азотную и соляную кислоты применяют редко: первая сама является окислителем, вторая способна окисляться. Для создания щелочной среды применяют растворы гидроксидов калия или натрия.

Опыты по влиянию среды легко провести, взяв, например, в качестве восстановителя раствор сульфита натрия, а окислителя – раствор перманганата калия. Составим соответствующие уравнения методом полуреакций.

В кислой среде:

$Na_2SO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

$SO_3^{2-} + MnO_4^- \rightarrow SO_4^{2-} + Mn^{2+}$

$SO_3^{2-} + H_2O - 2\bar{e} = SO_4^{2-} + 2H^+ \quad | 5$

$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{2+} + 4H_2O \quad | 2$

$5SO_3^{2-} + 3MnO_4^- + 6H^+ = 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 3H_2O$

или

$5Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5Na_2SO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O.$

В нейтральной или слабощелочной среде:

$Na_2SO_3 + KMnO_4 + H_2O = Na_2SO_4 + MnO_2 + KOH$

$SO_3^{2-} + MnO_4^- \longrightarrow SO_4^{2-} + MnO_2$

$SO_3^{2-} + H_2O - 2\bar{e} = SO_4^{2-} + 2H^+ \quad | 3$

$MnO_4^- + 2H_2O + 3\bar{e} = MnO_2 + 4OH^- \quad | 2$

$3SO_3^{2-} + 2MnO_4^- + H_2O = 3SO_4^{2-} + 2MnO_2 + 2OH^-$

или

$3Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + H_2O = 3Na_2SO_4 + 2MnO_2 + 2KOH.$

В сильнощелочной среде:

$Na_2SO_3 + KMnO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + K_2MnO_4 + Na_2MnO_4 + H_2O$

$SO_3^{2-} + MnO_4^- \longrightarrow SO_4^{2-} + MnO_4^{2-}$

$SO_3^{2-} + 2OH^- - 2\bar{e} = SO_4^{2-} + H_2O \quad | 1$

$MnO_4^- + \bar{e} = MnO_4^{2-} \quad | 2$

$SO_3^{2-} + 2MnO_4^- + 2OH^- = SO_4^{2-} + 2MnO_4^{2-} + H_2O$

или

$Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + K_2MnO_4 + Na_2MnO_4 + H_2O.$

6.2. Электрохимические процессы, определение и классификация.

Процессы взаимного превращения химической и электрической форм энергии называют *электрохимическими процессами*.

В основе электрохимических процессов лежат окислительно-восстановительные реакции.

Электрохимические процессы можно разделить на две основные группы:

1) процессы превращения химической энергии в электрическую (в гальванических элементах);

2) процессы превращения электрической энергии в химиче-

скую (электролиз).

Гальванический элемент. Химические процессы, которые сопровождаются возникновением электрического тока или сами вызываются им, называют *электрохимическими.* Или другими словами, это процессы, протекающие на поверхности анода и катода с участием электронов.

В окислительно-восстановительных реакциях электроны непосредственно переходят от восстановителя к окислителю. Но, если процессы окисления и восстановления пространственно разделить, а электроны направить по металлическому проводнику, то такая система будет представлять собой гальванический элемент.

Гальванический элемент – это устройство, в котором на основе окислительно-восстановительной реакции получают электрический ток, т. е. химическая энергия реакции превращается в энергию электрического тока.

Одним из наиболее простых гальванических элементов является медно-цинковый, или элемент Даниэля – Якоби.

В нем проводником соединяются пластинки из цинка и меди, при этом каждый из металлов опущен в раствор соответствующей соли: сульфата цинка и сульфата меди (II). Полуэлементы соединены электролитическим ключом, если находятся в разных сосудах (рис. 33), или разделены пористой перегородкой, если находятся в одном сосуде.

На электроде из цинка, который погружен в раствор соли $ZnSO_4$, происходит окисление атомов цинка в ионы (растворение Zn):

$$Zn^0 - 2\bar{e} = Zn^{2+}.$$

Электроны поступают во внешнюю цепь. Цинк является источником электронов.

На медном электроде, погруженном в раствор $CuSO_4$, происходит восстановление ионов Cu^{2+} в атомы, которые осаждаются на электроде:

$$Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu^0.$$

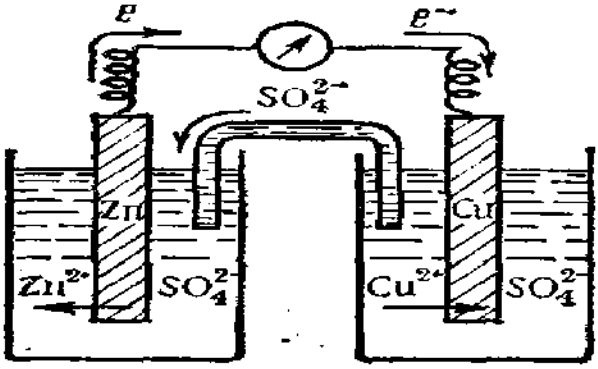


Рис. 33. Схема элемента Даниэля-Якоби

Одновременно часть ионов SO_4^{2-} переходит в растворе через пористую перегородку в сосуд с раствором $ZnSO_4$.

Суммарное уравнение процесса получим, сложив оба уравнения:

$Zn^0 - 2\bar{e} = Zn^{2+}$ (анодный процесс)

$Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu^0$ (катодный процесс)

$Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu^0$

или в молекулярной форме

$Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$.

Это обычная окислительно-восстановительная реакция.

Поскольку электроны восстановителя переходят к окислителю через проводник, то химическая энергия реакции превращается в электрическую; если же они передаются непосредственно от восстановителя к окислителю, то химическая энергия превращается в тепловую.

Цинковый электрод – источник электронов, поступающих во внешнюю цепь, – принято считать отрицательным, а медный электрод – положительным. Название электродам дается в соответствии с процессами, которые на них протекают: электрод, на котором протекает процесс окисления, называется анодом, а электрод, на котором протекает процесс восстановления, называется катодом. В рассматриваемом элементе цинк – анод (А), медь – катод (К).

У всех гальванических элементов отрицательный электрод называют анодом, положительный – катодом. В случае электролиза (см. ниже) название электродов обратное, а именно: отрица-

тельный электрод называют катодом (соединен с отрицательным полюсом источника тока), а положительный – анодом (соединен с положительным полюсом источника тока). Как следует из изложенного, это различие обусловлено тем, что условились называть электрод, уводящий электроны из данной системы, анодом, а электрод, вводящий электроны, катодом.

Гальванический элемент изображают краткой схемой, например:

$$(-)Zn|Zn^{2+}||Cu^{2+}|Cu(+),$$

где одна вертикальная линия означает границу между электродом и раствором, две вертикальные линии – границу между растворами, в скобках указаны знаки полюсов, причем анод записывается слева, катод – справа.

Причиной возникновения и протекания электрического тока в гальваническом элементе является *разность электродных потенциалов.*

6.3. Электродные потенциалы. Понятие об электродных потенциалах.

По современным представлениям в узлах кристаллических решеток металлов расположены ион-атомы, находящиеся в равновесии со свободными электронами:

$$Me^+e^- \rightleftarrows Me^+ + \bar{e}.$$

Если погрузить пластинку металла в воду, то под действием полярных молекул воды с поверхности металла отрываются ионы и гидратированными переходят в жидкость (рис. 34). При этом жидкость заряжается положительно, а металл – отрицательно, поскольку на нем появляется избыток электронов. Катионы, перешедшие в жидкость, вследствие притяжения отрицательно заряженным металлом располагаются вблизи его поверхности. В результате образуются два слоя с противоположными зарядами – так называемый *двойной электрический слой.* На границе соприкосновения металла и жидкости возникает определенная разность потенциалов, или скачок потенциала, так как плотную часть двойного электрического слоя с некоторым приближением можно уподобить плоскому конденсатору с определенной разностью потенциалов.

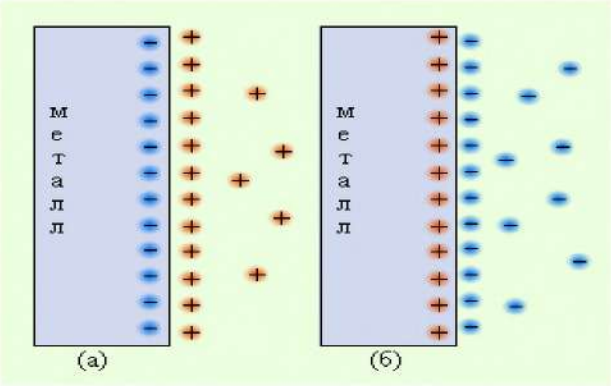


Рис. 34. Двойной электрический слой на границе раздела металл-раствор:
а – активный металл; б – малоактивный

Процесс перехода ионов металлов в жидкость является обратимым. Устанавливается подвижное равновесие, которое схематически можно выразить уравнением

$$Me + mH_2O \rightleftarrows \underset{\text{в растворе}}{Me(H_2O)^{n+}_m} + \underset{\text{на металле}}{n\bar{e}}.$$

Уравнение для упрощения часто записывают без гидратационной воды:

$$Me \rightleftarrows Me^{n+} + n\bar{e}.$$

Разность потенциалов, возникающую между металлом и окружающей его водной средой при наступлении равновесия, называют *равновесным электродным потенциалом* или *потенциалом электрода.*

Если пластинку металла погрузить не в воду, а в водный раствор соли этого металла, равновесие сместится в обратном направлении, пока не установится новое равновесие с соответствующим ему электродным потенциалом. При удалении избыточных электронов из металла равновесие сместится в прямом направлении. Это и осуществляется в гальваническом элементе.

Если малоактивный металл погрузить в раствор его соли (с достаточной концентрацией ионов металла), то в этом случае часть катионов переходит на металл, заряжая его поверхность положительно: раствор же заряжается отрицательно за счет избытка анионов соли. В этом случае на границе соприкосновения металла и

раствора также возникает двойной электрический слой, а значит, и определенная разность потенциалов. Вообще при погружении металлов в растворы их солей одни из них заряжаются положительно (менее активные металлы), другие, наоборот, отрицательно (более активные металлы). Равновесный потенциал металла в растворе соли того же металла обычно записывают так (в числителе – окисленная форма, в знаменателе – восстановленная):

$$E_{Zn^{2+}/Zn},\ E_{Cu^{2+}/Cu}\ \text{и т. д.}$$

Потенциалу приписывают тот знак, который возникает на металле в двойном электрическом слое, называется окислительно-восстановительным потенциалом

Потенциал (или окислительно-восстановительный потенциал) каждого электрода зависит от природы металла, концентрации или, точнее, от активности его ионов в растворе и температуры. Эта зависимость выражается уравнением Нернста:

$$E = E^0 + (RT / nF) \ln c \qquad (1)$$

или, точнее, заменив концентрацию на активность,

$$E = E^0 + (RT / nF) \ln a, \qquad (2)$$

где E – электродный потенциал металла *B; c* – концентрация ионов металла; *a* – активность ионов металла; E^0 – электродный потенциал при концентрации (или активности) иона, равной единице; *R* – универсальная газовая постоянная, равная 8,316 Дж/(К·моль); *T* – температура, К; *n* – зарядность иона металла; *F* – постоянная Фарадея, равная 96 487 Кл/моль.

Примем температуру равной 25°С (298,15 К) и, подставив в уравнение (2) все константы, умножим на 2,3 (для перехода от натуральных логарифмов к десятичным). В результате получаем

$$E = E^0 + (0{,}059 / n) \ln a. \qquad (3)$$

Стандартные электродные потенциалы. Электродный потенциал является постоянной величиной при данной температуре, если пластинка металла опущена в раствор его соли с активностью ионов металла, равной единице ($a = 1$). Такой потенциал называют *стандартным электродным потенциалом.* Из уравнения (3) при $a = 1$ получим $E = E^0$.

Непосредственно измерить потенциал отдельного электрода нельзя. Его измеряют относительно величины другого электрода. Чаще всего для этой цели применяют *стандартный водородный электрод* (рис. 35). Он состоит из платиновой пластинки, покры-

той платиновой чернью, т. е. электролитически осажденной платиной. Электрод погружен в водный раствор серной кислоты с активностью ионов a_{H^+} =1 и омывается струёй газообразного водорода под давлением 101,325 кПа. Величину потенциала такого электрода условно принимают за нуль (при всех значениях температур).

Возникновение электродного потенциала водородного электрода можно представить так. При насыщении платиновой пластинки водородом молекулы последнего распадаются на атомы, которые адсорбируются на поверхности пластинки. С известным приближением можно представить, что электрод сделан из твердого водорода, который в дальнейшем ведет себя как металл.

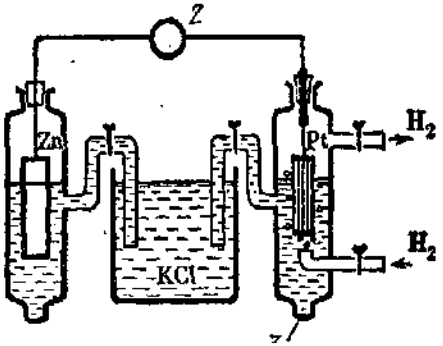


Рис. 35. Гальваническая цепь для измерения электродного потенциала:
1– определяемый электрод; 2 – потенциостат;
3 – стандартный водородный электрод

На границе раздела фаз устанавливается равновесие:

$$½H_2 + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + \bar{e}.$$

Когда стандартный водородный электрод соединяется с электродом, окисляющимся труднее водорода, на нем протекает процесс

$$H + H_2O - \bar{e} = H_3O^+.$$

При соединении стандартного водородного электрода с электродом, окисляющимся легче водорода, на нем протекает процесс разряда ионов водорода (точнее гидроксония):

$$H_3O^+ + \bar{e} = H^+ + H_2O.$$

Если пластинку металла, погруженную в раствор его соли с активностью ионов, равной единице, соединить со стандартным водородным электродом, то получится гальванический элемент (электрохимическая цепь), электродвижущую силу (ЭДС) которого легко измерить. ЭДС, измеренная при 25 °С, и будет величиной стандартного электродного потенциала металла. Стандартный электродный потенциал обычно обозначают E^0.

Так, если в качестве электрода взять цинк, погруженный в раствор его соли с активностью ионов, равной единице, и соединить со стандартным водородным электродом, то схему гальванического элемента можно записать

$$(-)\ Zn \mid Zn^{2+} \parallel H_2SO_4 \mid H_2,\ Pt\ (+).$$

В таком элементе осуществляется реакция

$$Zn + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2,$$

а электроны во внешней цепи движутся от цинкового к водородному электроду. Стандартный электродный потенциал цинкового электрода равен –0,763 В.

Взяв в качестве электрода медь при тех же условиях в сочетании со стандартным водородным электродом, получим гальванический элемент

$$(-)\ Pt, H_2 \mid H_2SO_4 \mid\mid Cu^{2+} \mid Cu\ (+).$$

Его ЭДС, а следовательно, и стандартный электродный потенциал меди равны +0,337 В. В этом случае протекает реакция

$$Cu^{2+} + H_2 = 2H^+ + Cu,$$

а электроны во внешней цепи движутся от водородного электрода к медному.

Из этих примеров легко сделать вывод, что стандартные потенциалы электродов, посылающие электроны к водородному электроду, имеют знак «минус», а принимающие электроны от водородного электрода – знак «плюс».

Ряд стандартных электродных потенциалов металлов. Располагая металлы в порядке возрастания алгебраической величины из стандартных электродных потенциалов E^0, получают электрохимический ряд напряжений металлов или, точнее, *ряд стандартных электродных потенциалов металлов.*

Большинство стандартных электродных потенциалов можно определить экспериментально. Однако для щелочных и щелочноземельных металлов значения электродных потенциалов E^0 рас-

считывают только теоретически, так как эти металлы взаимодействуют с водой.

Ряд стандартных электродных потенциалов характеризует химические свойства металлов. Он используется для определения последовательности разряда ионов при электролизе, а также для описания общих свойств металлов. При этом величины стандартных электродных потенциалов количественно характеризуют восстановительную способность металлов и окислительную способность их ионов.

Чем меньше алгебраическая величина потенциала, тем выше восстановительная способность этого металла и тем ниже окислительная способность его ионов. Как следует из ряда стандартных электродных потенциалов, металлический литий – самый сильный восстановитель, а золото – самый слабый. И, наоборот, ион золота Au^{3+} – самый сильный окислитель, а ион лития Li^{+} – самый слабый.

Каждый металл в ряду стандартных электродных потенциалов обладает способностью вытеснять все следующие за ним металлы из растворов их солей. Однако это не означает, что вытеснение будет обязательно происходить во всех случаях. Так, например, алюминий вытесняет медь из раствора хлорида меди (II) $CuCl_2$, но практически не вытесняет ее из раствора сульфата меди (II) $CuSO_4$. Это объясняется тем, что хлорид-ионы Cl^{-} намного быстрее разрушают поверхностную пленку на алюминии по сравнению с сульфат-ионами SO_4^{2-}.

Все металлы с отрицательными стандартными электродными потенциалами, т. е. расположенные в ряду до водорода, вытесняют водород из разбавленных кислот, анионы которых не проявляют окислительных свойств, и при этом растворяются в них. А вот свинец в разбавленных растворах серной кислоты практически не растворяется. Происходит это потому, что на поверхности свинца образуется защитный слой из малорастворимой соли свинца $PbSO_4$ и реакция приостанавливается.

Из приведенных примеров можно сделать вывод, что рядом стандартных электродных потенциалов металлов следует пользоваться с учетом особенностей рассматриваемых процессов. Самое же главное – всегда надо иметь в виду, что этот ряд применим только к водным растворам и характеризует химическую актив-

ность металлов лишь в окислительно-восстановительных реакциях, протекающих в водной среде. В этих случаях гидратация ионов, зависящая от их радиусов и величины заряда, обусловливает несоответствие изменений активности металлов в ряду стандартных электродных потенциалов изменениям их активности в подгруппах периодической системы. Например, активность лития (E^0 = –3,045 В) несколько больше активности цезия (E^0 = –2,923 В), хотя согласно месту, занимаемому в периодической системе, у лития она должна быть ниже. Объясняется это тем, что в растворах мы имеем дело с гидратированными ионами. Хотя у ионов Li^+ и Cs^+ заряд одинаковый, но радиус иона Li^+ значительно меньше (он содержит всего один электронный слой), поэтому молекулы воды притягиваются к нему отрицательными полюсами значительно сильнее, чем к иону Cs^+. Большой энергией гидратации иона Li^+(–506 кДж/моль) обусловливается высокоотрицательное значение E^0 системы Li^+/Li (у Cs^+ энергия гидратации –276 кДж/моль).

У натрия больше по сравнению с кальцием алгебраическая величина стандартного электродного потенциала. Но если рассматривать активность этих металлов не в растворах (в «сухих» условиях), то в соответствии с местом, занимаемым в периодической системе, она у натрия выше, чем у кальция.

Наконец, есть еще одно важное свойство: чем больше разность стандартных электродных потенциалов у двух металлов, тем большая ЭДС будет у гальванического элемента, построенного из них.

ЭДС любого гальванического элемента можно вычислить по разности стандартных электродных потенциалов E^0. При этом следует иметь в виду, что ЭДС всегда положительная величина. Поэтому надо из потенциала электрода, имеющего большую алгебраическую величину, вычитать потенциал электрода, алгебраическая величина которого меньше.

В качестве примера вычислим ЭДС элемента, составленного из электродов цинка и меди в растворах их солей при стандартных условиях.

$$E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0{,}763 \text{ В}, \qquad E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0{,}337 \text{ В}.$$

Тогда

$$\text{ЭДС} = E^0_{Cu^{2+}/Cu} - E^0_{Zn^{2+}/Zn} = 0{,}337 - (-0{,}763) = 1{,}1 \text{ В}.$$

Электроны будут переходить от металла с более отрицательным потенциалом к металлу с более положительным потенциалом.

Величины стандартных электродных потенциалов и уравнение Нернста дают возможность вычислять ЭДС гальванических элементов при различных активностях (концентрациях) электролитов. Так, например, если в том же медно-цинковом элементе

$$a_{Cu^{2+}} = 1{,}5 \text{ моль/л, а } a_{Zn^{2+}} = 0{,}01 \text{ моль/л,}$$

то потенциал медного электрода

$$E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0{,}337 + (0{,}059/2)\lg 1{,}5 = 0{,}342 \text{ В,}$$

потенциал цинкового электрода

$$E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0{,}763 + (0{,}059/2)\lg 0{,}01 = -0{,}822 \text{ В,}$$

откуда ЭДС $= E^0_{Cu^{2+}/Cu} - E^0_{Zn^{2+}/Zn} = 0{,}342 - (-0{,}822) = 1{,}164$ В.

Пример. Будет ли взаимодействовать магний с раствором сульфата никеля? Стандартный электродный потенциал магния –2,363 В, а никеля –0,250 В. Электродный потенциал магния более отрицательный, т. е. магний – более сильный восстановитель, чем никель, и, следовательно

$$Mg + NiSO_4 = MgSO_4 + Ni.$$

ЭДС элемента, в котором протекает эта реакция, положительна:

$$-0{,}250 - (-2{,}363) = +2{,}113 \text{В.}$$

Если надо решить вопрос, какой из металлов – магний или цинк – будет более энергично вытеснять никель из его соли, то следует сопоставить ЭДС двух реакций:

$Mg + NiSO_4 = MgSO_4 + Ni$ и $Zn + NiSO_4 = ZnSO_4 + Ni$.

ЭДС первой из них равна 2,113 В, второй $-0{,}25 - (-0{,}763) = 0{,}513$ В. Отсюда видно, что ЭДС второй реакции также положительна, следовательно, реакция пойдет в сторону вытеснения никеля. Однако ЭДС второй реакции в четыре раза меньше ЭДС первой. Взаимодействие цинка с сульфатом никеля должно проходить менее интенсивно. В обоих случаях в результате реакции получится более слабый восстановитель (с более положительным потенциалом), чем магний и цинк, – это никель, и более слабые окислители, чем ионы Ni^{2+}, – это ионы Mg^{2+} и Zn^{2+}.

Окислительно-восстановительные реакции всегда протекают в сторону образования более слабых восстановителей и окислителей.

Поляризация и деполяризация. В процессе работы гальванического элемента происходит изменение потенциалов анода и

катода. По различным причинам тормозятся анодный и катодный процессы, в результате чего на аноде накапливаются ионы металла и он становится более положительным (анодная поляризация), а на катоде накапливается избыток электронов и он становится более отрицательным (катодная поляризация). В результате поляризации ЭДС работающего элемента всегда меньше теоретической.

Катодная поляризация. Для борьбы с ней применяют вещества, называемые *катодными деполяризаторами.* Обычно это окислители, которые принимают электроны от катода, препятствуя поляризации, например Cu^{2+} (в медно-цинковом элементе), MnO_2 (в марганцово-цинковом элементе), O_2 (в элементе воздушной деполяризации), $Cr_2O_7^{2-}$ (в элементе Грене) и др. Механизм процесса деполяризации, производимого названными ионами и веществами, можно представить уравнениями:

$$Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu$$

$$2MnO_2 + H_2O + 2\bar{e} = 2Mn_2O_3 + 2OH^-$$

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\bar{e} = 2Cr^{3+} + 7H_2O.$$

Медно-цинковый элемент практически не поляризуется: у него восстановление Cu^{2+} протекает при потенциале, мало отличающемся от теоретического. Это практически обратимый элемент, при пропускании внешнего тока в обратном направлении элемент приходит в исходное состояние.

Поляризация и деполяризация играют важную роль в процессах коррозии металлов.

Окислительно-восстановительные потенциалы. На электродах гальванических элементов протекают реакции окисления – восстановления. Материал электродов при этом изменяется. Однако могут быть построены и такие гальванические элементы, электроды которых не претерпевают изменений, а являются лишь переносчиками электронов. В первом полуэлементе протекает процесс, и платиновый электрод заряжается отрицательно (строение двойного электрического слоя

$$2I^- - 2\bar{e} = I_2.$$

Во втором полуэлементе протекает процесс, и платиновый электрод заряжается положительно

$$Fe^{3+} + \bar{e} = Fe^{2+}.$$

Продукты окисления (в первом полуэлементе) и восстановления (во втором полуэлементе) остаются в растворе.

В любом полуэлементе наряду с окислителем или восстановителем имеются вещества, ими образуемые. Они составляют *окислительно-восстановительные системы,* или пары, состоящие из окисленной и восстановленной форм. Так, в первом полуэлементе окислительно-восстановительной системой (парой) является

$$I_2/2I^-,$$

где I_2 – окисленная форма (ставится в числителе), $2I^-$ – восстановленная форма (ставится в знаменателе). Во втором полуэлементе такой системой является Fe^{3+}/Fe^{2+}, где в числителе – окисленная форма, а в знаменателе – восстановленная форма.

Потенциал окислительно-восстановительной пары вычисляют по уравнению Нернста, которое можно представить в виде

$$E = E^0 + (0{,}059/n)\lg(a_{окисл}/a_{восст}),$$

где E – окислительно-восстановительный потенциал данной пары; E^0 – стандартный окислительно-восстановительный потенциал; $a_{окисл}$ – активность окисленной формы в системе; $a_{восст}$ – активность восстановленной формы; n – число электронов, приобретаемых окисленной формой или теряемых восстановленной формой.

Для сравнения потенциалов берут отношение $a_{окисл}/a_{восст} = 1$, т. е. одинаковые активности окисленной и восстановленной форм (например, каждая 1 моль/л). Тогда

$$E = E^0.$$

Величины окислительно-восстановительных потенциалов измеряют по отношению к стандартному водородному электроду.

Потенциал окислительно-восстановительной системы, измеренный по отношению к стандартному водородному электроду, при условии, когда отношение активностей окисленной и восстановленной форм равно 1, называют стандартным электродным окислительно-восстановительным потенциалом.

Так, если при указанных условиях составить гальванический элемент из системы $MnO_4^- + 8H^+ / Mn^{2+} + 4H_2O$ и водородного электрода, то стандартный электродный окислительно-восстановительный потенциал E^0 будет равен +1,51 В. Знак + означает, что электроны движутся от водородного электрода. Если электроны движутся к водородному электроду, то знак потенциала будет отрицательный (например, E^0 для Zn^{2+}/Zn = –0,763 В).

Говоря об электродном окислительно-восстановительном потенциале, следует иметь в виду не только окисляющийся или восстанавливающийся ион, но и всю систему, состоящую из окисленной и восстановленной форм. Потенциал измеряют для данной системы (пары). Очевидно, ЭДС элемента обусловлена значениями электродных окислительно-восстановительных потенциалов в 1-м и 2-м полуэлементах.

Стандартные электродные потенциалы окислительно-восстановительных систем и металлов связаны между собой. Величины их потенциалов отнесены к стандартному водородному электроду. Металлы, погруженные в растворы своих солей (при a = 1 моль/л), представляют собой аналогичные окислительно-восстановительные системы.

Иногда электродные окислительно-восстановительные потенциалы для краткости называют редоксипотенциалами (от начальных слогов слов *reductio* – восстановление и *oxydatio* – окисление). При обозначении электродных потенциалов и стандартных электродных потенциалов E^0 принято у знаков ставить индекс, соответствующий системе, к которой относится данный потенциал. Так, стандартный электродный потенциал системы $2H^+ + 2\bar{e} \rightleftarrows H_2$ обозначают $E^0_{2H^+/H_2}$, системы $Li^+ + \bar{e} \rightleftarrows Li$ как $E^0_{Li^+/Li} \cdot a$, для системы $MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$ пишут $E^0_{MnO^{4-} + 8H^+/Mn^{2+} + 4H_2O}$.

6.4. Электролиз – окислительно-восстановительный процесс.

Сущность электролиза. В растворах и расплавах электролитов имеются ионы (катионы и анионы). Если в такой раствор или расплав электролита погрузить электроды и пропустить постоянный электрический ток, то ионы будут двигаться к соответствующим электродам.

Например, в расплаве хлорида натрия NaCl (плавится при 801 °С) катионы Na^+ будут двигаться к катоду, анионы Cl^- – к аноду (рис. 36). Ионы натрия Na^+, достигнув катода, принимают от него электроны и восстанавливаются: $Na^+ + \bar{e} = Na^0$, а хлорид-ионы Cl^-, отдав электроны аноду, окисляются: $2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$.

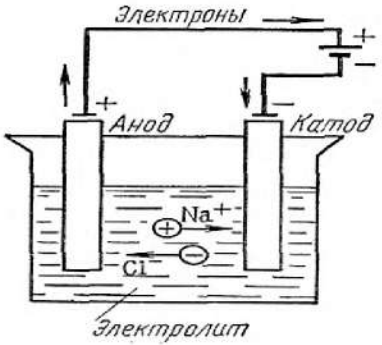


Рис. 36. Схема электролиза расплава хлорида натрия

В итоге на катоде будет выделяться металлический натрий, а на аноде – хлор. Если теперь почленно сложить уравнения этих двух электродных реакций (предварительно умножив первое на 2), то получим суммарное уравнение электролиза хлорида натрия:

$$2Na^+ + 2Cl^- \xrightarrow{\text{электролиз}} 2Na + Cl_2$$

или

$$2NaCl \xrightarrow{\text{электролиз}} 2Na + Cl_2.$$

Эта реакция является окислительно-восстановительной. На аноде протекает процесс окисления, на катоде – процесс восстановления.

Электролиз – окислительно-восстановительный процесс, протекающий на электродах при прохождении электрического тока через раствор или расплав электролита.

Суть электролиза в том, что за счет электрической энергии химических реакций осуществляется восстановление на катоде и окисление на аноде. Катод отдает электроны катионам, а анод принимает электроны от анионов.

Восстановительное и окислительное действие электрического тока во много раз сильнее действия химических восстановителей и окислителей. Так, ни один химический окислитель не может отнять у фторид-иона F^- его электрон. Это удалось осуществить лишь при электролизе расплавленных солей фтора. В этом случае на аноде – выделяется фтор ($F^- - \bar{e} = F$; $F + F = F_2$), а на катоде – металлический натрий ($Na^+ + \bar{e} = Na$) или кальций ($Ca^{2+} + 2\bar{e} = Ca$).

Процесс электролиза изображают схемой, которая показывает диссоциацию электролита, направление движения ионов, процес-

сы на электродах и выделяющиеся вещества (рис. 37).

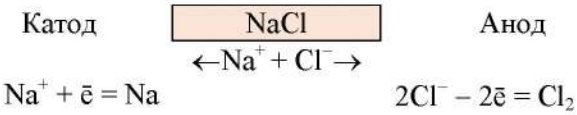


Рис. 37. Схема электролиза расплава NaCl

Для проведения электролиза электроды погружают в раствор или расплав электролита и соединяют их с источником постоянного тока. Прибор, в котором проводят электролиз, называют электролизером или электролитической ванной.

Электролиз водных растворов электролитов. В электролизе растворов участвуют молекулы воды. Например, электролиз концентрированного водного раствора хлорида натрия (электроды угольные). В растворе находятся гидратированные ионы Na^+ и Cl^-, а также молекулы воды. При прохождении тока через раствор катионы Na^+ движутся к катоду, а хлорид-ионы Cl^- – к аноду. Для восстановления ионов Na^+ к катоду надо приложить потенциал, равный –2,714 В, а для восстановления молекул воды –0,41 В. Вода как окислитель реагирует по уравнению $2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$ Эта реакция в нейтральном растворе (pH = 7) протекает при катодном потенциале –0,41 В ($E = E^0 + 0{,}0591\lg [H^+]$ и $E^0 = 0{,}059 \lg 10^{-7} =$ = –0,41 В), в растворе с pH = 14 – при –0,83 В.

Поэтому на катоде будут восстанавливаться молекулы воды, а не ионы натрия:

$$2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-,$$

а на аноде будут окисляться хлорид-ионы:

$$2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2.$$

В очень разбавленных растворах на аноде наряду с хлором может выделяться и кислород за счет окисления молекул воды:

$$2H_2O - 4\bar{e} = O_2 + 4H^+.$$

Ионы OH^- накапливаются около катода и совместно с ионами Na^+ образуют гидроксид натрия NaOH.

Общее уравнение электролиза концентрированного водного раствора хлорида натрия получим, если почленно сложим уравнения двух электродных процессов:

$$2H_2O + 2e^- = H_2 + 2OH^-$$

$$\underline{2Cl^- - 2e^- = Cl_2}$$

$$2H_2O + 2Cl^- \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2 + Cl_2 + 2OH^-$$

или в молекулярной форме

$$2H_2O + 2NaCl \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2 + Cl_2 + 2NaOH.$$

Катодные и анодные процессы. Прохождение восстановительного процесса на катоде в водных растворах можно прогнозировать с помощью *ряда стандартных электродных потенциалов*. Им вы пользовались при изучении взаимодействия кислот с металлами. Встретитесь и в дальнейшем при изучении общих свойств металлов. Здесь возможны три случая.

1) Катионы металлов, имеющих стандартный электродный потенциал больший, чем у водорода (от Cu^{2+} до Au^{3+} – включительно), при электролизе практически полностью восстанавливаются на катоде.

2) Катионы металлов, имеющих малую величину стандартного электродного потенциала (от Li^+ до Al^{3+} включительно), не восстанавливаются на катоде, а вместо них восстанавливаются молекулы воды.

3) Катионы металлов, имеющих стандартный электродный потенциал меньший, чем у водорода, но больший, чем у алюминия (от Al^{3+} до $2H^+$), при электролизе на катоде восстанавливаются одновременно с молекулами воды.

Если же водный раствор содержит катионы различных металлов, то при электролизе выделение их на катоде протекает в порядке уменьшения стандартного электродного потенциала соответствующего металла. Так, из смеси катионов Ag^+, Cu^{2+}, Fe^{2+} – сначала будут восстанавливаться катионы серебра ($E^0 = +0{,}80$ В), затем катионы меди ($E^0 = +0{,}34$ В) и последними – катионы железа ($E^0 = -0{,}44$ В).

Характер реакций, протекающих на аноде, зависит как от присутствия молекул воды, так и от вещества, из которого сделан анод. Обычно аноды подразделяют на нерастворимые и растворимые.

Первые изготовляют из угля, графита, платины, иридия; вторые – из меди, серебра, цинка, кадмия, никеля и других металлов.

На нерастворимом аноде в процессе электролиза происходит окисление анионов или молекул воды. При этом анионы бескислородных кислот (например, S^{2-}, I^-, Br^-, Cl^-) при их достаточной

концентрации легко окисляются. Если же раствор содержит анионы кислородных кислот (например, SO_4^{2-}, NO_3^-, CO_3^{2-}, PO_4^{3-}), то на аноде окисляются не эти ионы, а молекулы воды.

Растворимый анод при электролизе окисляется, т. е. посылает электроны во внешнюю цепь. При отдаче электронов смещается равновесие между электродом и раствором и анод растворяется.

Пример. Как протекает электролиз водного раствора хлорида меди (II) $CuCl_2$ с нерастворимыми (угольными) электродами?

Решение. Стандартный электродный потенциал меди равен 0,34 В, а водорода принят равным нулю. Так как медь расположена в ряду стандартных электродных потенциалов после водорода, то на катоде восстанавливаются ионы Cu^{2+} и выделяется медь:

$$Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu.$$

На аноде окисляются хлорид-ионы Cl^- и выделяется свободный хлор:

$$2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2.$$

Схема электролиза:

Катод (С) $CuCl_2$ Анод (С)

$$\leftarrow\!\!- Cu^{2+} + 2Cl^- -\!\!\rightarrow$$

$$Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu \qquad 2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$$

Суммарное уравнение:

$$Cu^{2+} + 2Cl^- \xrightarrow{\text{электролиз}} Cu + Cl_2$$

или

$$CuCl_2 \xrightarrow{\text{электролиз}} Cu + Cl_2.$$

Применение электролиза. Электролиз находит широкое применение. Для защиты металлических изделий от коррозии на их поверхность наносится тончайший слой другого металла – хрома, серебра, золота, меди, никеля и т. д. Иногда, чтобы не расходовать дорогие металлы, производят многослойное покрытие. Например, внешние детали автомобиля сначала покрывают тонким слоем меди, на медь наносят тончайший слой никеля, а на него – слой хрома.

При нанесении покрытий на металл электролизом они получаются ровными по толщине, прочными, и, кроме того, таким способом можно покрывать изделия любой формы. Эту отрасль прикладной электрохимии называют *гальваностегией*. Кроме защиты от коррозии гальванические покрытия придают красивый декоративный вид изделиям.

Другая отрасль электрохимии, близкая по принципу к гальваностегии, названа *гальванопластикой*. Это получение точных металлических копий с различных предметов. Для этого предмет покрывают воском и получают матрицу, все углубления копируемого предмета на матрице будут выпуклостями. Поверхность восковой матрицы покрывают тонким слоем графита, делая ее проводящей электрический ток. Графитовый катод опускают в ванну с раствором сульфата меди, анодом служит медь. При электролизе медный анод растворяется, а на катоде осаждается медь. Таким образом получается точная медная копия. С помощью гальванопластики изготовляют клише для печати, грампластинки, металлизируют различные предметы. Гальванопластика открыта русским ученым Б. С. Якоби (1838). Электролиз используют для получения многих металлов – щелочных, щелочно-земельных, алюминия, лантаноидов и др., а также для очистки некоторых металлов от примесей.

Химические источники тока. Сухие гальванические элементы. Сухие элементы (электрические батарейки разных типов) широко используется для питания бытовых приборов и оборудования. ЭДС сухого элемента составляет 1,25-1,50 В. Эти элементы относятся к первичным источникам тока, так как они предназначены для одноразового использования. Важно, то, что все составные части батареек – твердые или пастообразные вещества.

В сухом элементе анодом служит цинковая оболочка *1*, смесь оксида марганца (IV) и угольной крошки *2*, в которую погружен графитовый стержень *3*, являющийся катодом (рис. 38). Электролитом служит пастообразная смесь хлоридов аммония и цинка *4*. При работе элемента происходят следующие процессы:

$$(-)\ Zn_{(тв)} - 2\bar{e} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(водн)}$$

$$(+)\ 2MnO_{2(тв)} + 2NH_4^+{}_{(водн)} + 2\bar{e} \rightarrow 2Mn_2O_{3(тв)} + 2NH_{3(водн)} + 2H_2O_{(ж)}$$

Суммарная токообразующая реакция:

$$Zn_{(тв)} + 2MnO_{2(тв)} + 2NH_4^+{}_{(водн)} \rightarrow$$
$$\rightarrow Zn^{2+}{}_{(водн)} + 2Mn_2O_{3(тв)} + 2NH_{3(водн)} + 2H_2O_{(ж)}.$$

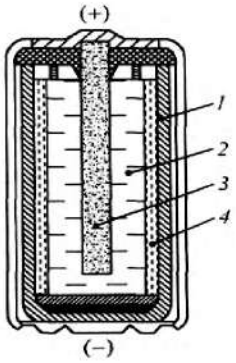


Рис. 38. Схема сухого гальванического элемента:
1 – цинковая оболочка (стаканчик), анод; 2 – смесь оксида марганца MnO_2 (IV) и графита; 3 – графитовый стержень с металлическим катодом; 4 – электролит

Аккумуляторы. Аккумуляторы называются вторичными элементами, т. к. могут эксплуатироваться в течение длительного времени благодаря возможности перезарядки, в ходе которой происходит регенерация реагентов.

Свинцовый (кислотный) аккумулятор. Заряженный свинцовый аккумулятор состоит из свинцовых анодов и катодов в виде свинцовой решетки, заполненной оксидом свинца (IV) (рис. 39). В качестве электролита используется 30% раствор серной кислоты. Схема аккумулятора: (–) Pb | H_2SO_4 | PbO_2 (+).

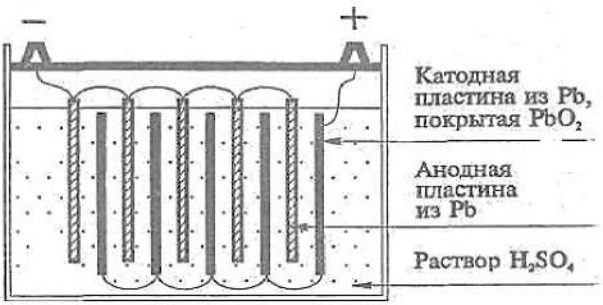


Рис. 39. Схема свинцового (кислотного) аккумулятора

При разрядке аккумулятор работает как обычный гальванический элемент и является источником постоянного тока. На электродах происходят следующие процессы:

$$(-)\ Pb_{(тв)} + SO_4^{2-}{}_{(водн)} - 2\bar{e} \rightarrow PbSO_{4(тв)},$$

$$(+)\ PbO_{2(тв)} + 4H^+_{(водн)} + SO_4^{2-}{}_{(водн)} + 2\bar{e} \rightarrow PbSO_{4(тв)} + 2H_2O_{(ж)}.$$

В ходе разряда пластины покрываются слоем сульфата свинца, а концентрация раствора серной кислоты уменьшается. Напряжение заряженного аккумулятора составляет 1,95-2,15 В и при разряде постепенно уменьшается. Аккумулятор считается разряженным при достижении напряжения на электродах до 1,8 В. Когда концентрация серной кислоты уменьшается до 18-20%, производят заряд аккумулятора. Для этого его подключают к источнику постоянного тока и проводят процесс электролиза. При этом электродные реакции протекают в обратном направлении:

$$(-)\ PbSO_{4(тв)} + 2\bar{e} \rightarrow Pb_{(тв)} + SO_4^{2-}{}_{(водн)},$$

$$(+)\ PbSO_{4(тв)} + 2H_2O_{(ж)} - 2\bar{e} \rightarrow PbO_{2(тв)} + 4H^+_{(водн)} + SO_4^{2-}{}_{(водн)}.$$

В ходе заряда концентрация серной кислоты увеличивается, а пластины приходят в исходное состояние, после чего может производиться разряд аккумулятора.

Как видно, процессы разрядки и зарядки аккумулятора обратимы. Их можно выразить одним уравнением:

$$Pb + PbO_2 + 4H^+ + 2SO_4^{2-} \underset{\text{зарядка}}{\overset{\text{разрядка}}{\rightleftarrows}} 2PbSO_4 + 2H_2O.$$

Железно-никелевый (щелочной) аккумулятор. Анодами служат железные пластины, а катоды представляют собой никелевые или железные пластины, на которые нанесена активная масса, содержащая гидроксид никеля (III) – гидроксид никеля $Ni(OH)_3$ (он частично дегидратируется до NiOOH). Электролитом является 30% раствор гидроксид калия КОН.

Схема аккумулятора: (–) Fe | KOH | $Ni(OH)_3$.

$$(-)\ Fe_{(тв)} + 2OH^-_{(водн)} - 2\bar{e} \rightarrow Fe(OH)_{2(тв)},$$

$$(+)\ 2NiOOH_{(тв)} + 2H_2O_{(ж)} + 2\bar{e} \rightarrow 2Ni(OH)_{2(тв)} + 2OH^-_{(водн)}.$$

Токообразующая реакция:

$$Fe_{(тв)} + 2NiOOH_{(тв)} + 2H_2O_{(ж)} = 2Ni(OH)_{2(тв)} + Fe(OH)_{2(тв)}.$$

Процесс разрядки и зарядки можно выразить уравнением:

$$Fe + 2Ni(OH)_3 + 2H_2O \underset{\text{зарядка}}{\overset{\text{разрядка}}{\rightleftarrows}} Fe(OH)_2 + 2Ni(OH)_2.$$

Из уравнения следует, что при разрядке концентрация электролита не изменяется. Пропуская затем постоянный электрический ток, заставляют реакции протекать в обратном направлении –

происходит заряд аккумулятора.

Напряжение заряженного аккумулятора составляет 1,4 В; он выгодно отличается от свинцового – малой массой, простотой ухода и большим сроком службы.

Топливные элементы (электрохимические генераторы). В топливном элементе химическая энергия реакция горения (окисления) топлива непосредственно превращается в электрическую энергию. В качестве окисляющихся веществ можно применять обычное топливо – уголь, кокс, природные и искусственные горючие газы, в качестве окислителя – кислород или воздух. Выделяющаяся энергия непосредственно превращается в постоянный электрический ток. Коэффициент использования топлива составляет свыше 80%, в то время как другие характеризуются коэффициентами 30-35%.

Водородно-кислородные элементы обычно изготавливают с применением мелкопористых угольных или никелевых электродов, погруженных в щелочной раствор электролита (рис. 40).

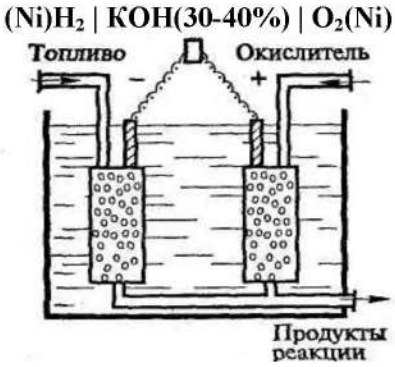


Рис. 40. Схема устройства водородно-электродного топливного элемента с жидким электролитом

Газообразные водород и кислород пропускают через пористые угольные электроды в концентрированный раствор щелочи. Чтобы понизить энергию активации процессов окисления водорода и восстановления кислорода, электроды покрыты специальными катализаторами. На электродах протекают следующие процессы:

$$(-)\ H_2 + 2OH^- = 2H_2O + 2\bar{e}$$

(+) $\frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2\bar{e} = 2OH^-$.

Суммарное уравнение реакции:

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 = 2H_2O.$$

Электрохимические реакции в топливном элементе протекают на границе трех фаз: газ – электролит – металл. Для создания достаточной длины трехфазной границы электроды делают двухслойными с порами разного размера. Толстый слой электрода с более крупными порами (до 30 мк) обращен к газу и заполняется им, тонкий слой с мелкими порами (до 15 мк) – в сторону электролита, он пропитывается электролитом. Элемент основан на принципе, обратном электролизу воды. При работе элемента гидроксид-ионы перемещаются от катода к аноду как за счет диффузии, так и за счет действия электростатического поля, возникающего в растворе при прохождении тока. Образующуюся в элементе воду можно использовать как питьевую.

Для эффективной работы топливных элементов используют катализаторы, которые наносят на электрод. Для водородного электрода это – платиновые металлы, а для кислородного – смешанные катализаторы из Co и Al или Fe, Mn и Ag.

Топливные элементы отличаются высоким коэффициентом полезного действия; в них нет движущихся частей, их конструкция проста и постоянно готова к работе; они дают высокую мощность на единицу объема и массы, работают бесшумно и без выделения вредных выхлопных газов и копоти.

Топливные элементы используют в спутниках и космических кораблях, а также в электрохимической промышленности.

Вопросы для контроля

1. Понятие окислительно-восстановительных реакций.
2. Процессы окисления и восстановления.
3. Важнейшие окислители и восстановители.
4. Метод электронного баланса.
5. Метод полуреакций.
6. Влияние среды на характер протекания реакций.
7. Электрохимические процессы, определение и классификация.
8. Гальванический элемент. Электродные потенциалы.
9. Стандартные электродные потенциалы. Ряд стандартных электродных потенциалов металлов.
10. Поляризация и деполяризация.

11. Окислительно-восстановительные потенциалы.
12. Электролиз – окислительно-восстановительный процесс.

7. ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

7.1. Металлы.

В настоящее время насчитывается 118 элементов. 90 элементов встречается в природе, остальные получены искусственно в результате ядерных реакций. К неметаллам относятся 22 элемента, это – инертные газы, галогены, теллур, селен, сера, кислород, мышьяк, фосфор, азот, кремний, углерод, бор и водород, остальные – металлы. Таким образом, из открытых элементов, в основном – это металлы.

Физические свойства металлов. Все металлы подразделяют на черные, цветные, редкие и драгоценные. К черным относят железо и его сплавы, к драгоценным – золото, серебро, платину и иридий. Редкими называют титан, германий, цирконий, лантан, индий, бериллий, ванадий, молибден и некоторые др. Остальные металлы относят к цветным, например, магний и алюминий. Кроме того, различают металлы *щелочные* (IA-подгруппа ПСЭ) – литий, натрий, калий, рубидий, цезий, франций, и *щелочноземельные* (IIA-подгруппа ПСЭ) – магний, кальций, стронций, барий, радий.

Для всех металлов (кроме ртути) характерно твердое агрегатное состояние.

Твердость и тугоплавкость их различна и, обусловливается прочностью пространственной кристаллической решетки. Наиболее твердые – металлы VIB-подгруппы ПСЭ; так, хром по твердости приближается к алмазу. Наименее твердые – металлы IA-подгруппы ПСЭ. Для металлов характерен металлический блеск – из-за отражения световых лучей. В мелкораздробленном состоянии многие металлы (железо, платина и др.) теряют блеск, приобретают черную или серую окраску; порошкообразные алюминий и магний сохраняют блеск. Интенсивность блеска зависит от доли поглощаемого веществом света; чем меньше света поглощает металл, тем ярче его блеск. Серебро и палладий, отличающиеся наиболее интенсивным блеском, используют для изготовления зеркал.

Металлы отражают радиоволны, на этом свойстве металлов основана радиолокация.

Электрическая проводимость – способность проводить электрический ток без химических изменений, одно из характерных свойств металлов (проводников первого рода). Лучшими проводниками электричества являются серебро и медь, худшими – свинец и ртуть. При нагревании металлов их электрическая проводимость падает, а при охлаждении растет; около абсолютного нуля она стремится к бесконечности – *явление сверхпроводимости*.

Теплопроводность. Наибольшая теплопроводность у металлов с наилучшей электрической проводимостью.

Пластичность – металлы легко деформируются (при повышенной температуре), они прокатываются в листы, вытягиваются в проволоку, поддаются ковке, штамповке, прессованию. Наиболее пластичны золото, серебро и медь; из 1 г золота удается получить проволоку длиной в 3 км, изготовить листовое золото толщиной 0,0001 мм.

Деформируемость при небольших нагрузках характерна для металлов IA-подгруппы ПСЭ, сочетающих пластичность с малой вязкостью. Механически прочные металлы деформируются под действием больших нагрузок.

Плотность металлов весьма различна и изменяется в широких пределах. Различают легкие (металлы плотностью не выше 5 г/см^3) и тяжелые.

Температуры плавления металлов в периодах системы Д. И. Менделеева сначала возрастают, начиная с металлов IA-подгруппы, и достигают максимума у металлов VIB-подгруппы, где находится самый тугоплавкий металл – вольфрам (Т плавления вольфрама 3380 °С). Затем температуры плавления понижаются и достигают минимума у IIB-подгруппы, например, легкоплавкая ртуть (Т плавления ртути −38,9 °С).

Кроме того, в А-подгруппах периодической системы (а также в IIB-подгруппе) температура плавления понижается с увеличением порядкового номера металла, а в В-подгруппах (до IB-подгруппы), наоборот, растет.

Легкие металлы являются самыми легкоплавкими (цезий плавится при 28 °С), а тяжелые – тугоплавкие (Т плавления вольфрама 3380 °С).

Аналогично изменяются ***температура кипения металлов*** (Т кипения металлов высока, платина кипит при 4350 °С, медь при 2877 °С) и ***теплота сублимации*** – количество энергии

(кДж/моль), необходимое для перевода определенной массы металла в парообразное состояние).

Полиморфизм – различные кристаллические формы в твердом состоянии. Полиморфные модификации металлов принято обозначать греческими буквами. Модификации металлов, устойчивые при низких температурах, обозначают α, а при высоких – β. Например, выше 420 °С α-модификация кобальта переходит в β-модификацию и при 1495 °С плавится. Существуют α-, β- и γ-полиморфные модификации железа.

Полиморфные модификации металлов отличаются друг от друга внутренней структурой и физическими свойствами.

По ***магнитным свойствам*** металлы различают: *диамагнитные* – выталкиваются из магнитного поля, и *парамагнитные* – втягиваются в магнитное поле. Диамагнитны медь, серебро, золото, цинк, кадмий, ртуть, цирконий. Парамагнитными считают скандий, иттрий, лантан, титан, ванадий, ниобий, тантал, хром, молибден, вольфрам, марганец, рений, рутений, радий, палладий, осмий, иридий, платину. Железо, кобальт и никель обладают *ферромагнетизмом*, т. е. особенно высокой магнитной восприимчивостью.

Внутреннее строение металлов. В узлах пространственной кристаллической решетки металла расположены положительные ионы, а между ними перемещаются свободные электроны – электронный газ. Переходя от одного положительного иона к другому, они как бы осуществляют связь между ионами и превращают кристалл металла в единое целое.

Кристаллическая решетка каждого металла состоит из положительных ионов одинакового размера, расположенных в кристалле очень компактно. Установлено, что они располагаются в кристаллах по способам наиболее плотной «упаковки» шаров одинакового диаметра.

Для металлов характерны кристаллические решетки, в которых каждый ион окружен 8-12 другими ионами, т. е. с большими координационными числами. Если в кристалле одного металла ион имеет координационное число 12, а в кристалле другого – только 10, то структура первого кристалла более компактна, чем второго.

Различают три основных типа кристаллических решеток металлов (рис. 41):

объемно центрированная кубическая решетка плотной упаковки – характерна для натрия, калия, α-железа, α-хрома, ванадия, молибдена, вольфрама и др.;

гранецентрированная кубическая решетка плотной упаковки – присуща кристаллам кальция, γ-железа, алюминия, меди, никеля, серебра, золота, некоторых других металлов;

гексагональная решетка плотной упаковки – встречается у бериллия, магния, кадмия, титана, цинка, циркония, осмия и др.

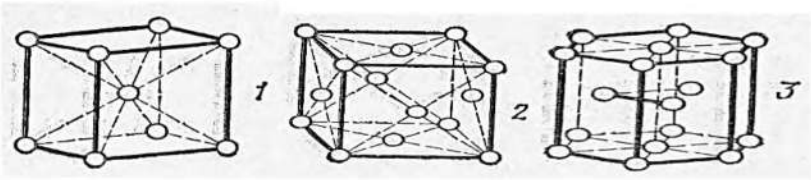


Рис. 41. Типы пространственных кристаллических решеток металлов:
1 – объемноцентрированная кубическая; 2 – гранецентрированная кубическая;
3 – гексагональная решетка плотной упаковки

Внутреннее строение металлов позволяет объяснить их общие свойства.

Пластичность металлов обусловлена тем, что под внешним воздействием одни слои ионов в кристаллах легко смещаются (скользят) по отношению к другим без разрыва. Но для сплавов, состоящих из ионов разного диаметра, это уже нехарактерно. Металлы теряют пластичность также после механической обработки (ковки), нарушающей правильное строение кристаллов.

Высокая **электрическая проводимость** металлов обусловлена присутствием в кристаллах свободных электронов, которые направленно перемещаются при наложении электрического поля. При нагревании в кристалле колебательные движения ионов усиливаются, что затрудняет передвижение электронов и ведет к снижению электрической проводимости. Но при охлаждении электрическая проводимость растет и вблизи абсолютного нуля переходит в сверхпроводимость.

Высокие **электрическая проводимость** и **теплопроводность** наблюдаются у одних и тех же металлов потому, что переносчиками теплоты от нагретых слоев кристалла к холодным являются электроны, которые, сталкиваясь с колеблющимися ионами, обме-

ниваются с ними энергией. С повышением температуры колебания ионов при посредстве электронов передаются другим ионам и температура всего металла быстро выравнивается.

Фотоэлектрический эффект, т. е. свойство металлов выбрасывать электроны под действием электромагнитных волн, обусловлен тем, что валентные электроны слабо удерживаются атомами. Чем слабее связаны эти электроны в атоме, тем меньше энергии требуется для их отрыва. Поэтому фотоэлектрический эффект лучше всего выражен у металлов IA-подгруппы, способных излучать электроны не только под действием ультрафиолетовых лучей, но также лучей видимого света.

Расположение кристаллов в металле, их форму и размеры изучают при помощи микроскопического анализа шлифов (металлографический метод). Металлы имеют поликристаллическую структуру; мелкие кристаллы их, обычно неправильной формы, называют *зернами* или *кристаллитами*. Последние могут отличаться различной пространственной ориентацией кристаллических решеток.

В настоящее время для полупроводниковой и другой новой техники получают монокристаллы (отдельные кристаллы) правильной структуры металлов и некоторых неметаллов.

Металлы – проводники, полупроводники и диэлектрики. Металлы, как проводники первого рода, отличаются высокой электронной проводимостью, удельная электрическая проводимость их изменяется от 10^4 до 10^6 $Ом^{-1}·см^{-1}$.

Длительное прохождение электрического тока через металлы и полупроводники не изменяет их физические и химические свойства.

Для диэлектриков свойственна жесткая локализация валентных электронов около атомов и низкие значения удельной электрической проводимости – от 10^{-10} – 10^{-22} $Ом^{-1}·см^{-1}$. Диэлектрики (алмаз, силикаты, слюда, полимерные материалы) проявляют изолирующие свойства.

У полупроводников удельная электрическая проводимость колеблется от 10^{-10} до 10^4 $Ом^{-1}·см^{-1}$.

При повышении температуры наблюдается падение удельной электрической проводимости металла. Но проводимость полупроводников с повышением температуры растет (у диэлектриков это выражено слабее). Электрическая проводимость полупроводников

увеличивается при наличии небольших количеств примесей, дефектов в строении кристаллических решеток, под действием света и различного рода излучений.

В диэлектриках электроны связаны с ядрами атомов прочно, а в полупроводниках их связь с ядрами атомов так слаба, что внешние тепловые и световые воздействия переводят эти электроны в свободное состояние. При этом электрическая проводимость полупроводника повышается.

У полупроводников, в которые специально внесены ничтожные количества примесей, электрические свойства усиливаются в миллионы раз, так как примеси ионизируются под влиянием внешних воздействий и выделяют свободные электроны, т. е. носители электрического тока.

Различия в электрической проводимости металлов, полупроводников и изоляторов объясняют на основе квантовой теории строения кристаллических веществ или *теории энергетических зон*. Электроны ближайших к ядру энергетических уровней атомов полностью насыщают эти уровни, находятся в устойчивых состояниях и образуют так называемую заполненную *валентную зону*. Электрическая проводимость и теплопроводность вещества не связаны с электронами этой зоны. В электрической проводимости могут участвовать только электроны ненасыщенных энергетических уровней. При этом полосы основных и возбужденных (периферических) энергетических уровней разделяются промежуточными свободными полосами, которые не имеют возможных для электрона квантовых состояний. Эту энергетическую зону, промежуточную между зонами основных и возбужденных уровней, называют *запрещенной зоной*.

Твердые тела, в атомах которых все квантовые уровни насыщены электронами, не участвуют в процессах электрической проводимости и ведут себя как *диэлектрики*. В атомах *проводников* зона внешних электронов заполнена частично, электроны слабо связаны с ядром, легко подвижны и обеспечивают высокую электрическую проводимость. У *полупроводников* основная энергетическая зона также насыщена, но запрещенная зона уже, чем у диэлектриков. Поэтому под влиянием внешних воздействий электроны заполненной зоны могут пересекать в зону проводимости и обусловливать электрическую проводимость.

У полупроводников и диэлектриков валентная зона заполнена электронами, а ближайшая свободная зона (зона проводимости) отделена от валентной зоной запрещенных состояний. При этом ширина запрещенной зоны у полупроводников от десятых долей до 3 эВ, а у диэлектриков от 3 до 5 эВ.

Для прохождения тока в металлах не требуется иного воздействия, кроме наложения электрического поля, так как валентная зона в них не заполнена или перекрывается зоной проводимости. Но чтобы возбудить проводимость в полупроводнике, необходимо электрону заполненной валентной зоны сообщить энергию, достаточную для преодоления запрещенной зоны. При этом электрон будет перемещаться из верхнего края валентной зоны в свободную зону и у полупроводника появится электрическая проводимость. Чем меньше ширина запрещенной зоны и выше температура или интенсивность облучения полупроводника фотонами, тем выше его проводимость.

Теория энергетических зон предусматривает еще один существенный процесс, происходящий в полупроводниках (рис. 42). При нагревании или освещении полупроводника электроны переходят в зону проводимости и оставляют свободные места в валентной зоне, которая оказывается частично незаполненной. Эти свободные места (под действием электрического поля) могут заполняться электронами нижележащих уровней, а вновь освобождающиеся места – электронами еще ниже расположенных уровней.

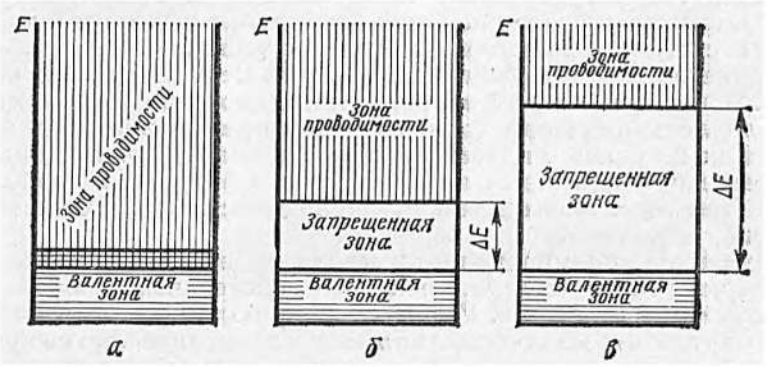


Рис. 42. Схема энергетических зон:
а – в металле; б – в полупроводнике; в в диэлектрике;

ΔЕ – ширина запрещенной зоны

Таким образом, свободное место, получившее название «дырки», может перемещаться в кристаллической решетке полупроводника в направлении, противоположном перемещению электрона. В действительности движение «дырки» – это перемещение электронов в валентной зоне под действием электрического поля. Поэтому в полупроводниках различают два вида электрической проводимости: *электронную проводимость*, связанную с движением электронов (электронный ток), и *дырочную проводимость*, связанную с движением «дырок» (дырочный ток).

Полупроводники – довольно многочисленная группа простых веществ и соединений. К ним относятся некоторые минералы, элементарные вещества (кремний, германий, фосфор, мышьяк, селен, теллур, бор), оксиды металлов (цинка, титана (IV), молибдена (VI), вольфрама), сульфиды, селениды и теллуриды металлов IB- и IIB-подгрупп.

Полупроводники используют в фотоэлементах (коэффициент полезного действия 10-11%), а также в термобатареях преобразующих тепловую энергию непосредственно в электрическую. Полупроводниковые приборы используют и в сельском хозяйстве. Влажность воздуха, изменения температуры и атмосферного давления – все это внешние факторы, закономерно изменяющие сопротивление полупроводника прохождению тока. Измеряя сопротивление полупроводника, удается определять температуру поверхности листьев растений или температуру почвы на разной глубине и решать многие другие задачи.

Химические свойства металлов. Общность химических свойств металлов обусловлена особенностями строения их атомов: сравнительно большими размерами атомов, значительной удаленностью внешних электронов от ядра и слабой связью с ним.

Характерное химическое свойство всех металлов – их ***восстановительная активность***, т. е. способность атомов легко отдавать валентные электроны, превращаться в положительные ионы. Для металлов типичны низкие энергии ионизации; например, у металлов IA-подгруппы они составляют всего 3,83-5,39 эВ.

Атомы металлов лишены сродства к электрону, не присоединяют электроны, не превращаются в электроотрицательные ионы, не проявляют окислительной активности.

Восстановительная активность, т. е. легкость отдачи валентных электронов атомами металлов, неодинакова, как это вытекает из их положения в ряду стандартных электродных потенциалов.

У металлов, проявляющих разные степени окисления, характер соединений может быть различным и подчиняется определенным закономерностям. В частности, чем больше радиус иона металла и меньше его степень окисления, тем сильнее выражены основные свойства у оксида и гидроксида этого металла. И, наоборот, с уменьшением радиуса иона металла и увеличением степени окисления усиливаются кислотные свойства его соединений. Например, оксид хрома (II) CrO – основной, оксид хрома (III) Cr_2O_3 – амфотерный, а оксид хрома (VI) CrO_3 – кислотный.

Металлы В-подгрупп, проявляя высокую степень окисления (+4 и выше), ведут себя как *комплексообразователи,* подобно аналогичным неметаллам, и образуют сходные соединения. Например, ванадий, проявляя степень окисления +5, образует ванадиевую метакислоту HVO_3, аналогичную метафосфорной HPO_3, а хром (+6) – хромовую кислоту H_2CrO_4, аналогичную серной H_2SO_4. Для марганца со степенью окисления +7 характерна марганцовая кислота $HMnO_4$, имеющая много общего с хлорной кислотой $HClO_4$.

Как сильные восстановители металлы взаимодействуют с различными окислителями: типичными неметаллами, солями менее активных металлов и кислотами.

При взаимодействии металлов с кислотами, анионы которых не проявляют окислительных свойств, роль окислителя играет катион водорода кислоты (в водных растворах – гидроксоний). Например:

$$| \quad \overset{2\,\bar{e}}{\underset{\downarrow}{\longrightarrow}}$$

$$Zn^0 + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2\uparrow.$$

Однако если получающаяся соль нерастворима в воде, то на поверхности металла образуется *защитная пленка* и реакция прекращается.

Ион водорода серной кислоты – не очень сильный окислитель. Поэтому лишь наиболее активные металлы восстанавливают его в разбавленных водных растворах этой кислоты до атомов водорода.

Концентрированная серная кислота взаимодействует почти со всеми металлами независимо от их положения в ряду стандартных электродных потенциалов, но водород при этом не выделяется. Продукт, до которого восстанавливается кислота, зависит от восстановительной активности металла. Например, концентрированная серная кислота, взаимодействуя с медью, восстанавливается до оксида серы (IV), с цинком – до свободной серы и с кальцием – до сероводорода. Степень окисления серы может изменяться от +6 до –2, например:

$$4Zn + 5H_2S^{+6}O_4 = H_2S^{-2}\uparrow + 4ZnSO_4 + 4H_2O.$$

Не совсем обычно действует на металлы азотная кислота. Даже ее разбавленные водные растворы окисляют металлы без выделения водорода. Исключение составляет натрий, однако попытки получения газообразного водорода взаимодействием натрия с азотной кислотой оказались безуспешными из-за загрязнения его оксидами азота.

Продукт восстановления нитрат-иона зависит как от концентрации азотной кислоты, так и от активности взаимодействующего с ней металла. Восстановление нитрат-иона идет тем дальше, чем более разбавлена азотная кислота и чем активнее металл. При этом степень окисления азота может изменяться от +5 до –3.

Поскольку вода всегда содержит ионы гидроксония H_3O^+, она должна действовать на металлы подобно кислотам. Но концентрация этих ионов в чистой воде очень мала. Поэтому водород из воды вытесняют наиболее активные металлы и лишь при условии образования растворимых гидроксидов (металлы IA- и IIA-подгрупп).

Сплавы – системы, состоящие из двух или нескольких металлов (или металлов и неметаллов). В технике используют металлические сплавы, весьма разнообразные по составу и свойствам гораздо шире, чем чистые металлы. Известно более 8000 сплавов и десятки тысяч их модификаций. Различают несколько типов сплавов по основному компоненту: **черные** сплавы (чугун, сталь), т. е. сплавы на основе железа; **цветные сплавы** (бронзы, латуни), важнейшим компонентом которых является медь; **легкие** сплавы (дюралюмин, магналий и др.), содержащие алюминий или магний; **благородные и редкие** сплавы, основными компонентами которых бывают платина, золото, серебро, ванадий, молибден и др.

Сплавам можно придать многие свойства, ценные в техническом отношении. Например, дюралюмин по легкости приближается к алюминию, а по твердости – к стали. Широко практикуют в технике добавки к сплавам редких элементов. Когда к обычной стали добавляют немного бора (тысячные доли процента), она приобретает сходство с никелевой или хромовой сталью. Электрическая проводимость бериллиевой бронзы выше, чем у чистой меди. Вольфрамовые стали и сплавы пригодны для изготовления сверхтвердых резцов. Добавки титана сообщают сплавам стойкость к действию кислот, пластичность, прочность, износоустойчивость.

Свойства сплавов. Сплавы сохраняют хорошую электрическую проводимость, теплопроводность и другие присущие металлам свойства. Однако их свойства не складываются как среднее арифметическое из свойств сплавляемых компонентов. Наоборот, температуры плавления сплавов ниже, чем у исходных металлов. Например, сплав Вуда плавится при 75 °С, а температура плавления самого легкоплавкого его компонента – олова 232 °С. Сплав Деварда (50% меди, 45% алюминия и 5% цинка) легко растирается в порошок и вытесняет водород из воды, хотя ни один из исходных металлов этим свойством не обладает. Очевидно, у сплавов появляются новые свойства, возникают новые качества. Как правило, сплавы более тверды, чем исходные металлы. Например, твердость латуни составляет 150 условных единиц, а исходных компонентов – меди и цинка – соответственно 40 и 50. Удельное электрическое сопротивление сплавов обычно выше, чем у исходных чистых металлов. Например, у нихрома (20% хрома + 80% никеля) сопротивление $110 \cdot 10^{-6}$, у хрома $15 \cdot 10^{-6}$, а у никеля только $7 \cdot 10^{-6}$ Ом·см.

Обычно легирующие добавки никеля, хрома, марганца, молибдена, ванадия и других металлов позволяют получать стали с ценными физико-механическими свойствами. Однако некоторые примеси ухудшают качество металлов и сплавов.

Типы сплавов. Растворение расплавленных металлов друг в друге аналогично смешению жидкостей. Поэтому различают несколько типичных случаев сплавления металлов.

1) Иногда металлы не растворяются друг в друге и не взаимодействуют химически не только в твердом, но даже в расплавленном состоянии (как масло и вода), происходит их расслоение. Это

имеет место в системах цинк–свинец, железо–свинец, алюминий–натрий и некоторых других. Получающийся сплав представляет собой механическую смесь из кристаллитов обоих исходных компонентов.

2) Если расплавленные металлы смешиваются друг с другом в любых соотношениях (как спирты в воде), т. е. неограниченно растворяются друг в друге, то при кристаллизации взаимная растворимость металлов сохраняется и образуются однородные кристаллы. Это характерно для металлов, кристаллизующихся в однотипных пространственных решетках и имеющих близкие радиусы атомов, например для систем серебро – золото, платина – золото, медь – никель и др. При кристаллизации таких расплавов получаются так называемые твердые растворы – однородные сплавы, которые по сравнению с исходными металлами более тверды и химически стойки, но пластичны, хорошо проводят электрический ток. В твердых растворах атомы обоих металлов образуют общую пространственную кристаллическую решетку.

3) Иногда расплавленные металлы смешиваются друг с другом в любых соотношениях, но при кристаллизации однородный твердый раствор не образуется. Растворимость металлов в твердом состоянии ограничена и получается масса, состоящая из мельчайших кристаллов исходных компонентов. Это наблюдается при кристаллизации систем олово – свинец, кадмий – висмут, серебро – свинец и др.

4) При сплавлении некоторых металлов происходит их химическое взаимодействие, образуются химические соединения. Например, металлы образуют в сплавах соединения $CuZn$, $CuZn_3$, Cu_5Zn_8, Mg_2Pb и др. Соединения, образованные металлами, называют интерметаллическими (т. е. междуметаллическими). Состав их не соответствует классическим представлениям о валентности, это соединения с переменным (непостоянным) составом, существование которых предполагал еще Бертолле. Они названы бертоллидами. Некоторые сплавы рассматривают как смеси исходных металлов с продуктами их химического взаимодействия.

7.2. Коррозия металлов и способы защиты от нее.

Коррозия – это нежелательное самопроизвольное разрушение металла в результате его физико-химического взаимодействия с окружающей средой.

Коррозия – самопроизвольный процесс, она полностью предотвращена быть не может. Есть методы, которые позволяют ее замедлить. Разработка новых, более совершенных методов защиты от коррозии остается актуальной задачей, т. к. потери от нее наносят огромный ущерб мировой экономике. Безвозвратные потери металлов от коррозии составляют 10-20% от ежегодного их выпуска.

Механизм коррозии. Коррозия металлов всегда представляет собой процесс окисления:

$$Me - n\bar{e} \rightarrow Me^{n+}.$$

По своему механизму коррозия может быть *химической и электрохимической.*

Химическая коррозия – разрушение металла в результате химического взаимодействия с окружающей средой:

$$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3.$$

Предметы из меди или ее сплавов при длительном хранении покрываются зеленым налетом основной соли:

$$2Cu + O_2 + H_2O + CO_2 = (CuOH)_2CO_3.$$

При накаливании стальных изделий на воздухе их поверхность покрывается темным слоем окалины, представляющей собой оксиды железа. Серебряные изделия чернеют в присутствии сернистых соединений вследствие образования сульфида серебра Ag_2S. Однако химическая коррозия встречается сравнительно редко. Обычно процесс коррозии связан с электрохимическими процессами.

Электрохимическая коррозия – разрушение металла под действием окружающей среды в результате возникновения гальванических пар.

Если погрузить в раствор электролита, например, серной кислоты две металлических пластинки и соединить их между собой, возникнет замкнутый гальванический элемент (рис. 43).

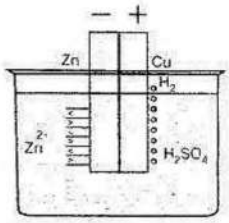


Рис. 43. Схема действия гальванической пары

При электрохимической коррозии разрушается более активный металл.

В нашем примере корродирует цинк:

$$Zn^0 - 2\bar{e} = Zn^{2+}.$$

На положительном электроде должен протекать процесс восстановления. В растворе кислоты присутствуют в большом количестве ионы H^+, которые будут восстанавливаться на медной пластинке:

$$2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2.$$

При электрохимической коррозии в кислой среде на поверхности менее активного металла выделяется водород.

Если медную и цинковую пластинки пометить в водный раствор хлорида натрия (или морской воды), то, коррозии будет подвергаться цинк. А на медной пластинке водород выделяться не будет, т. к. в нейтральном растворе концентрация ионов H^+ мала (10^{-7} моль/дм^3). Окислитель обычно молекулярный кислород, растворенный в воде:

$$O_2 + H_2O + 4\bar{e} \rightarrow 4OH^-.$$

Таким образом, вблизи медной пластинки будет происходить подщелачивание раствора. Ионы Zn^{2+} взаимодействуют с ионами OH^-:

$$Zn^{2+} + 2OH^- \rightarrow Zn(OH)_2.$$

Электрохимическая коррозия в нейтральной и щелочной средах – происходит восстановление на менее активном металле молекулярного кислорода с образованием гидроксид-ионов.

Используемые в технике металлы, как правило, химически неоднородны, т. е. содержат примеси других металлов. Это является причиной возникновения многочисленных микроскопических

гальванических элементов и, следовательно, электрохимической коррозии.

Наиболее распространенный коррозионный процесс – ржавление железа. В электрохимическом отношении железо – активный металл и выступает в роли анода.

Электродные реакции, происходящие при коррозии железа в нейтральных средах:

(Анод) $Fe - 2\bar{e} \rightarrow Fe^{2+}$

(Катод) $O_2 + 2H_2O + 4\bar{e} \rightarrow 4OH^-$

$Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2$.

В дальнейшем происходит окисление Fe^{2+} до Fe^{3+} атмосферным кислородом. Окончательным продуктом окисления является гидратированный оксид железа (III) – ржавчина. Скорость ржавления железа определяется: концентрацией кислорода, pH среды и ее влажностью. Электрохимическая коррозия может быть также следствием механической неоднородности металла, т. е. неоднородностью внутренних напряжений и механических нагрузок.

Если ржавчина уже образовалась – остановить процесс коррозии крайне трудно и не всегда удается. Лучше его предупреждать и заранее защищать металл.

Пассивность – наличие на поверхности металла защитных оксидных или солевых пленок, а состояние металла – *пассивное состояние*. Скорость химической коррозии зависит от характера образующихся продуктов коррозии. В процессе окисления на поверхности металла образуется твердая пленка оксидов, обладающая защитным действием (в ряду напряжений Ме между магнием и кадмием). Для дальнейшего прохождения коррозии необходимо, чтобы ионы металла и кислорода диффундировали через эту пленку. Обычно с поверхности раздела металл – оксид в направлении от металла происходит диффузия ионов металла. Одновременно в этом же направлении перемещаются электроны. С поверхности раздела оксид – газ вглубь пленки двигаются атомы кислорода, и, встречаясь с ионам металла, образуют оксиды.

Скорость окисления определяется сплошностью и защитными свойствами поверхностной пленки и зависит от наличия в ней трещин и пр. Поскольку пленки продуктов коррозии обычно хрупки и малопластичны. Образование трещин зависит от того, в каких условиях образуется пленка в процессе растяжения, или условиях

сжатия. Это зависит от соотношения объемов продуктов коррозии $V_{ОК}$ и металла V_{Me}, из которого они образовались:

$$\frac{V_{ОК}}{V_{Me}} = \frac{Md_{Me}}{nd_{ОК}A'}$$

где $V_{ОК}$ – объем оксида; V_{Me} – объем металла; М — молярная масса оксида; d_{Me} – плотность металла; n – число атомов металла в молекуле оксида; $d_{ОК}$ – плотность оксида; А – молярная масса металла.

Если $V_{ОК}/V_{МЕ} < 1$, то образующаяся пленка не может быть сплошной и защищать металл от коррозии. Для щелочных и щелочноземельных металлов при повышении температуры реакция окисления начинает резко ускоряться из-за плохого отвода теплоты. Рыхлая пленка оксида металла является препятствием для отвода теплоты, выделяющейся в ходе реакции. В результате происходит разогрев металла, скорость окисления его резко возрастает. Увеличение толщины пленки во времени и при высоких температурах наблюдается для ванадия, вольфрама и молибдена, образующих летучие оксиды.

Для металлов, у которых в результате химической коррозии получаются сплошные пленки ($V_{ОК}/V_{Me} > 1$), процесс коррозии будет тормозиться диффузией реагентов через пленку, и по мере утолщения пленки дальнейший рост ее будет все время замедляться
(Fe, Co, Ni, Mn, Ti).

Для ряда металлов (Zn, Al, Cr) оксидные пленки обладают высокими защитными свойствами. На поверхности алюминий покрыт тонкой и прочной пленкой оксида. Оксидная пленка предотвращает дальнейшее окисление алюминия. При температуре 660 °С алюминий плавится, но расплавленный металл не растекается. Оксидная пленка удерживает расплавленный алюминий. Температура плавления оксида алюминия 2055 °С.

Принято различать *тонкие, средние и толстые* пленки. Толщина тонких пленок составляет от мономолекулярной до 40 нм. Такие пленки на поверхности металла *невидимы*; их наличие может быть установлено с помощью специальных методов. Пленки средней толщины порядка 40-50 нм уже вполне соизмеримы с длиной волны видимых световых лучей. Эти пленки становятся видимыми благодаря их окраске. Толстые пленки могут достигать

значительной толщины (например, окалина на стали, толстослойные анодные пленки на алюминиевых сплавах).

Наиболее высокими защитными свойствами обладает сплошная, достаточно тонкая, прочная и эластичная пленка, имеющая хорошее сцепление с металлом, возникающая на гладкой его поверхности и имеющая одинаковый с металлом коэффициент линейного расширения. При этом пленка должна иметь некоторую оптимальную толщину, чтобы в достаточной степени тормозить встречную диффузию молекул агрессивного агента и ионов металла. На большинстве металлов защитная пленка после достижения известной толщины *подвергается растрескиванию*, что позволяет химической коррозии развиваться дальше. Разрушение пленки возможно по ряду причин. Если объем пленки больше объема металла, на месте которого она образовалась, то это приводит к появлению внутренних напряжений, сжимающих пленку параллельно поверхности и стремящихся оторвать ее от металла. При высоких внутренних напряжениях пленка разрушается. Таким образом, важны не только защитные свойства пленки, но и ее механические свойства – прочность, упругость.

Методы защиты от коррозии. Коррозию металлов можно затормозить изменением потенциала металла, пассивированием металла, снижением концентрации окислителя, изоляцией поверхности металла от окислителя, изменением состава металла и др.

Основные способы замедления коррозионных процессов:

а) легирование металлов;

б) защитные покрытия (металлические, неметаллические);

в) электрохимическая защита;

г) изменение свойств коррозионной среды;

д) рациональное конструирование изделий.

Легирование металлов – эффективный и дорогостоящий метод повышения коррозионной стойкости металлов.

При легировании в состав сплава вводят компоненты, вызывающие пассивацию металла. Это – хром, никель, вольфрам и др.

Применяется легирование для защиты от газовой коррозии, используют сплавы, обладающие *жаростойкостью и жаропрочностью*.

Жаростойкость – стойкость по отношению к газовой коррозии при высоких температурах.

Жаропрочность – свойства конструкционного материала сохранять высокую механическую прочность при значительном повышении температуры.

Жаростойкость обеспечивается хромом, алюминием и кремнием. Эти элементы при высоких температурах окисляются энергичнее, чем железо, и образуют при этом плотные защитные пленки оксидов. Сплав 20 % Cr и 80 % Ni устойчив на воздухе до 1150 °С. Этот сплав – один из лучших жаростойких и жаропрочных сплавов.

Слои, искусственно создаваемые на поверхности металлических изделий и сооружений для предохранения их от коррозии, называются *защитными покрытиями*.

Окраска металлических изделий издавна используется для защиты их от коррозии. Сюда же можно отнести покрытия полимерными (полиэфирными, эпоксидными) пленками.

Оксидирование – получение на поверхности металла плотного слоя оксидов этого же металла. Оксидирование железа производится химически в растворах окислителей (нитратов и нитритов). Оксидирование алюминия и его сплавов осуществляется путем электролиза – этот процесс называется анодированием.

Нанесение металлических покрытий. Используются различные металлы и сплавы. Покрытия осуществляются путем электролиза. Делятся на две группы: *катодные* и *анодные*.

К катодным относятся покрытия менее активными металлами, т. е. имеющими более положительный потенциал по сравнению с защищаемым металлом. Для железа такими покрытиями являются олово, никель, медь и др. Если покрытие окажется пористым или будет нарушено в ходе эксплуатации изделия, возникнет гальванический элемент, в котором металл-покрытие будет катодом (поэтому и покрытие называется катодным). Основной металл будет активно разрушаться (рис. 44).

Анодные покрытия – это слои более активных металлов. При нарушении целостности слоя металла возникнет гальванический элемент, в котором покрытие – анод будет разрушаться, а основной металл останется невредимым (рис. 45). Таким образом, анодные покрытия – это надежный способ защиты.

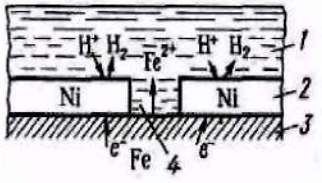


Рис. 44. Схема коррозии металла в кислотной среде при нарушении катодного покрытия:
1 – раствор; 2 – покрытие;
3 – основной металл; 4 – пора

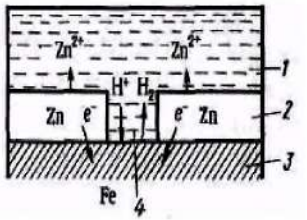


Рис. 45. Схема коррозии металла в кислотной среде при нарушении анодного покрытия:
1 – раствор; 2 – покрытие;
3 – основной металл; 4 – пора

Защитное действие покрытий сводится к изоляции металла от окружающей среды.

В качестве неорганических покрытий применяют неорганические эмали, оксиды металлов, соединения хрома, фосфора и др.

К органическим относятся лакокрасочные покрытия, покрытия смолами, пластмассами, полимерными пленками, резиной.

Эмалированию подвергаются черные и цветные металлы, которые используют при производстве аппаратуры в фармацевтической, химической, пищевой отраслях промышленности, при производстве изделий домашнего обихода.

Неорганические эмали по своему составу являются силикатами, т. е. соединениями кремния. Основными недостатками покрытий является хрупкость и растрескивание при тепловых и механических ударах. Эмалирование также применяется для защиты от газовой коррозии.

Лакокрасочные покрытия наиболее распространены и незаменимы. Лакокрасочное покрытие должно быть сплошным, беспористым газо- и водонепроницаемым, химически стойким, эластичным, обладать высоким сцеплением с материалом, механической прочностью и твердостью.

Протекторная защита. Этот метод применяется для защиты подземных трубопроводов, паровых котлов, корпусов кораблей и т. д. На некотором расстоянии от трубопровода *1* в землю зарывают идущий параллельно магниевый анод *2* и присоединяют его с помощью проводника *3* к трубопроводу (рис. 46). Таким образом, искусственно создается гальванический элемент, в котором окис-

ляться будет магний, как более активный металл. Протекторная защита настолько эффективна, что стальной трубопровод, проложенный по дну океана, может сохраняться в течение многих лет.

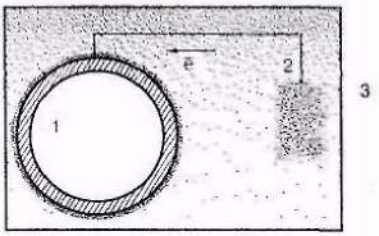


Рис. 46. Протекторная защита

Электрозащита (катодная защита). К защищаемому объекту присоединяют отрицательный полюс источника постоянного тока, например, аккумуляторной батареи. Положительный полюс присоединяется к расположенному вблизи куску металла. В данном случае используется процесс электролиза.

Рациональное конструирование изделий должно исключать наличие или сокращать число и размеры особо опасных с точки зрения коррозии участков в изделиях или конструкциях (сварных швов, узких щелей, контактов разнородных по электродным потенциалам металлов и др.), а также предусматривать специальную защиту металла этих участков от коррозии.

Консервация металлоизделий. Большинство из рассмотренных способов защиты изделий используют и при их консервации – защите изделий на период хранения и транспортировки. Средства консервации подразделяют: а) на масла и смазки; б) осушители; в) инертные атмосферы; г) ингибиторы коррозии.

Защита от коррозии блуждающими токами. Токи, ответвляющиеся от своего основного пути, называются блуждающими. Коррозия металлов под влиянием электрического тока от внешнего источника называется электрокоррозией. Пример: электрокоррозия подземного трубопровода во влажной почве (рис. 47).

Борьба с коррозией блуждающими токами заключается прежде всего в их уменьшении. Для электрифицированных железных дорог, у которых рельсы служат обратными проводами, это достигается поддержанием в хорошем состоянии электрических контак-

тов между рельсами и увеличением сопротивления между рельсами и почвой. Коррозия блуждающими токами прекращается при соединении металлическим проводником с низким сопротивлением эксплуатируемой трубы с рельсами в зонах K_1–A_1.

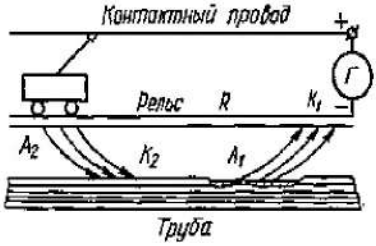


Рис. 47. Коррозия блуждающими токами

7.3. Общая характеристика неметаллов.

Неметаллы – химические элементы, которые образуют простые тела, не обладающие свойствами, характерными для металлов. Качественной характеристикой неметаллов является электроотрицательность.

Электроотрицательность – это способность поляризовать химическую связь, оттягивать к себе общие электронные пары.

К неметаллам относят 22 элемента.

Строение атомов неметаллов. Характерной особенностью неметаллов является большее (по сравнению с металлами) число электронов на внешнем энергетическом уровне их атомов. Это определяет их большую способность к присоединению дополнительных электронов и проявлению более высокой окислительной активности, чем у металлов. Особенно сильные окислительные свойства, т. е. способность присоединять электроны, проявляют неметаллы, находящиеся во 2-ом и 3-м периодах VI-VII групп. Если сравнить расположение электронов по орбиталям в атомах фтора, хлора и других галогенов, то можно судить и об их отличительных свойствах. У атома фтора свободных орбиталей нет. Поэтому атомы фтора могут проявить только валентность I и степень окисления – 1. Самым сильным окислителем является фтор. В атомах других галогенов, например в атоме хлора, на том же энергетическом уровне имеются свободные d-орбитали. Благодаря этому распаривание электронов может произойти тремя разными путями. В первом случае хлор может проявить степень окисления

+3 и образовать хлористую кислоту $HClO_2$, которой соответствуют соли – хлориты, например хлорит калия $KClO_2$. Во втором случае хлор может образовать соединения, в которых степень окисления хлора +5. К таким соединениям относятся хлорноватая кислота $HClO_3$ и ее соли – хлораты, например хлорат калия $KClO_3$ (бертолетова соль). В третьем случае хлор проявляет степень окисления +7, например в хлорной кислоте $HClO_4$ и в ее солях – перхлоратах (в перхлорате калия $KClO_4$).

Строения молекул неметаллов. Физические свойства неметаллов. В газообразном состоянии при комнатной температуре находятся: водород – H_2; азот – N_2; кислород – O_2; фтор – F_2; хлор – Cl_2. И инертные газы: гелий – He; неон – Ne; аргон – Ar; криптон – Kr; ксенон – Xe; радон – Rn.

В жидком – бром – Br.

В твердом: бор – B; углерод – C; кремний – Si; фосфор – P; сера – S; мышьяк – As; селен – Se; теллур – Te; йод – I; астат – At.

Гораздо богаче у неметаллов и спектр цветов: красный – у фосфора, бурый – у брома, желтый – у серы, желто-зеленый – у хлора, фиолетовый – у паров йода и т. д.

Самые типичные неметаллы имеют молекулярное строение, а менее типичные – немолекулярное. Этим и объясняется отличие их свойств (рис. 48).

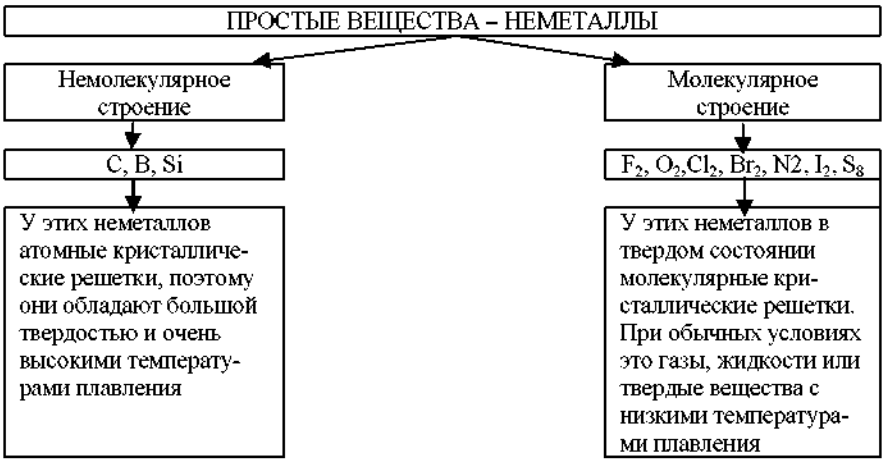


Рис. 48. Состав и свойства простых веществ – неметаллов

Неметаллы образуют как одноатомные, так и двухатомные молекулы. К одноатомным неметаллам относятся инертные газы, практически не реагирующие даже с самыми активными веществами. Инертные газы расположены в VIII группе периодической системы, а химические формулы соответствующих простых веществ следующие: He, Ne, Ar, Kr, Xe и Rn.

Некоторые неметаллы образуют двухатомные молекулы. Это H_2, F_2, Cl_2, Br_2, Cl_2 (элементы VII группы периодической системы), а также кислород O_2 и азот N_2. Из трехатомных молекул состоит газ озон (O_3). Для веществ неметаллов, находящихся в твердом состоянии, составить химическую формулу довольно сложно. Атомы углерода в графите соединены друг с другом различным образом.

Выделить отдельную молекулу в приведенных структурах затруднительно. При написании химических формул таких веществ, как и в случае с металлами, вводится допущение, что такие вещества состоят только из атомов. Химические формулы при этом записываются без индексов: C, Si, S и т. д. Такие простые вещества, как озон и кислород, имеющие одинаковый качественный состав (оба состоят из одного и того же элемента – кислорода), но различающиеся по числу атомов в молекуле, имеют различные свойства. Так, кислород запаха не имеет, в то время как озон обладает резким запахом, который мы ощущаем во время грозы. Свойства твердых неметаллов, графита и алмаза, имеющих также одинаковый качественный состав, но разное строение, резко отличаются (графит хрупкий, алмаз твердый). Таким образом, свойства вещества определяются не только его качественным составом, но и тем, сколько атомов содержится в молекуле вещества и как они связаны между собой. Неметаллы в виде простых тел находятся в твердом или газообразном состоянии (исключая бром – жидкость). Они не имеют физических свойств, присущих металлам. Твердые неметаллы не обладают характерным для металлов блеском, они обычно хрупки, плохо проводят электрический ток и тепло (за исключением графита). Кристаллический бор B (как и кристаллический кремний) обладает очень высокой температурой плавления (2075°C) и большой твердостью. Электрическая проводимость бора с повышением температуры сильно увеличивается, что дает возможность широко применять его в полупроводниковой технике. Добавка бора к стали и к сплавам алюминия, меди, никеля и др.

улучшает их механические свойства. Бориды (соединения бора с некоторыми металлами, например с титаном: TiB, TiB_2) необходимы при изготовлении деталей реактивных двигателей, лопаток газовых турбин. Как видно из схемы (рис. 48), углерод – C, кремний – Si, бор – B имеют сходное строение и обладают некоторыми общими свойствами. Как простые вещества они встречаются в двух видоизменениях – в кристаллическом и аморфном. Кристаллические видоизменения этих элементов очень твердые, с высокими температурами плавления. Кристаллический кремний обладает полупроводниковыми свойствами. Все эти элементы образуют соединения с металлами – карбиды, силициды и бориды (CaC_2, Al_4C_3, Fe_3C, Mg_2Si, TiB, TiB_2). Некоторые из них обладают большей твердостью, например Fe_3C, TiB. Карбид кальция используется для получения ацетилена.

Химические свойства неметаллов. В соответствии с численными значениями относительных электроотрицательностей окислительные способности неметаллов увеличивается в следующем порядке: Si, B, H, P, C, S, I, N, Cl, O, F.

Неметаллы как окислители.

Окислительные свойства неметаллов проявляются при их взаимодействии:

- с металлами:

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl;$$

- с водородом:

$$H_2 + F_2 = 2HF;$$

- с неметаллами, которые имеют более низкую электроотрицательность:

$$2P + 5S = P_2S_5;$$

- с некоторыми сложными веществами:

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O,$$
$$2FeCl_2 + Cl^2 = 2\ FeCl_3.$$

Неметаллы как восстановители.

1) Все неметаллы (кроме фтора) проявляют восстановительные свойства при взаимодействии с кислородом:

$$S + O_2 = SO_2,\ 2H_2 + O_2 = 2H_2O.$$

Кислород в соединении с фтором может проявлять и положительную степень окисления, т. е. являться восстановителем. Все остальные неметаллы проявляют восстановительные свойства. Так, например, хлор непосредственно с кислородом не соединяет-

ся, но косвенным путем можно получить его оксиды (Cl_2O, ClO_2, Cl_2O_2), в которых хлор проявляет положительную степень окисления. Азот при высокой температуре непосредственно соединяется с кислородом и проявляет восстановительные свойства. Еще легче с кислородом реагирует сера.

2) Многие неметаллы проявляют восстановительные свойства при взаимодействии со сложными веществами:

$ZnO + C = Zn + CO$, $S + 6HNO_{3конц} = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$.

3) Существуют и такие реакции, в которых один и тот же неметалл является одновременно и окислителем и восстановителем:

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HClO.$$

4) Фтор – самый типичный неметалл, которому нехарактерны восстановительные свойства, т. е. способность отдавать электроны в химических реакциях.

Соединения неметаллов. Неметаллы могут образовывать соединения с разными внутримолекулярными связями.

Виды соединений неметаллов:

- соединения с ионной связью. Например: NaCl, BaO, Na_2O;
- соединения с ковалентной полярной связью. Например: H_2O, HCl, NH_3, HF;
- соединения с ковалентной неполярной связью. Например: CO_2, CH_4, CS_2.

Общие формулы водородных соединений по группам периодической системы химических элементов приведены в таблице 7.

Таблица 7

Формулы водородных соединений

I	II	III	IV	V	VI	VII
RH	RH2	RH3	RH4	RH3	H2R	HR

С металлами водород образует (за некоторым исключением) нелетучие соединения, которые являются твердыми веществами немолекулярного строения. Поэтому их температуры плавления сравнительно высоки. С неметаллами водород образует летучие соединения молекулярного строения (например, фтороводород HF, сероводород H_2S, аммиак NH_3, метан CH_4). В обычных условиях это газы или летучие жидкости. При растворении в воде водородные соединения галогенов, серы, селена и теллура образуют кислоты той же формулы, что и сами водородные соединения: HF, HCl, HBr, HI, H_2S, H_2Se, H_2Te. При растворении в воде аммиака

образуются аммиачная вода, обычно обозначаемая формулой NH_4OH и называемая гидроксидом аммония. Ее также обозначают формулой $NH_3 \cdot H_2O$ и называют гидратом аммиака.

С кислородом неметаллы образуют кислотные оксиды. В одних оксидах они проявляют максимальную степень окисления, равную номеру группы (например, SO_2, N_2O_5), а вдругих — более низкую (например, SO_2, N_2O_3). Кислотным оксидам соответствуют кислоты, причем из двух кислородных кислот одного неметалла сильнее та, в которой он проявляет более высокую степень окисления. Например, азотная кислота HNO_3 сильнее азотистой HNO_2, а серная кислота H_2SO_4 сильнее сернистой H_2SO_3.

Характеристики кислородных соединений неметаллов.

1) Свойства высших оксидов (т. е. оксидов, в состав которых входит элемент данной группы с высшей степенью окисления) в периодах слева направо постепенно изменяются от основных к кислотным.

2) В группах сверху вниз кислотные свойства высших оксидов постепенно ослабевают. Об этом можно судить по свойствам кислот, соответствующих этим оксидам.

3) Возрастание кислотных свойств высших оксидов соответствующих элементов в периодах слева направо объясняется постепенным возрастанием положительного заряда ионов этих элементов.

4) В главных подгруппах периодической системы химических элементов в направлении сверху вниз кислотные свойства высших оксидов неметаллов уменьшаются.

7.4. Переходные металлы.

Общие свойства и особенности переходных металлов. Переходные металлы объединяют d- и f-элементы. Особенности этих элементов; во-первых, все они металлы, во-вторых, они занимают в периодической таблице переходное положение между начинающими каждый период s-элементами и заканчивающими его p-элементами.

d-Элементы образуют три переходных ряда – в четвертом, пятом и в шестом периодах соотвественно. Первый переходный ряд

включает 10 элементов, от скандия до цинка. Он характеризуется внутренней застройкой 3d-орбиталей. Заполнение электронами внутренней d-орбитали приводит к экранированию внешних s-электронов от возрастающего заряда ядра, в результате чего эффективный ядерный заряд сохраняется практически постоянным в пределах переходных элементов.

Физические свойства. Все металлы первого переходного ряда обладают высокой твердостью и плотностью, являются хорошими проводниками теплоты и электричества, имеют ценные механические свойства.

Имеют высокие температуры плавления, кипения и энтальпии. Это является следствием более прочной металлической связи за счет участия в ней также и d-электронов.

Металлическая связь прочнее, чем у s-металлов. У d-металлов плотность больше, чем у s-металлов.

В то время как размеры атомов, характеризуемые значениями радиусов, немного увеличиваются от Sc к Zn, значения относительных атомных масс возрастают существенно. В результате наблюдается увеличение плотности металлов в этом направлении.

В природе переходные металлы встречаются главным образом, в виде сульфидов и оксидов. Менее активные металлы (например: Cu, Ag, Pt), могут находится в самородном виде. Обычный метод получения – восстановление этих соединений углеродом или оксидом углерода CO. Наиболее важный металл – железо. Стали получают сплавлением Fe с углеродом и с такими переходными металлами как ванадий, марганец, кобальт, и титан. Титан имеет ту же механическую прочность, что и сталь, но обладает двумя преимуществами: он легче и не коррозирует, прочнее алюминия. Но высокая стоимость титана ограничивает его применение. В основном используется в конструкциях космических кораблей. Титан устойчивее стали к действию высоких температур, развивающихся при вхождении аппарата в земную атмосферу.

Химические свойства. Важнейшими среди них являются следующие особенности, позволяющие рассматривать d-металлы как единую группу:

- все d-элементы – металлы, отличающиеся от s-металлов меньшей восстановительной способностью и иногда химической инертностью;

- для большинства d-элементов характерно проявление двух или нескольких степеней окисления, сравнимых по термодинамической устойчивости в обычных условиях. Это значит, что для них характерно большое число окислительно-восстановительных реакций;

- многие d-элементы в высших степенях окисления проявляют кислотные свойства, а в низших – слабо основные;

- самой характерной особенностью d-металлов является способность образовывать очень разнообразные комплексные соединения, многие из которых устойчивы в водных растворах;

- в отличие от соединений s-металлов большинство соединений d-элементов обладает характерными окрасками.

Таблица-диаграмма (рис. 49) обладает определенными, общими для всех d-металлов особенностями:

- существуют не все возможные степени окисления. У железа Fe – элемента VIIIB-подгруппы – достигается наибольшая для 3d-элементов степень окисления +8. У 4d- и 5d-элементов максимальную степень окисления +8 также имеют элементы VIIIB-подгруппы рутений Ru и осмий Os;

- некоторые электронные конфигурации и соответствующие им степени окисления обладают повышенной устойчивостью. Так, устойчивы все высшие для каждого из 3d-металлов степени окисления от Sc (III) до Mn (VII). Кроме того, устойчивы степени окисления +2 всех 3d-металлов, начиная с Mn^{2+} и до Zn^{2+} включительно, а также степени окисления +3 для Sc, Cr, Fe. Из таблицы-диаграммы видно, что устойчивые степени окисления 3d-металлов образуют две группы: высшие (+4, +5, +6, +7) и низшие (+2, +3) степени окисления.

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
+1			+1		+1	+1	+1	+1	
+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	
	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4		
		+5	+5	+5		+5			
			+6	+6	+6				
				+7					
					+8				

Рис. 49. Таблица-диаграмма известных и устойчивых степеней окисления металлов первого переходного ряда (подчеркнуты одной чертой наиболее устойчивые степени окисления, а двумя чертами – устойчивые в отсутствие кислорода или воды)

Разнообразие степеней окисления переходных металлов является причиной их использования в качестве катализаторов:

- парамагнетизм, ферромагнетизм;
- образование комплексных ионов;
- образование окрашенных ионов.

Каталитические свойства.

Многие важные реакции катализируются переходными металлами. Переходные металлы и их соединения важнейшие катализаторы: например,

- контактный процесс окисления SO_2 (оксид ванадия);
- процесс Габера получения аммиака (железо и оксид железа (III));
- гидрогенизация непредельных масел (тонко измельченный никель);
- окисление аммиака (платина или платинородиевый сплав).

Это примеры гетерогенного катализа, при котором реагирующие молекулы адсорбируются на поверхности катализатора.

Окисление иодид-ионов как пример гомогенного катализа. ИоныFe^{2+} катализируют реакцию окисления иодид-ионов пероксодисульфат ионами $S_2O_8^{2-}$ в соответствии с уравнением:

$$S_2O_8^{2-}{}_{(водн)} + 2I^-_{(водн)} \rightarrow 2SO_4^{2-}{}_{(водн)} + I_2.$$

Ионы Fe^{2+} катализируют эту реакцию.

Магнитные свойства. Переходные металлы с неспаренными электронами являются парамагнетиками, так как обладают магнитным моментом, обусловленным электронным спином. Fe, Co, Ni – ферромагнетики: это означает, что они сильно притягиваются магнитным полем.

Оксиды и гидроксиды. Оксиды – нерастворимы, имеют черный или другой цвет, связи ковалентны. За исключением Ag, Au переходные металлы реагируют с кислородом, образуя оксиды.

Основность. В степени окисления +2, основность оксидов увеличивается. При движении слева направо по ряду. Для любого металла основность оксидов уменьшается с увеличением степени окисления металлов в соединении. **Гидроксиды** осаждают из со-

держащих ионы металлов растворов добавлением гидроксид-ионов. Цвет образующегося осадка часто используют для идентификации присутствующего металла. Все осадки гелеобразны вследствие гидратации и обладают основными свойствами. Некоторые амфотерны, а некоторые образуют растворимые комплексы с аммиаком:

Cr^{3+} $Cr(OH)_3\downarrow$ зеленый цвет,

Mn^{2+} $Mn(OH)_2\downarrow$ бежевый цвет,

Fe^{2+} $Fe(OH)_2\downarrow$ зеленый цвет,

Fe^{3+} $Fe(OH)_3\downarrow$ ржавый цвет,

Co^{2+} $Co(OH)_2\downarrow$ розовый цвет кобальтит ион $Co(NH_3)_6^{2+}$,

Ni^{2+} $Ni(OH)_2\downarrow$ зеленый цвет $Ni(NH_3)_4^{2+}$,

Cu^{2+} $Cu(OH)_2\downarrow$ голубой цвет $Cu(NH_3)_4^{2+}$,

Zn^{2+} $Zn(OH)_2\downarrow$ бесцветный $Zn(OH)_4^{2-}$ $Zn(NH_3)_4^{2+}$.

В высших степенях окисления переходные металлы существуют в виде анионов кислотосодержащих кислот MeO_4^{3-} и MeO_4^{2-}, наиболее важными являются: ванадат-ион $V_3O_9^-$, хромат-ион CrO_4^{2-}, дихромат-ион $Cr_2O_7^{2-}$, перманганат-ион MnO_4^-, манганат-ион MnO_4^{2-}, соли натрия и калия и этих анионов растворимы в воде и являются сильными окислителями, их используют в титриметрическом анализе.

Хроматы. Хромат-ион образуется при нагревании солей хрома с пероксидами в щелочном растворе:

$$2Cr^{3+} + 4OH^- + 3O_2^{2-} \rightarrow 2Cr_2O_7^{2-} + 2H_2O.$$

Растворы Cr^{3+} – фиолетово-голубого цвета, а CrO_4^{2-} желтый, в кислых растворах желтый хромат-ион переходит в оранжевый дихромат-ион:

$$2CrO_4^{2-}{}_{желт} + 2H^+ \rightarrow 2Cr_2O_7^{2-}{}_{оранж} + H_2O.$$

Хромат калия используют как индикатор при титровании солей серебра. Дихромат калия применяют как окислитель в титрометрическом анализе:

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\bar{e} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O,\ E^0 = 1{,}33В.$$

Манганаты и перманганаты. Получение K_2MnO_4. Манганат калия это твердое вещество зеленого цвета, образуется при сплавлении диоксида Mn с гидроксидом калия и окислителями, например, хлоратом или нитратом калия:

$$3MnO_{2(тв)} + 6KOH_{(тв)} + KClO_3 \rightarrow 3K_2MnO_{4(тв)} + 3H_2O + KCl.$$

Манганаты диспропорционируют, образуя перманганаты. Манганат-ион MnO_4^{2-} диспропорционирует в кислых растворах на перманганат-ион и диоксид марганца:

$$\underset{\text{темно-зел.}}{3MnO_4^{2-}{}_{(водн)}} + 4H^+_{(водн)} \underset{\text{пурпурный}}{2MnO_4^-{}_{(водн)}} + \underset{\text{черный}}{MnO_{2(тв)}} + 2H_2O.$$

Подкисленный раствор $KMnO_4$ широко используется в качестве окислителя при титриметрическом анализе:

$$MnO_4^-{}_{(водн)} + 8H^+ + 5\bar{e} \leftrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O.$$

Растворы $KMnO_4$ хранят в темных бутылях, так как под действием света он медленно окисляет воду до кислорода. Подкисленный раствор перманганата калия используют в титриметрическом анализе при определении солей железа (II), пероксида водорода, оксалатов.

7.5. Качественные реакции на ионы некоторых металлов.

Ионы Ba^{2+}.

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow.$$

Сульфат бария $BaSO_4\downarrow$ – белый осадок, который нерастворим ни в воде, ни в кислотах, ни в щелочах. Этой же реакцией распознают соли серной кислоты, т.е. сульфат-ион SO_4^{2-}.

Ионы Fe^{3+}.

а) $4FeCl_3 + 3K_4[Fe(NC)_6] \rightarrow Fe_4[Fe(NC)_6]_3\downarrow + 12KCl,$

$4Fe^{3+} + 3[Fe(NC)_6]^{4-} \rightarrow Fe_4[Fe(NC)_6]_3\downarrow.$

Образуется темно-синий осадок «берлинской лазури» состава $Fe_4[Fe(NC)_6]_3\downarrow$ или $KFe[Fe(NC)_6]$ в зависимости от концентраций растворов.

б) $FeCl_3 + 6KSCN \rightarrow \underset{\text{р-р кроваво-красный}}{K_3[Fe(SCN)_6]} + 3KCl.$

Ионы Fe^{2+}.

$3FeCl_2 + 2K_3[Fe(NC)_6] \rightarrow Fe_3[Fe(NC)_6]_2\downarrow + 6KCl,$

$3Fe^{2+} + 2[Fe(NC)_6]^{3-} \rightarrow Fe_3[Fe(NC)_6]_2\downarrow.$

Образуется синий осадок «турнбулевой сини».

Ионы Ag^+.

$AgNO_3 + HCl \rightarrow AgCl\downarrow + HNO_3,$

$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow.$

Образуется белый осадок $AgCl\downarrow$, нерастворимый в кислотах, но растворим в растворе аммиака $AgCl + 2NH_3 \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl$.

Ионы Cu^{2+}.

1. Соли меди (Cu^{2+}) окрашивают раствор в голубой цвет:

$2CuSO_4 + K_4[Fe(NC)_6] \rightarrow Cu_2[Fe(NC)_6]\downarrow + 2K_2SO_4$

$2Cu^{2+} + [Fe(NC)_6]^{4-} \rightarrow Cu_2[Fe(NC)_6]\downarrow$.

Образует вишневый осадок.

Химические свойства некоторых металлов.

Химия железа. Чистое железо – серебристо-белый, мягкий металл, хорошо поддающийся обработке, легко намагничивающийся и размагничивающийся. Его получают электролизом растворов солей железа или термическим разложением пентакарбонила железа:

$$[Fe(CO)5] = Fe + 5CO\uparrow.$$

При нагревании Fe реагирует с неметаллами: O_2, N_2, Hal, C, S. Оно реагирует с водой и воздухом, образуя ржавчину $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, с водяным паром в результате реакции получается оксид Fe (II, III), Fe_3O_4:

$$3Fe_{(тв)} + 4H_2O_{(г)} \rightarrow 4H_2(г) + Fe_3O_{4(тв)}.$$

Оксиды также получаются при нагревании Fe на воздухе.

Железо реагирует с разбавленными растворами H_2SO_4 и HCl, образуя соли Fe^{2+} и водород. С разбавленной азотной кислотой железо образует нитрат железа (III) и NO. Концентрированная азотная кислота пассивирует Fe.

Соли железа имеют практическое значение. Сульфат железа (II), или железный купорос, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – сельскохозяйственный ядохимикат. Соль Мора $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$, или сульфат-аммония-железа (II), применяется в химическом анализе. Железо-аммонийные квасцы, или сульфат аммония-железа (III), $(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ – протрава при крашении тканей. Хлорид железа (III) FeCl3·6H2O – кристаллическое вещество желто-бурого цвета, расплывающееся на воздухе, используют в лабораторной практике. Берлинская лазурь – основа нескольких красителей.

Велико биологическое значение железа, так как оно – составная часть гемоглобина крови.

Железо необходимо и растениям; оно участвует в окислительно-восстановительных процессах, в кислородном обмене.

Медь. Медь мало распространена в природе. Чаще встречаются сульфидные руды меди: халькозин Cu_2S, ковелин CuS, халькопирит $CuFeS_2$, борнит Cu_5FeS_4. Руду прокаливают с кремнеземом в присутствии воздуха. При этом получается сульфид меди и силикат железа:

$$2CuFeS_{2(тв)} + 4O_2 + 2SiO_{2(тв)} \rightarrow Cu_2S_{(тв)} + 2FeSiO_{3(тв)} + 3SiO_{2(тв)}.$$

Полученный сульфид Cu_2S переводят в металлическую медь прокаливанием в печи:

$$Cu_2S_{(тв)} + O_{2(г)} \rightarrow 2Cu_{(тв)} + SO_{2(г)}.$$

Медь очищают электролизом.

Чистая медь – мягкий металл розового цвета. Хорошая теплопроводность электропроводность, устойчивость к коррозии, ковкость – ценные свойства, обуславливающие широкое применение меди в технике. Из меди, обладающей хорошей теплопроводностью, изготавливают кухонную посуду. Высокая электропроводность меди делает ее исключительно превосходным материалом для изготовления электрических проводов и кабелей. Медь устойчива к коррозии и из нее изготавливают детали водяных насосов. Широкое применение нашли сплавы меди: латунь (60-90% Cu и 10-40% Zn), бронза (80% Cu, 15% Sn и 5% Zn), сплав для чеканки монет – мельхиор (80% Cu, 20% Ni), нейзильбер (65% Cu, 20% Zn, 15% Ni).

Медь – малоактивный металл, устойчив к внешним воздействиям, но во влажном воздухе постепенно покрывается зелёным налетом гидроксокарбоната $(CuOH)_2CO_3$.

Химические свойства меди. Медь реагирует с кислородом O_2, серой S, галогенами Hal и кислотами окислителями, со щелочами не реагирует.

Из разбавленных соляной, серной и уксусной кислот медь не вытесняет водород. Азотная кислота окисляет медь и восстанавливается до оксида азота (II):

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$$

или

$$3Cu + 8H^+ + 2NO_3^- = 3Cu^{2+} + 2NO\uparrow + 4H_2O,$$

А концентрированная серная кислота – до двуокиси серы:

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O.$$

Соединения меди.

Оксид меди (I) Cu_2O – красный порошок, образующийся при нагревании меди на воздухе. Соответствующий ей гидроксид меди (I) CuOH не стоек и быстро окисляется, с аммиаком дает комплексный катион $[Cu(NH_3)_2]OH$. Хлорид меди (I) CuCl с соляной кислотой образует хлоридные комплексные анионы ($H[CuCl_2]$ и $H_2[CuCl_3]$).

Оксид меди (II) CuO черного цвета, получается при нагревании меди на воздухе выше 300 °С. Этому амфотерному оксиду соответствует гидроксид меди (II) $Cu(OH)_2$, осаждаемый действием щелочей на соли:

$$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4.$$

Сине-голубой осадок гидроксида меди (II) разлагается при нагревании с выделением черного оксида меди (II):

$$Cu(OH)_2 = CuO + H_2O.$$

Гидроксид меди (II) амфотерен, растворим в кислотах и в избытке щелочей при нагревании (или в концентрированных щелочах без нагревания). Получающиеся куприты щелочных металлов имеют синюю окраску, например:

$$Cu(OH)_2 + 2KOH = K_2[Cu(OH)_4].$$

Действуя на раствор сульфата меди (II) аммиаком, выделяют зеленый осадок гидросульфата меди;

$$2CuSO_4 + 2NH_4OH = (CuOH)_2SO_4\downarrow + (NH_4)_2SO_4.$$

Под действием избытка аммиака образуется комплексное соединение интенсивно синего цвета:

$$(CuOH)_2SO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6NH_4OH = 2[Cu(NH_3)_4]SO_4 + 8H_2O.$$

В комплексных соединениях для меди характерно координационное число 4.

Из соединений меди (III) известен оксид меди (III) Cu_2O_3 (красного цвета).

Медь является микроэлементом. В организмах растений она стимулирует фотосинтез и дыхание, а также углеводный обмен. Микроудобрениями служат отходы от переработки медь содержащих руд, а также соли меди.

У животных соединения меди оказывают влияние на синтез гемоглобина и фосфолипидов.

В больших дозах соединения меди токсичны и используются как пестициды (фунгициды, бактерициды).

Сульфат меди (II), представляющий собой аквакомплекс $[Cu(H2O)4]SO4{\cdot}H2O$, широко применяют как фунгицид. Из него получают медьсодержащие пестициды (хлорокись меди, парижскую зелень и пр.). Смесь раствора сульфата меди с гидроксидом кальция (под названием бордоской жидкости) применяют как средство борьбы с возбудителями болезней винограда и плодовых культур. В ветеринарии сульфат меди известен как прижигающее, рвотное, противоглистное средство.

Гидроксокарбонат меди $(CuOH)_2CO_3$ входит в состав протравителей семян, используется для изготовления зеленых красок.

Цинк. Цинк встречается в природе в виде минералов галмея $ZnCO_3$ и цинковой обманки (сфалерита) ZnS, входит в состав полиметаллических руд. Обычно обогащенную руду обжигают, переводя ее в оксид цинка (II):

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2\uparrow.$$

Из оксида цинк восстанавливают углем (водородом или другими восстановителями):

$$ZnO + C = Zn + CO\uparrow.$$

Далее пары цинка конденсируются в железных и глиняных сосудах. Чистый цинк получают электролизом подкисленного раствора сульфата цинка (или других солей).

Цинк – синевато-белый, пластичный и тягучий металл, но выше температуры 200 °С он становится хрупким. Во влажном воздухе он покрывается защитной пленкой основной соли $ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$. Цинк растворяется в разбавленных растворах:

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

и в щелочах с образованием тетрагидроксоцинкатов:

$$Zn + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Zn(OH)_4] + H_2.$$

При высоких температурах соединяется с галогенами, серой и фосфором, разлагает воду.

Оксид цинка (II) ZnO – рыхлый белый порошок, используемый для изготовления краски цинковых белил. Он также амфотерен, растворяется в кислотах:

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O, \quad ZnO + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2O$$

и в щелочах:

$$ZnO + 2NaOH + H_2O = Na_2[Zn(OH)_4],$$
$$ZnO + 2OH^- + H_2O = [Zn(OH)_4]^{2-}.$$

В технике ZnO – наполнитель каучука, пластмасс, целлюлозы.

Гидроксид цинка $Zn(OH)_2$ получают, действуя щелочами на растворы солей цинка, например:

$$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

или

$$Zn^{2+} + 2OH^- = Zn(OH)_2\downarrow.$$

Это белое аморфное вещество малорастворимо в воде. Гидроксид цинка ведет себя как основание:

$$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O,$$
$$Zn^{2+} + 2H^+ = Zn^{2+} + 2H_2O$$

и как кислота:

$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2[Zn(OH)_4],$$
$$Zn(OH)_2 + 2OH^- = [Zn(OH)_4]^{2-}.$$

В зависимости от концентрации щелочи помимо тетрагидроксоцинкатов могут получаться гексагидроксоцинкаты, например $Ba_2[Zn(OH)_6]$ и т.п.

Гидроксид цинка растворяется также в водном аммиаке с образованием комплексного соединения – гидроксида гексаамминцинка (II):

$$Zn(OH)_2 + 6NH_3 = [Zn(NH_3)_6](OH)_2.$$

Хлорид цинка $ZnCl_2$ используют при паянии (так как он удаляет оксиды с поверхности металлов), применяют в процессах переработки древесины, а также в производстве фибры и пергамента.

Сульфат цинка (цинковый купорос) $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ – основной компонент растворов для электролитического цинкования.

Все соли цинка и сильных кислот гидролизуются в водных растворах, которые приобретают кислую реакцию:

Все соли цинка и сильных кислот гидролизуются в водных растворах, которые приобретают кислую реакцию:

$$2ZnSO_4 + 2H_2O = (ZnOH)_2SO_4 + H_2SO_4$$

или

$$2Zn^{2+} + H_2O = ZnOH^+ + H^+.$$

Сульфид цинка ZnS – малорастворимая в воде соль белого цвета, люминесцирует, используется для изготовления светящихся шкал, циферблатов, рентгеновских экранов.

Цинк – один из сельскохозяйственных микроэлементов. Подкормка цинковыми микроудобрениями устраняет заболевания растений, благоприятствует их росту.

Соли цинка используются в ветеринарии; оксид цинка входит в состав мазей для лечения ожогов и язв. Сульфат и хлорид цинка известны как прижигающие, вяжущие и дезинфицирующие средства.

Большие количества металлического цинка расходуются на изготовление оцинкового железа и сплавов (мельхиора, лтни). Кроме того, цинк применяют при изготовлении цинково-угольных, марганцово-цинковых и воздушно-цинковых гальванических элементов.

Вопросы для контроля

1. Металлы. Физические и химические свойства металлов.
2. Металлы – проводники, полупроводники и диэлектрики.
3. Сплавы. Свойства и типы сплавов.
4. Коррозия металлов и ее виды. Методы защиты от коррозии.
5. Строения молекул неметаллов. Физические и химические свойства неметаллов.
6. Соединения неметаллов.
7. Общие свойства и особенности переходных металлов. Физические и химические свойства.
8. Оксиды и гидроксиды. Основность.
9. Хроматы. Манганаты и перманганаты.
10. Качественные реакции на ионы некоторых металлов.

8. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

8.1. Методы аналитической химии.

Аналитическая химия – наука о методах исследования состава вещества и материалов. Теория и практика химического анализа и есть предмет аналитической химии как науки.

Химический анализ – это получение опытным путем данных о химическом составе вещества. Для анализа используют часть анализируемого вещества, химический состав которого аналогичен составу всего вещества, называемую пробой.

Химический анализ необходим для нормального функционирования агропромышленного комплекса (анализ состава почв, удобрений, кормов, сельскохозяйственной продукции), в биотехнологии, медицинской диагностике, криминалистике. Анализ – главное средство контроля за состоянием окружающей среды. Важным направлением развития аналитической химии является разработка методов анализа объектов окружающей среды, сточных и сбросовых вод, газовых выбросов промышленных предприятий. Аналитический контроль позволяет обнаруживать превышение содержания особо вредных компонентов в сбросах и выбросах, способствует выявлению источников загрязнения окружающей среды.

Можно выделить следующие *этапы анализа*: постановка задачи, выбор схемы и метода анализа, отбор пробы, подготовка пробы к анализу, проведение измерений (измерение аналитического сигнала), обработка результатов измерений. Необходимо различать метод и методику анализа.

Метод анализа – теоретически обоснованный способ анализа вещества.

Методика анализа – подробная схема анализа с использованием выбранного метода.

Теоретическую основу аналитической химии составляют ряд физико-химических законов, такие как закон сохранения массы, закон постоянства состава вещества, периодический закон Д.И. Менделеева, закон действующих масс, закон эквивалентов. Большое значение при изучении аналитической химии имеют знания теории электролитической диссоциации, химического равновесия, процессов комплексообразования, окислительно-восстановительных реакций, гидролиза солей и др.

Аналитическая химия разрабатывает теоретические основы методов исследования химического состава веществ и их практического использования.

По решению поставленных задач различают качественный и количественный анализ.

Задача качественного анализа – идентификация веществ, т.е. обнаружение присутствия элементов (ионов, молекул, функциональных групп, свободных радикалов, фаз), содержащихся в исследуемом веществе или смеси веществ.

*Задача количественного анал*иза – определение количественного содержания и соотношения компонентов в анализируемом веществе или смеси.

Качественный анализ предшествует количественному, так как при анализе неизвестного объекта сначала устанавливают из каких компонентов он состоит, а затем уже соотношения компонентов. Если качественный состав анализируемого объекта известен, то можно сразу приступать к количественному анализу.

Также принято выделять структурный и системный анализ. Структурный анализ определяет порядок расположения атомов и выявляет химическую связь между компонентами вещества. Структуру определяют, имея представления о качественном и ко-

личественном составе вещества. Системный анализ устанавливает взаимодействие молекул и атомов во всем объеме вещества.

По сложности объекта различают элементный, функциональный, молекулярный и фазовый анализ:

– элементный анализ – это установление наличия и количественного содержания химических элементов в веществе, то есть нахождение его элементного состава;

– функциональный анализ – это установление наличия и количественного содержания функциональных групп в молекулах органических соединений;

– молекулярный анализ – это установление наличия и количественного содержания молекул индивидуальных химических соединений в веществе, смесях и материалах;

– фазовый анализ – это анализ вещества на наличие в нём отдельных фаз, различающихся по своим химическим и физическим свойствам и отделенных друг от друга поверхностями раздела.

В зависимости от того, с каким количеством вещества оперируют при выполнении анализа различают макро-, полумикро-, микро- и ультрамикроанализ (табл. 8).

Таблица 8

Виды анализа в аналитической химии

Вид анализа	Масса вещества, г	Объём раствора, мл
Макроанализ (Грамм-метод)	>1	>10
Полумикроанализ (Сантиграмм-метод)	0,1 –1	1 – 10
Микроанализ (Миллиграмм-метод)	0,001 – 10^{-6}	0,1 – 10^{-4}
Ультрамикроанализ (Микрограмм-метод)	10^{-6} – 10^{-9}	10^{-4} – 10^{-6}
Субмикроанализ (Нанограмм-метод)	10^{-9} – 10^{-12}	10^{-7} – 10^{-10}
Субультрамикроанализ (Пикограмм-метод)	$<10^{-12}$	$<10^{-10}$

В основе анализа лежит зависимость доступного регистрации свойства вещества от его состава. Для проведения анализа необходимо, чтобы вещество обладало определенными свойствами, позволяющими обнаружить, определить количественный состав и структуру этого вещества. Такие свойства называются аналитическим сигналом или аналитическим признаком.

Аналитический сигнал – это измеряемое и фиксируемое в ходе анализа свойство объекта.

В зависимости от характера аналитического сигнала методы анализа делятся на группы:

1) химические;

2) физико-химические;

3) физические.

Физические и физико-химические методы часто объединяют под общим названием инструментальные методы анализа, так как измерения проводят с помощью специализированных приборов и аппаратов (инструментов).

Химические методы основаны на использовании химических реакций, в которые вступает анализируемое вещество. Качественным аналитическим сигналом при этом является внешний эффект реакции – изменение окраски раствора, образование или растворение осадка, выделение газообразного продукта. При количественных определениях в качестве аналитического сигнала используют объем выделившегося газообразного продукта, массу образовавшегося осадка и объём раствора реагента с точно известной концентрацией, затраченный на взаимодействие с определяемым веществом.

Физические методы не используют химические реакции, а измеряют какие-либо физические свойства вещества, которые являются функцией его состава. Например, поглощение, испускание или рассеяние электромагнитного излучения (спектральные методы, колориметрия, нефелометрия, турбидиметрия), показатель преломления (рефрактометрия), изменение температуры кипения или замерзания растворов (эбуллиоскопия и криоскопия) и др.

Физико-химические методы, в отличие от физических, основаны на определении изменения физических свойств системы в результате протекания химических реакций. К физико-химическим методам относятся электрохимические (потенциометрия, кондуктометрия, вольтамперометрия), а также хроматографические методы и др.

Некоторые инструментальные методы позволяют одновременно проводить качественный и количественный анализ. Примерами качественного аналитического сигнала в физических и физико-химических методах могут служить длина волны поглощаемого или испускаемого веществом электромагнитного излучения в

спектроскопии, параметры удерживания в хроматографии (время удерживания), а количественным аналитическим сигналом являются интенсивность поглощения или испускания электромагнитного излучения (оптическая плотность), площадь хроматографического пика (пятна), величина диффузионного тока.

Существуют также **биологические методы** анализа, которые используют для анализа биологически активных веществ.

Для современных методов аналитической химии характерно широкое использование цифровых измерительных приборов, компьютеров и математических методов обработки результатов измерений.

8.2. Основные принципы качественного химического анализа.

Качественный химический анализ проводят, используя аналитические реакции, которые осуществляют с помощью аналитических реактивов (реагентов).

Аналитической реакцией называют химическую реакцию, сопровождающуюся аналитическим сигналом (аналитическим признаком) и обладающую низким пределом обнаружения определяемого компонента.

Чувствительность (предел обнаружения) реакции количественно характеризуется двумя показателями – открываемый минимум и предельное разбавление.

Открываемый минимум (m) – это наименьшее количество вещества или иона, которое может быть обнаружено посредством данной реакции при определенных условиях ее выполнения (выражается в мкг).

Предельное разбавление – характеризует наименьшую концентрацию вещества (иона), при которой обнаружение его посредством данной реакции еще возможно (1:g).

Минимальная концентрация показывает при какой минимальной концентрации вещества в растворе при помощи данной реакции еще можно открыть вещество (ион) в определенном объеме (например, в 1 капле раствора).

К условиям выполнения аналитических реакций относят: среду раствора (то есть кислотность или реакцию среды); температуру; концентрацию; отсутствие мешающих веществ и т. д.

Наряду с чувствительностью аналитических реакций большое значение для анализа имеет их специфичность.

Специфической реакцией на данный ион называется такая реакция, которая позволяет обнаружить его в смеси с другими ионами. Например:

$NH_4Cl + KOH \rightarrow NH_3\uparrow + KCl + H_2O$ (запах аммиака или посинение индикаторной бумаги).

Селективные (избирательные) реакции, которые дают одинаковый или сходный эффект с несколькими ионами. Например, хлорид-ионы образуют осадки с Ag^+, Hg_2^{2+}, Pb^{2+}. Чем меньше таких ионов, тем выше селективность. Предельный случай селективности – специфическая реакция (высокоселективная).

Для повышения специфичности аналитических реакций применяют различные способы устранения мешающих ионов. Прежде всего к ним относятся методы устранения мешающих ионов без удаления из раствора (маскировка): изменение кислотности среды (pH), изменение степени окисления мешающих ионов или перевод их в бесцветные, прочные комплексные соединения. В тех случаях, когда невозможно провести маскировку мешающих ионов, их разделяют экстракцией органическим растворителем, чтобы обнаруживаемый и мешающий ион были бы в разных фазах; или осаждением, используя различное отношение катионов к общим реагентам: щелочам, водному раствору.

Вещества могут находиться в разных агрегатных состояниях, поэтому аналитические реакции можно выполнять «сухим» (исследуемое вещество и реагенты берут в твердом состоянии) и «мокрым» способами.

К сухим относят: *метод растирания* – при растирании порошков образуются окрашенные соединения или газообразные вещества; *пирохимические методы (образование окрашенных перлов)* – сплавление образца с бурой $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ в ушке платиновой проволоки над пламенем; *окрашивание пламени* – летучие соли металлов придают пламени определенную окраску; образование металлических корольков.

«Мокрый способ» – аналитическая реакция проводится в растворе.

В качественном анализе имеют дело с водными растворами электролитов (солей, оснований, кислот). В этом случае качественный анализ неорганических объектов сводится к обнаружению катионов и анионов, присутствующих в данном растворе.

В зависимости от задач качественного анализа его проводят *дробным* или *систематическим* методом.

Дробный анализ – это анализ, при котором искомые ионы можно обнаружить, применяя *специфические реакции* в отдельной порции исследуемого раствора, не прибегая к определенной схеме обнаружения ионов (в любой последовательности).

Систематический анализ – определенная последовательность выполнения реакций, при которой каждый ион определяется после того, как будут обнаружены и удалены (или замаскированы) мешающие ионы. При этом применяют не только *реакции обнаружения*, но и *реакции отделения* друг от друга. *Реакции отделения* чаще всего основываются на различной растворимости или летучести веществ.

При систематическом ходе анализа ионы выделяют из сложной смеси небольшими группами, с помощью так называемых *групповых реагентов*. Дальнейшее обнаружение ионов ведут внутри каждой группы, таким образом сложная аналитическая задача разделяется на несколько простых.

В зависимости от применяемых групповых реактивов используется различная классификация анализируемых ионов на так называемые аналитические группы. Например, традиционная классификация катионов на пять аналитических групп связана с классической сульфидной (сероводородной) схемой систематического анализа. Существуют также кислотно-основная классификация, фосфатная и др.

В сельском хозяйстве качественный анализ используется для распознавания минеральных удобрений, контроля загрязненности почвы и сельскохозяйственной продукции остатками химических средств защиты растений, контроля качества кормов в животноводстве и птицеводстве.

8.3. Количественные методы анализа. Гравиметрия.

Количественный анализ – раздел аналитической химии, в задачу которого входит получение информации о содержании химических элементов, ионов, радикалов, функциональных групп,

индивидуальных веществ или фаз в анализируемом объекте; разработка и выбор оптимальных методов получения этой информации.

При количественном анализе измеряют *интенсивность аналитического сигнала*. Интенсивность аналитического сигнала – это численное значение свойства, связанного с содержанием определяемого компонента. Например, масса прокаленного осадка, численное значение оптической плотности раствора, объема раствора затраченного на титрование. Содержание определяемого компонента в пробе выражают в массовых долях, %.

Основные объекты количественного анализа в сельском хозяйстве – это почва, растения, удобрения, химические средства защиты растений, сельскохозяйственные яды, корма, продукция животноводства и растениеводства. Важным приложением количественного анализа является контроль загрязненности экологических объектов.

Методы количественного анализа классифицируют по измеряемым свойствам (масса вещества, объем раствора, интенсивность спектральных линий и др.) и подразделяют на химические, физические и физико-химические.

К химическим методам относят гравиметрический, титриметрический и газоволмометрический анализы.

Химические методы характеризуются высокой точностью, однако их чувствительность не всегда достаточна, а процедура определения довольно длительна и трудоемка (особенно в гравиметрии), область применения ограничена.

Поэтому в настоящее время основное внимание уделяется разработке новых, более чувствительных и быстрых методов анализа, и наиболее перспективны в этом отношении физико-химические и физические методы.

Гравиметрический анализ основан на законе сохранения массы и постоянства состава вещества, заключается в выделении вещества в чистом виде и взвешивании. Определяемый компонент выделяют в виде малорастворимого или летучего вещества. Аналитический сигнал гравиметрии – масса. Погрешность определений 0,1-0,2%. Гравиметрический анализ – абсолютный (безэталонный) метод. Это позволяет использовать гравиметрию как надежный независимый метод для апробации новых методов анализа, а также в арбитражных целях.

Химический состав вещества, по результатам взвешивания которого вычисляется масса определяемого компонента, называется *гравиметрической формой*.

Гравиметрический анализ можно разделить на три группы методов: методы выделения, отгонки и осаждения.

В *методах отгонки* определяемую составную часть исследуемого объекта отгоняют в виде летучего соединения. Модификации метода отгонки:

1) определяемое вещество отгоняют из смеси, и образовавшийся отгон взвешивают;

2) определяемое вещество отгоняют, поглощают каким-либо поглотителем (раствором реактива, адсорбентом) и взвешивают поглотитель, по прибавке в массе определяют количество отгона;

3) определяемое вещество отгоняют из точной навески, после окончания отгонки навеску снова взвешивают и по разнице в массе определяют количество отгона.

Гравиметрической формой является отгоняемое летучее соединение или остаток после удаления летучих компонентов из анализируемого образца.

Методом отгонки часто определяют влажность веществ, которую рассчитывают по разнице массы после высушивания навески вещества до постоянной массы.

Методы отгонки не являются универсальными и могут применяться тогда, когда проба содержит летучий компонент или когда определяемый компонент при той или иной реакции может превращаться в летучее вещество.

Метод выделения основан на выделении определяемого компонента из анализируемого вещества и точном взвешивании его. Пример: выделение золы из твердого топлива. К методам относят электрогравиметрические методы (используют электроосаждение на электроде, который затем взвешивают); термогравиметрические методы (регистрируют изменения массы образца при его нагревании).

Метод осаждения основан на количественном осаждении определяемого иона в виде малорастворимого соединения определенного химического состава. Осадок отделяют, промывают, высушивают (или прокаливают) и взвешивают. По массе осадка и его формуле рассчитывают содержание определенного элемента в % по массе.

Многие осадки при прокаливании изменяют свой состав, поэтому различают осаждаемую и весовую (гравиметрическую) формы.

Осаждаемой формой (или формой осаждения) называют малорастворимое вещество, в составе которого определяемый компонент осаждается из раствора (химический состав осадка). Например: $Fe(OH)_3$, $CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$, $BaSO_4$.

Весовой (гравиметрической) формой в методе осаждения называют соединение, которое взвешивают для получения окончательного результата анализа (химический состав прокаленного осадка). Например: Fe_2O_3, CaO, $BaSO_4$.

Химический анализ чаще всего начинают с *отбора пробы*. Приемы и порядок отбора пробы и ее подготовки для проведения анализа обычно предписывается Государственным стандартом (ГОСТ). Общий принцип отбора – средняя проба должна быть составлена из большого числа мелких порций, взятых в разных местах анализируемого объекта.

Первичная проба еще непригодна для анализа, так как слишком велика и неоднородна. Измельчая, перемешивая и сокращая ее, получат однородный материал (лабораторную пробу), из которого берут навеску.

Выбор величины навески. Масса вещества, необходимая для выполнения анализа называется навеской. При выборе навески исходят из удобства работы с осадками и практической целесообразности. Аналитической практикой установлено, что наиболее удобны в работе кристаллические осадки с массой 0,5 г и объемные аморфные осадки с массой 0,1-0,3 г.

Величину навески можно рассчитать по формуле:

$$m_H = \frac{aM_1 \cdot m_{\text{грав}}}{bM_2},$$

где $m_{\text{грав}}$ – рекомендуемая масса гравиметрической формы, г;

M_1 – молярная масса анализируемого вещества, г/моль;

M_2 – молярная масса гравиметрической формы, г/моль;

a, b – числа, необходимые для уравнивания числа молей определяемого компонента в числителе и знаменателе.

Растворение навески. После взятия навески ее растворяют. Предварительно подбирают растворитель. Для растворения используют дистиллированную воду, кислоты и другие жидкости. Растворение проводят в химическом стакане, который необходимо

подобрать таким образом, чтобы после добавления реагентов он был заполнен не более чем на две трети. Растворитель приливают постепенно, по стеклянной палочке. Можно использовать водяную баню для ускорения процесса растворения.

Осаждение. Необходимо правильно выбрать осадитель, рассчитать его объем, соблюсти определенные условия осаждения, убедиться в полноте осаждения.

Требование к осаждению:

1) Малая растворимость. Произведение растворимости $ПР \leq 10^{-8}$.

2) Структура осадка должна отвечать условиям фильтрования и позволять отмывку осадков с достаточной скоростью. Мелкокристаллические осадки могут пройти через поры фильтра. Наиболее удобны крупнокристаллические осадки, т.к. они не забивают поры фильтра, имеют слабо развитую поверхность, мало адсорбируют посторонние ионы и легко отмываются от них. Аморфные осадки, например, многие гидроксиды имеют сильно развитую поверхность, адсорбируют посторонние вещества из раствора и трудно от них отмываются.

3) Важно, чтобы осаждаемая форма легко переходила в весовую.

Осаждаемая и весовая формы должны быть химически инертными, чтобы не приводить к количественным ошибкам.

Расчет объема осадителя. Используют полуторный избыток осадителя.

Добавив весь раствор осадителя, необходимо проконтролировать полноту осаждения, прибавляя к отстоявшемуся прозрачному раствору над осадком несколько капель раствора осадителя.

Фильтрование. Фильтрование – это отделение жидкости от находящихся в ней твердых нерастворимых веществ, т.е. процеживание жидкости через мелкопористые материалы – фильтры.

Для фильтрования предназначены стеклянные воронки с бумажными фильтрами. В гравиметрии применяют беззольные фильтры различной плотности. В Российской Федерации плотность фильтровальной бумаги традиционно маркируется цветом ленты, которой обернута упаковка фильтров.

Черная (красная) лента – наименее плотные фильтры для отделения аморфных осадков. *Белая лента* – фильтры средней плот-

ности, для отделения большинства кристаллических осадков. *Синяя лента* – фильтры мелкопористые, наиболее плотные, для отделения мелкокристаллических осадков.

Как только основная часть раствора будет отфильтрована, начинают промывать осадок, используя прием – декантацию, т.е. добавив промывную жидкость к осадку, перемешивают его палочкой, отстоявшуюся жидкость сливают по палочке на фильтр. Эту операцию повторяют несколько раз. Затем переносят осадок на фильтр.

Для полноты переноса осадка на фильтр обмывают сосуд, в котором проводилось осаждение, промывной жидкостью с помощью промывалки. Затем осадок промывают на фильтре для удаления растворимых примесей.

Промывать дистиллированной водой допустимо лишь в тех редких случаях, когда растворимость осадка очень мала. Обычно в качестве промывной жидкости используют насыщенный раствор осаждаемой формы или раствор электролита с общим для осаждаемого иона противоионом.

Кроме бумажных фильтров используют стеклянные фильтрующие тигли и воронки или фарфоровую воронку Бюхнера.

Высушивание и прокаливание осадка. Предварительно готовят тигель, его тщательно промывают, высушивают и прокаливают 15 минут в муфельной печи при температуре около 800°С, вынимают, дают остыть и переносят в эксикатор для охлаждения и взвешивания. Операцию повторяют до получения постоянной массы тигля, пока результаты двух последующих взвешиваний будут отличаться друг от друга не более чем на 0,0002 г (доведение до постоянной массы).

Осадок высушивают при температуре, затем фильтр складывают и помещают в тигель, предварительно доведенный до постоянной массы, прокаливают в течение 20-30 минут. Остужают, ставят в эксикатор, после принятия комнатной температуры взвешивают. Прокаливание и взвешивание повторяют до получения постоянной массы тигля.

Требования к гравиметрической форме: стехиометричность состава; устойчивость и отсутствие взаимодействия с окружающей средой; малое значение гравиметрического фактора.

Содержание определяемого компонента в весовой форме должно быть, как можно меньшим, тогда погрешности определения меньше скажутся на окончательном результате анализа.

Вычисление результатов. Для вычислений в гравиметрии используют факторы пересчета (аналитический или гравиметрический фактор).

Фактор пересчета показывает, сколько граммов определяемого вещества содержит 1 грамм осадка:

$$F = \frac{aM(X)}{bM_2},$$

где $M(X)$ – молярная масса определяемого компонента, г/моль;

M_2 – молярная масса гравиметрической формы;

a, b – числа, необходимые для уравнивания числа молей определяемого компонента в числителе и знаменателе.

Результаты гравиметрических определений выражаю в массовых долях:

$$\omega(X) = \frac{m_{\text{грав}}F}{m_H},$$

где $m_{\text{грав}}$– масса гравиметрической формы, г;

F – фактор пересчета;

m_H – масса навески исследуемого вещества.

Гравиметрический анализ используют для определения содержания фосфора в фосфоритах, апатитах, фосфорных удобрениях, почвах, кормах; кальция и магния в известняках, доломитах и силикатах; гигроскопическую воду в почве, удобрениях, растительном материале; содержание сухого вещества в плодах и овощах, клетчатки; «сырой» золы в растительном материале и т.д.

1. Чем руководствуются при выборе фильтра.
2. Основные причины загрязнения осадка. Декантация. Цель промывания осадка.
3. Формулы для расчёта результатов в различных методах гравиметрического анализа.

8.4. Титриметрический анализ. Основные понятия титриметрии. Расчеты в титриметрии.

Титриметрический анализ – метод определения количества вещества путем точного измерения объема растворов веществ, вступающих между собой в реакцию.

Раствор, титр которого известен, называется титрованным. В титриметрическом анализе эти растворы называют титрантами.

Титрование – процесс постепенного контролируемого добавления к исследуемому раствору или его аликвотной части эквивалентного количества титрованного раствора (рис. 50).

Титранты приливают с помощью бюретки.

Титруемый раствор – раствор, к которому приливают титрант.

Главная задача титриметрического анализа – используя раствор с точно известной концентрацией (титрант), правильно определить точку эквивалентности.

Точка эквивалентности (*ТЭ*) – момент титрования, когда достигнуто эквивалентное соотношение реагирующих веществ (то есть вещества прореагировали в количествах соответственно уравнению реакции). На практике в процессе титрования фиксируют конечную точку титрования (*КТТ*). *КТТ* в принципе не совпадает с *ТЭ* вследствие наличия погрешностей в анализе.

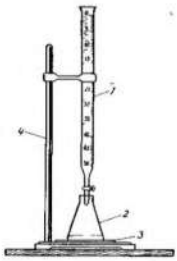


Рис. 50. Простейшая титровальная установка:
1 – бюретка с титрованным раствором, 2 – коническая колба для титрования с анализируемым раствором, 3 – подставка с белым экраном, 4 – штатив

Способы фиксирования КТТ:

1) Самоиндикация: точка эквивалентности достигается точным добавлением окрашенного титрованного раствора. В этом случае сам титрант играет роль индикатора.

2) Использование специальных индикаторов.

3) Физико-химические способы применяются в случаях, когда отсутствует подходящий индикатор. В последнее время они находят все более широкое применение, так как некоторые из них можно полностью автоматизировать.

Индикаторами называются системы, изменяющиеся с изменением концентрации тех или иных ионов в растворе.

Виды индикаторов, используемые в титриметрии:

Кислотно-основные изменяют цвет с изменением pH раствора (лакмус, фенолфталеин, метилоранж).

Комплексообразующие образуют с катионами металлов окрашенные комплексные соединения (хромоген, мурексид).

Окислительно-восстановительные индикаторы (редоксиндикаторы) реагируют на изменение окислительно-восстановительного потенциала системы (дифениламин, ферроин).

Осадительные образуют малорастворимые соединения (K_2CrO_4, $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$).

Адсорбционные индикаторы. Возникновение окраски связано с адсорбцией ионов этих индикаторов частицами осадка. Краситель эозин, флуоресцин, крахмал.

Особенность индикаторов состоит в том, что свойства этих соединений должны совпадать со свойствами контролируемой системы. Индикаторы характеризуются:

Интервалом перехода окраски – пределы концентраций ионов водорода, металла или вещества, изменение окислительно-восстановительного потенциала системы, при которых происходит изменение окраски индикатора, улавливаемое человеческим глазом;

Показателем титрования – значение концентрации ионов водорода, металла или вещества, изменение окислительно-восстановительного потенциала системы, при которых происходит наиболее резкое изменение окраски индикатора.

Требования к аналитической реакции в титриметрии:

1) Реакция должна быть стехиометричной (протекать строго по уравнению).

2) Протекать количественно, до конца, т.е. константа равновесия реакции должна быть достаточна велика.

3) Реакция должна протекать быстро, чтобы в любой момент титрования состояние равновесия наступило практически мгновенно.

4) Взаимодействие титранта с анализируемым веществом должно быть специфичным. Реакция не должна осложняться побочными реакциями, обусловленными свойствами вспомогательных веществ и внешними условиями.

5) Должна быть возможность чёткого и точного фиксирования конца титрования.

Титриметрические методы широко применяются в практике химического анализа, поскольку обладают рядом несомненных достоинств: чувствительны, точны, воспроизводимы, просты, доступны, экспрессны, разнообразны, многовариантны: по числу титрантов, индикаторов, вариантов титрования. Большинство методов безвредны, экономичны, избирательны. К числу недостатков следует отнести неустойчивость некоторых титрованных растворов, токсичность (соли ртути), дефицитность и большую стоимость реагентов (соли серебра).

Классификация титриметрических методов.

I. По типу протекающих при титровании химических реакций:

1) Кислотно-основное титрование (протолитометрия, метод нейтрализации) основано на реакциях образования воды, слабых кислот или слабых оснований:

$$H_3O^+ + OH \rightarrow 2H_2O.$$

2) Окислительно-восстановительное титрование (редоксметрия) – основано на реакциях образования малорастворимых соединений:

$$OK_1 + BOC_2 \rightarrow OK_2 + BOC_1.$$

3) Осадительное титрование (седиметрия, метод осаждения) – основано на реакциях окисления-восстановления:

$$mK^{n+} + nA^m \rightarrow K_mA_n\downarrow.$$

4) Комплексометрическое титрование (комплексиметрия) – основано на реакциях комплексообразования:

$$M^{m+} + nL \rightarrow [ML_n]^{mn}$$

II. По приемам (вариантам) титрования:

1) *Прямое титрование* – титрования заключается в непосредственном титровании определяемого вещества А рабочим раствором В (титрант):

$$A + B \rightarrow C + D.$$

2) *Обратное титрование* (титрование остатка) – реактив В (титрант 1) прибавляют к исследуемому раствору А в точно измеренном избыточном количестве:

$$A + B_{(избыток)} \rightarrow C + D.$$

Затем остаток вещества B титруют каким-либо другим реактивом E (титрант 2):

$$B_{(остаток)} + E \rightarrow F + G.$$

3) *Заместительное титрование* (титрования заместителя) основано на реакции замещения:

$$A + BC \rightarrow AB + C.$$

Затем C титруют любым другим рабочим раствором.

4) *Реверсивное титрование* – титрование известного объёма титранта раствором анализируемого вещества.

III. По способу титрования:

1) *Способ пипетирования* – титрование титрантом отдельных частей (аликвота) раствора анализируемого вещества, приготовленного из точной навески его в мерной колбе.

2) *Способ отдельных навесок* – титрование титрантом нескольких близких по массе точных навесок анализируемого вещества.

В зависимости от способа приготовления титрованные растворы делятся:

- на стандартные (приготовленные);
- стандартизированные (установленные).

Стандартные растворы (или первичные стандарты) – это рабочие растворы, точная концентрация которых известна или рассчитывается без дополнительных измерений.

К исходным веществам для приготовления стандартных титрованных растворов предъявляются определённые требования: вещество должно быть химически чистым; состав его должен строго соответствовать химической формуле; вещество должно быть устойчиво при хранении в твердом виде и в растворах; молярная масса эквивалента должна быть достаточно большой.

Некоторые вещества не могут быть точно взвешены, так как поглощают влагу из воздуха, или летучи, или являются газами при обычных условиях (например, HCl) или изменяются при хранении. В этих случаях можно приготовить раствор приблизительно нужной концентрации, а затем определить точную концентрацию полученного раствора путем анализа. Такие растворы называются *стандартизованными (установленными)*, поскольку их точная концентрация устанавливается путем стандартизации.

Стандартизированные растворы (или вторичные стандарты) – это рабочие растворы, точная концентрация которых устанавливается по другим стандартным растворам.

Процедура титрования с целью установления концентрации рабочего раствора называется *стандартизацией*.

Вторичные стандарты менее точны, чем первичные, так как их концентрация содержит погрешность титрования.

Для приготовления стандартных растворов часто используют так называемые фиксаналы (или стандарт-титры). Они представляют собой запаянные стеклянные ампулы, содержащие точное количество реактива для приготовления 1 л 0,1 н или 0,01 н раствора.

В таблице 9 представлены способы приготовления титрованных растворов.

Последовательность расчетов в титриметрическом анализе:

1) составляют уравнение реакции, проходящей во время анализа;

2) вычисляют молярные массы эквивалентов веществ, участвующих в реакции;

3) составив пропорцию, или с помощью специальных формул производят вычисления содержания определяемого компонента в образце.

Таблица 9

Способы приготовления титрованных растворов

Приготовление	Стандартные растворы (приготовленные) первичные стандарты	Стандартизированные растворы (установленные) вторичные стандарты
	По точной навеске	По приблизительной навеске
Расчет навески вещества	$m_{(н)} = C_э \cdot M_э \cdot V_{(р-ра)}$ $m_{(н)} = T \cdot V_{(р-ра)}$	$m_{(н)} = C_э \cdot M_э \cdot V_{(р-ра)}$ $m_{(н)} = T \cdot V_{(р-ра)}$
Взвешивание навески	На аналитических весах	На технических весах
Расчет титра	$T = \frac{m_{(н)}}{V_{(р-ра)}}$ Масса исходного вещества, содержащегося в 1 мл раствора	$C_{э1} = \frac{C_{э2} \cdot V_2}{V_1}; T = \frac{C_{э1} \cdot M_э}{1000}$ Масса определяемого вещества, соответствующая 1 мл титрованного раствора
Примеры	$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, Na_2CO_3, $KBrO_3$ $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, $Na_2C_2O_4$, C_6H_5COOH, NaCl, $K_2Cr_2O_7$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$,	H_2SO_4, HCl, NaOH, KOH, I_2, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, $KMnO_4$, $NaNO_2$, $AgNO_3$, NH_4SCN, $Hg(NO_3)_2$, $Na_2[H_2Эdta] \cdot 2H_2O$

Методика приготовления	Точную навеску вещества, рассчитанную для приготовления раствора заданной концентрации, количественно переносят в мерную колбу определённой вместимости и растворяют в небольшом количестве дистиллированной воды. Затем объём раствора доводят дистиллированной водой до метки, закрывают пробкой и перемешивают.	Приблизительную навеску вещества, рассчитанную для приготовления раствора определённой концентрации, переносят в сосуд, предварительно откалиброванный на необходимый объём и растворяют в небольшом количестве воды дистиллированной (при необходимости нагревают). После охлаждения объём раствора доводят водой очищенной до метки и перемешивают.

В основу всех расчетов концентраций положен закон эквивалентов, согласно которому с одним эквивалентом вещества X взаимодействует один эквивалент реактива B.

Вещества реагируют между собой в эквивалентных количествах:

$$n_{Э1} = n_{Э2},$$

$$C_{Э1} \cdot V_1 = C_{Э2} \cdot V_2,$$

где $n_{Э1}$ – количество эквивалентов, моль-э;

$$n_{Э1} = C_{Э1} \cdot V_1;$$

$C_{Э1}$ – молярная концентрация эквивалента вещества 1, моль-э/л;

$C_{Э2}$ – молярная концентрация эквивалента вещества 2, моль-э/л;

V_1 – объем раствора вещества 1, мл;

V_2 – объем раствора вещества 2, мл.

Если определяемое вещество X реагирует с титрантом B по уравнению:

$$aX + bB = \text{продукты реакции},$$

то из этого уравнения следует, что одна частица X эквивалентна b/a частицам вещества B.

Расчеты результатов анализа при использовании способа пипетирования. При таком способе титрования навеску анализируемого вещества растворяют в мерной колбе, доводят объем водой до метки, перемешивают.

Для титрования отбирают часть раствора (аликвоту) пипеткой и переносят ее в колбу для титрования. Титрование повторяют не менее 3-х раз. Рассчитывают:

1) средний объем титранта $V_{ср}$:

$$V_{ср} = \frac{V_1+V_2+V_3}{3};$$

2) молярную концентрацию эквивалента анализируемого раствора $C_Э(X)$:

$$C_Э(X) = \frac{C_Э(T)\cdot V_{ср}}{V_a},$$

где $C_Э(T)$ – молярная концентрация титранта, моль-э/л;

$V_{ср}$ – средний объем титранта, мл;

V_a – аликвотный объем анализируемого раствора, мл.

3) $m(X)$ – массу определяемого компонента (Х) в объеме мерной колбы V_K:

$$m(X) = C_Э(X) \cdot M_Э(X) \cdot V_К.$$

Если применяли *обратное титрование*, массу определяемого компонента (Х) в объеме мерной колбы рассчитывают по формуле:

$$m(X) = \frac{(C_{Э1}V_1 - C_{Э2}V_2)\cdot M_Э(X)}{1000} \cdot \frac{V_K}{V_a},$$

где $C_{Э1}$ – нормальная концентрация титранта 1 (В), моль-э/л;

$C_{Э2}$ – нормальная концентрация титранта 2 (Е), моль-э/л;

V_1– точно отмеренный избыточный объем титранта 1, мл;

V_2 – средней объем титранта 2, мл;

V_K – объем мерной колбы, мл;

V_a – аликвотный объем анализируемого раствора, мл;

$M_Э(X)$ – молярная масса эквивалента определяемого компонента вещества *(X)*.

Расчеты при использовании способа отдельных навесок. Навеску анализируемого вещества растворяют в колбе для титрования в произвольном объеме воды. И весь раствор титруют рабочим раствором. Для получения средних результатов обычно берут три отдельные навески, растворяют и титруют каждую.

При расчетах такого типа исходят из закона эквивалентности:

$$C_Э(X) \cdot V_a = C_Э(T) \cdot V(T),$$
$$m(X) = C_Э(X) \cdot V(X)_{(л)} \cdot M_Э(X),$$
$$m(X) = C_Э(T) \cdot V(T)_{(л)} \cdot M_Э(X),$$

где $C_Э(T)$ ·– молярная концентрация титранта, моль-э/л;

V(T) – объем титранта;

$M_Э(X)$ – молярная масса эквивалента определяемого компонента.

Если определение вели методом титрования остатка

$$m(X) = \frac{(C_{Э1}V_1 - C_{Э2}V_2) \cdot M_Э(X)}{1000},$$

где $C_{Э1}$ – нормальная концентрация титранта 1 (В), моль-э/л;

$C_{Э2}$ – нормальная концентрация титранта 2 (Е), моль-э/л;

V_1 – точно отмеренный избыточный объем титранта 1, мл;

V_2 – объем титранта 2, мл;

$M_Э(X)$ – молярная масса эквивалента определяемого компонента вещества (X).

Вычисление результатов при выражении концентрации раствора через титр по определяемому веществу. Этот способ используется при массовых определениях одного и того же компонента в большом количестве проб.

Титр по определяемому веществу

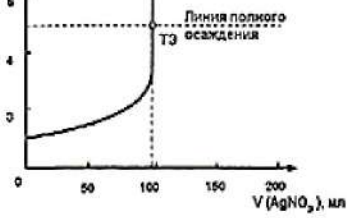
$$T_{\text{титранта/X}} = \frac{C_{Э(\text{титранта})} \cdot M_{Э(X)}}{1000}.$$

Масса вещества m_X, если известен титр титранта по определяемому веществу:

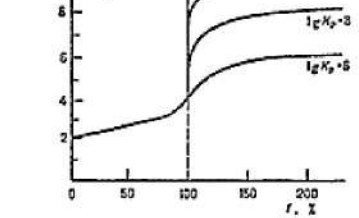
$$m_X = T_{\text{титранта/x}} \cdot V_{\text{титранта}}.$$

Кривые титрования. Кривая титрования – это графическая зависимость свойства анализируемого раствора от количества добавленного титранта.

Измеряемое физическое свойство титруемого раствора должно быть однозначно связано с содержанием в нем определяемого компонента. Например, это может быть концентрация ионов титруемого компонента или титранта, pH, оптическая плотность раствора и др. В титриметрии строят логарифмические кривые в координатах «логарифм свойства – объем титранта» (рис. 51).



а)



б)

Рис. 51. Примеры кривых титрования методами:
а) осаждения, б) комплексонометрии

Скачок титрования – это резкое изменение свойства анализируемого раствора вблизи точки эквивалентности. Началом скачка титрования считают момент добавления 99,9% титранта (т.е. недотитровано 0,1% анализируемого вещества), концом скачка – добавление 100,1% (т. е. вещество перетитровано на 0,1%).

Правило выбора индикатора – интервал перехода окраски индикатора должен полностью или частично укладываться в пределы скачка титрования.

8.5. Краткая характеристика методов нейтрализации, комплексонометрии, редоксиметрии. Выбор индикаторов с помощью кривых титрования.

Метод нейтрализации (кислотно-основное титрование). В кислотно-основном титровании применяют два основных метода (табл. 10).

Таблица 10

Сравнительная характеристика методов нейтрализации

Порядок титрования	Алкалиметрия «от кислоты к щелочи»	Ацидиметрия «от щелочи к кислоте»
Тип титранта	Основание	Кислота
Рабочие растворы	Сильных оснований ($NaOH$, KOH, $Ba(OH)_2$ и др.) от 0,05 до 1,0 н	Сильных кислот (HCl, H_2SO_4, HNO_3 и др.) от 0,05 до 1,0 н
	Стандартизированные. Вторичные стандарты	
	Готовят растворы приблизительно нужной концентрации, а точный титр и молярную концентрацию эквивалента устанавливают по раствору первичных стандартов	
Устойчивость титрантов при хранении	Растворы щелочей тоже устойчивы, однако способны поглощать углекислый газ из воздуха, а при длительном хранении взаимодействуют со стеклом. Хранят растворы щелочей в парафинированной или пластиковой посуде без доступа воз-	Растворы кислот устойчивы и могут храниться без изменения концентрации сколь угодно долго

	духа	
Первичные стандарты	Щавелевая кислота $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ Янтарная кислота Бензойная кислота C_6H_5COOH	Тетраборат натрия (бура) $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ Карбонат натрия Na_2CO_3
Объекты анализа	Кислоты, кислые соли, соли образованные слабыми основаниями и сильными кислотами	Основания растворимые, соли образованные щелочами и слабыми кислотами
Индикаторы	фенолфталеин	метилоранж

Метод нейтрализации основан на реакции, протекающей между ионами H_3O^+ (H^+) и OH^- с образованием молекул малодиссоциирующего вещества – воды. Основное уравнение метода:

$$H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$$

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O.$$

Объекты определения – кислоты и основания, соли с выраженной способностью к гидролизу (Na_2CO_3, $NaHCO_3$, NH_4Cl и др.).

Теории индикаторов.

1) Ионная теория индикаторов Оствальда (1894 г.) основана на теории электролитической диссоциации.

Кислотно-основные индикаторы – это слабые органические кислоты, основания и амфотерные соединения, у которых цвет недиссоциированных молекул и ионов имеет различную окраску.

Индикаторы-кислоты диссоциируют по уравнению

$$HInd + H_2O = H_3O^+ + Ind^-,$$

Если, например, индикатором является лакмус, то его недиссоциированная молекула имеет красную окраску, аниона же – синюю. При нейтральной реакции число молекул и ионов будет одинаковым, и окраска будет фиолетовой.

Индикаторы-основания диссоциируют по уравнению

$$IndOH = Ind^+ + OH^-.$$

Окраска индикаторов зависит не только от диссоциации молекул индикатора, но и от их структуры и наличия в них хромофорных и ауксохромных группировок.

Согласно хромофорной теории молекулы кислотно-основных индикаторов содержат хромофоры – особые группы атомов с сопряженными двойными связями и неподеленными электронными парами, способными обратимо изменять свою структуру при изменении pH среды.

Окраска может также определяться наличием других группировок – ауксохромов, которые сами по себе не сообщают какую-либо окраску индикатору, но способны усиливать действие хромофоров, повышая интенсивность окраски. Ауксохромами являются группы –OH, $–NH_2$, $–OCH_3$, $–N(CH_3)_2$ и др.

Выбор индикатора, кривые титрования. Прежде чем приступить к титрованию, необходимо рассчитать величину pH, при которой следует закончить процесс титрования. Определяя значение pH в точке эквивалентности, и зная pH изменения окраски индикатора, подбирают соответствующий индикатор метода нейтрализации.

Титрант в процессе титрования добавляют до отчетливого изменения окраски индикатора. Этому моменту соответствует определенное значение pH, лежащее внутри области перехода индикатора, оно называется *показателем титрования индикатра.*

Для каждого случая титрования пригодны только те индикаторы, показатели титрования которых входят *в пределы скачка pH на кривой.*

Кривые титрования в методе нейтрализации – это зависимости pH титруемого раствора от объема добавленного титранта или степени оттитрованности.

Титрование сильной кислоты сильным основанием.

На кривой можно наблюдать два пологих участка изменения pH и резкий скачок значений pH от 4 до 10. Точка эквивалентности совпадает с точкой нейтральности (pH=7) (рис. 52).

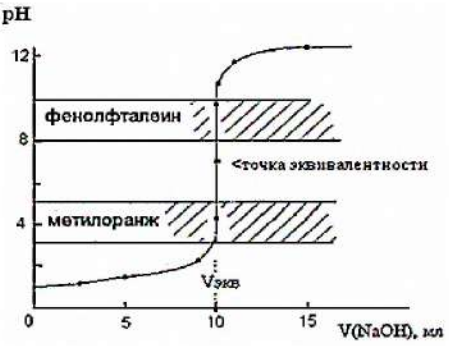


Рис. 52. Кривая титрованя сильной кислоты сильным основанием

При титровании сильной кислоты сильным основанием пригоден любой из важнейших индикаторов метода нейтрализации (фенолфталеин (pT=9), метиловый красный (pT=5,5), метиловый оранжевый (pT=4).

Титрование слабой кислоты сильным основанием.

Интервал скачка pH значительно сужается и простирается от 7,8 до 10. Точка эквивалентности не совпадает точкой нейтральности и лежит в щелочной области при pH=8,9.

Для титрования слабой кислоты сильным основанием походит фенолфталеин (pT=9) (рис. 53).

Данный случай титрования имеет наибольшее применение в биологии и сельском хозяйстве, так как вытяжки из почвы, растительного и животного материала содержит слабые органические кислоты.

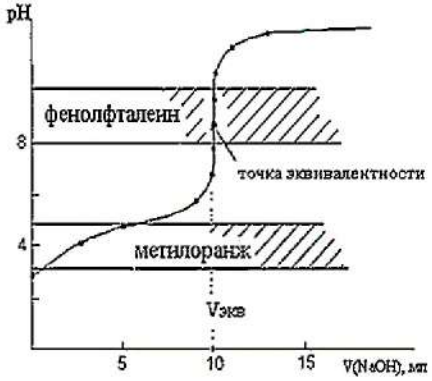


Рис. 53. Кривая титрования слабой кислоты сильным основанием

Титрование слабого основания сильной кислотой. Рассмотрим титрование гидроксида аммония соляной кислотой. Образующийся в результате титрования хлорид аммония гидролизуется с образованием избытка ионов водорода. Поэтому точка эквивалентности находится в кислотной области. Пределы скачка сужаются и простираются от pH 4 до pH 6,2. Точка эквивалентности лежит при pH=5,1 (рис. 54).

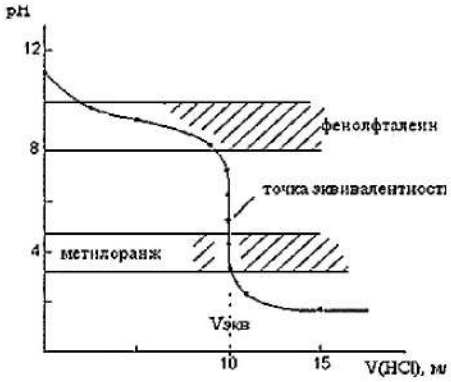


Рис. 54. Кривая титрования слабого основания сильной кислотой

В этом случае для титрования пригодны индикаторы метиловый оранжевый (pT=4) и метиловый красный (pT=5,5), показатели титрования которых лежат в области скачка.

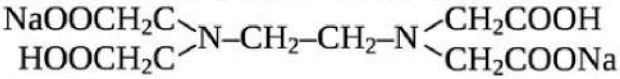
Нейтрализация слабой кислоты слабым основанием. Если попытаться титровать слабую кислоту слабым основанием, то сужение скачка происходит и в кислотной и в щелочной областях pH. Интервал скачка pH на кривой отсутствует, поэтому невозможео резкое изменение окраски индикатора. Титрование слабой кислотой слабого основания невозможно.

Титрование многоосновных кислот (и многокислотных оснований). Кривые имеют несколько перегибов, отвечающих разным ступеням диссоциации.

Комплексонометрия. Комплексометрическим (хелатометрическим) титрованием или комплексометрией называется титриметрический метод, основанный на аналитическом использовании реакций комплексообразования ионов металла со специальными реагентами, которые называют комплексонами. Комплексоны являются полидентатными лигандами, которые образуют со многими катионами (Ca^{2+}, Ba^{2+}, Sr^{2+}, Mg^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Bi^{3+}, Al^{3+}, Zn^{2+}, Fe^{3+}, Ni^{2+} и др.) очень прочные, хорошо растворимые в воде, бесцветные внутрикомплексные (хелатные) соединения. Внутрикомплексные соли образуются всегда в тех случаях, когда катионы металла – комплексообразователя замещают активные атомы водорода функциональных групп органического соединения, а также

с определенными его группами образуют координационные (донорно-акцепторные) связи.

В аналитической химии наиболее часто применяется комплексон III или трилон Б – это динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты или диаммин-тетраацетат натрия.



Его обозначают: трилон Б, ЭДТА или Na_2 [H_2Edta] или Na_2 [$C_{10}H_{14}N_2O_8$]·H_2O.

Комплексметрическое титрование рабочим раствором (титрантом) которого служит комплексон III или трилон Б часто называют трилонометрией или комплексонометрией.

Химизм:

$$Me^{2+} + H_2R \rightarrow MeR + 2H^+$$

$$Na_2\,[H_2Edta] + MeR \rightarrow Na_2\,[MeEdta] + H_2R\ (2H^+ + R^-),$$

Трилон Б рассматривают как двухосновную кислоту. Поэтому в аналитической практике для трилона Б и иона металла следует принимать фактор эквивалентности f экв. = ½.

Установочным веществом метода трилонометрии служит стандартный раствор сульфата магния, приготовленный из фиксанала или по точно взятой навеске $MgSO4 \cdot 7H_2O$.

Методом трилонометрии определяют вещества, содержащие ионы двух и трехвалентных металлов. Например, цинка сульфат, цинка оксид, кальция хлорид, магния оксид, кальция лактат, кальция глюконат и др.

Точку эквивалентности при хелатометрическом титровании определяют несколькими способами.

1) С помощью кислотно-основных индикаторов – так как в результате реакции выделяются ионы водорода H^+.

2) Физико-химическими методами.

3) Используют специфические, реагирующие только с определяемым ионом (например, железо (III) титруют ЭДТА при pH=2 в присутствии роданидов или салицилатов, дающих с Fe^{3+} окрашенные продукты, хотя свободные индикаторы не имеют окраски).

4) Используют металл-индикаторы (металлохромные) – индикаторы-комплексообразователи, т.е. органические красители, об-

разующие с катионами окрашенные комплексные соединения. При этом сам индикатор (анионы) имеет другую окраску.

В настоящее время для хелатометрического титрования используют индикаторы:

– хромоген черный специальный ЕТ-00 ($C_{20}H_{13}0_7N_3S$) или эриохром черный Т – относится к азокрасителям;

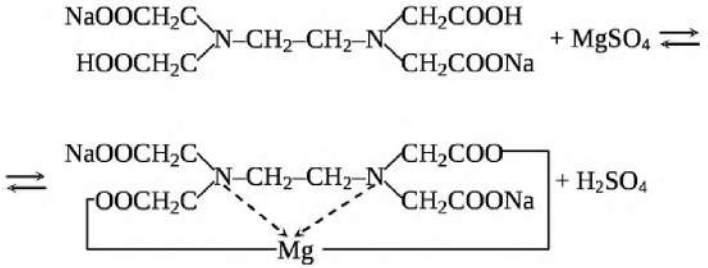
– мурексид ($C_8H_6N_6O_6$) – аммонийная соль пурпурной кислоты.

Металл-индикаторы образуют с катионами металлов окрашенные комплексы: хромоген черный – винно-красный, мурексид красного цвета:

	Хромоген черный				Мурексид		
Me^{2+}	$+ HInd^{2-}$	$= MeInd$	$+H^+$	Me^{2+}	$+ Ind^-$	$= MeInd^+$
	синий	винно-красный			сине-фиолетовый	красный

При титровании комплексоном III эти комплексы разрушаются: ионы металла связываются комплексоном в более прочные (менее диссоциирующие) комплексные соединения, а анионы индикатора переходят в раствор, сообщая ему собственную окраску, так хромоген черный – синюю, мурексид – сине-фиолетовую. Образование трилоном Б внутрикомплексного соединения с каким-нибудь двухзарядным катионом можно изобразить схемой (рис. 55).

В данном методе кривую титрования строят в координатах pM – ($V_{ЭДТА}$), где pM = $-\lg C(Me^{n+})$, а $V_{ЭДТА}$ – объем добавленного раствора ЭДТА. Конечную точку титрования устанавливают по изменению окраски индикатора.



комплексонат магния

Рис. 55. Образование трилоном Б внутрикомплексного соединения с катионом магния Mg

Условия комплексонометрического титрования:

1) pH среды – щелочная, её создают с помощью аммиачно-буферной смеси, растворов оснований (гидроксида натрия, аммония, гексаметилентетрамина);

2) титровать медленно, энергично перемешивая. С хромогеном черным от синей до винно-красной, с мурексидом от красной до фиолетовой окраски раствора.

Обратное титрование используют, когда прямое титрование невозможно. К анализируемому раствору прибавляют определенный объем стандартного раствора комплексона III, нагревают смесь для завершения реакции, охлаждают и титруют избыток комплексона точным раствором сульфата магния. Конечную точку титрования определяют при помощи индикатора, реагирующего на ионы магния.

Титрование заместителя основано на том, что ионы магния образуют с комплексоном III менее устойчивый комплекс, чем большинство других катионов. Поэтому при смешении катионов определяемого металла с магниевым комплексом комплексона происходит обменная реакция. Выделившиеся ионы магния, т.е. заместители кальция, титруют комплексоном III в присутствии хромогена черного. Вычисляют содержание катионов кальция в растворе.

Хелатометрическое титрование применяют для определения общей жесткости природных вод, которую характеризуют молярной концентрацией эквивалентов кальция и магния и выражают в ммоль-э/л.

Окислительно-восстановительное титрование. В основу методов редоксиметрии положены окислительно-восстановительные реакции. В анализе применяют окислительно-восстановительные системы, разность потенциалов которой ≥ 0,4 В.

$$E = E_{Ox} - E_{Red} \geq 0{,}4B,$$

где E_{Red} и E_{Ox} – окислительно-восстановительный потенциал восстановителя и окислителя.

Чем больше потенциал окислителя, тем большее число восстановителей можно определить с его помощью.

Название методов происходит обычно от названия рабочих титрованных растворов (табл. 11).

Таблица 11

Классификация методов редоксиметрии

Методы	Рабочие растворы	Первичные стандарты	Индикаторы
Перманганатометрия	*Стандартизированный раствор* перманганата калия $KMnO_4$ в кислой среде	$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	самоиндикация (раствор $KMnO_4$ окрашен)
Дихроматометрия	*Стандартный раствор* дихромата калия $K_2Cr_2O_7$ или хромата калия в кислой среде	Не требует стандартизации, готовят по точной навеске	1) редоксиндикаторы (дифениламин) 2) самоиндикация – редко
Йодометрия	1) *Стандартизированный раствор* свободного иода I_2 в иодиде калия KI 2) *Стандартизированный раствор* тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3$ 3) вспомогательный раствор иодида калия KI	1) для раствора иода $Na_2S_2O_3$ 2) раствор $Na_2S_2O_3$ по растворам окислителей $KMnO_4$ или $K_2Cr_2O_7$	1) самоиндикация 2) адсорбционный индикатор крахмал, добавляемый в конце титрования

Точку эквивалентности определяют несколькими способами:

1) *Самоиндикация*, если окраска титранта достаточно яркая и резко изменяется в результате реакции. Например, при титровании раствором перманганата калия ($KMnO_4$) в кислой среде, малиновый раствор которого при восстановлении MnO^{4-} в Mn^{2+} обесцвечивается. Когда все титруемое вещество прореагирует, лишняя капля раствора $KMnO_4$ окрасит раствор в бледно-розовый цвет.

2) Используют специфические индикаторы – вещества, изменяющиеся окраску при реакции с одним из компонентов титрования. Например, в иодиметрии применяют крахмал, образующий с йодом адсорбционное соединение синего цвета.

3) Используют редоксиндикаторы – они являются окислителями или восстановителями, изменяющими окраску с изменением потенциала системы, а не с изменением концентрации одного из реагентов или продуктов реакции ($Ind_{ox} + n\bar{e} = Ind_{red}$). Поэтому обычно при построении кривой окислительно-восстановительного титрования по оси ординат откладывают потенциал системы E.

Расчет потенциалов рассчитывается по уравнению Нернста – до точки эквивалентности по потенциалу той окислительно-восстановительной пары, в которую входит определяемое вещество, а после – по системе титранта.

$$E = E^0 + \frac{0{,}059}{n} \lg \frac{[Ox]}{[Red]},$$

где Е – окислительно-восттановительный потенциал даной пары, В; E^0 – стандартный окислительно-восстановительный потенциал.

Кривые редоксиметрического титрования, имеют такой же вид, как и кривые титрования в методе нейтрализации. Возле точки эквивалентности здесь тоже наблюдается резкий скачок потенциала. На величину скачка титрования на кривой окислительно-восстановительного титрования влияет ряд факторов:

1) Природа титруемого вещества и титранта. Чем больше разность их стандартных потенциалов, тем больше скачок титрования.

2) Величина pH раствора.

Чтобы окраска окислительно-восстановительного индикатора изменялась при титровании резко, интервал перехода индикатора должен находиться в пределах скачка потенциалов на кривой титрования

$$pT = E^0 \pm \frac{0{,}0059}{n},$$

где E^0 – стандартный потенциал данной пары.

Перманганатометрия – это метод, базирующийся на применении перманганата калия в качестве титранта для определения восстановителей. Главным стандартным раствором окислителя в перманганатометрии является раствор перманганата калия ($KMnO_4$). Титрование стандартным раствором перманганатом калия проводят в кислой среде.

Реакция метода:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{2+} + 4H_2O.$$

Титрант: $KMnO_4$ – вторичный стандартный раствор. Водные растворы не очень устойчивые.

Исходное вещество – щавелевая кислота $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, оксалаты $Na_2C_2O_4$.

Окислительных свойств $KMnO_4$ зависят от pH среды раствора: pH<4 сильнокислая ($MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{2+} + 4H_2O$) E^0 =1,51 В; pH 5-8 нейтральная ($MnO_4^- + 2H_2O + 3\bar{e} = MnO_2 + 4OH^-$) E^0=0,60 В; pH>9 сильнощелочная ($MnO_4^- + \bar{e} = MnO_4^{2-}$) E^0=0,558 В.

Окислительная способность перманганата калия выше в кислой среде.

Преимущества перманганатометрии:

1) Возможность фиксации конечной точки титрования по исчезновению или возникновению малинового окрашивания.

2) Возможность использования кислой или щелочной среды.

3) Высокие значения потенциалов.

4) Дешевый и доступный реагент.

5) Возможность определения веществ, которые не имеют окислительно-восстановительных свойств.

Недостатки перманганатометрии:

1. Относительное загрязнение реагента (MnO_2), поэтому перманганат всегда вторичный стандарт, для определения концентрации которого необходимо стандартное вещество или фиксанал.

2. Неустойчивость стандартного раствора.

3. Нежелательность использования метода в присутствии хлорид-иона.

4. Часто необходимо нагревание, потому что скорость реакции довольно низкая.

5. Достижение равновесия и т.д. зависит от множества факторов, поэтому необходимо очень четко придерживаться условий, описанных в методике.

Дихроматометрия. В основе метода дихроматометрии лежат реакции окисления бихромат-ионом. Этот метод титриметрического анализа основывается на использовании в качестве стандартного раствора – водного раствора бихромата калия (реже хромата калия).

Титрант – стандартный раствор $K_2Cr_2O_7$ дихромата калия.

Реакция метода:

$$\underset{\text{(оранжевый)}}{Cr_2O_7^{2-}} + 14H^+ + 6\bar{e} = \underset{\text{(зеленый)}}{2Cr^{3+}} + 7H_2O$$

$f_{экв} = 1/6$, $M_э = 1/6 \cdot 294{,}20 = 49{,}03$ г/моль.

$K_2Cr_2O_7$ – сильный окислитель, $E^0 = 1{,}36$ В.

Способы определения точки эквивалентности:

1) самоиндикация – редко;

2) редоксиндикаторы – дифениламинсульфокислота, дифениламин.

Определяемые вещества:

восстановители – прямое титрование: Fe^{2+}, SO_3^{2-}, I^-, AsO_3^{3-}, аскорбиновая кислота, глицерин, CH_3OH;

окислители – обратное титрование: NO_3^-, ClO_3^-, MnO_4^- и пр.

Дихроматометрия имеет преимущества перед перманганатометрией:

1) Дихромат калия легко получить в химически чистом виде перекристаллизацией. Поэтому стандартный раствор его приготовляют растворением точной навески.

2) Растворы дихромата калия очень устойчивы при хранении в закрытых сосудах.

3) Можно титровать в присутствии HCl.

4) Очень редко титрование выполняют при нагревании, чаще на холоде.

Недостатки: менее сильный окислитель, чем $KMnO_4$; медленное протекание реакции; необходимы индикаторы; часто обратное титрование из-за небольшой скорости реакции.

Йодиметрия.

Метод замещения вспомогательным раствором KI, который добавляют в избытке. При этом выделяется масса йода, эквивалентная массе анализируемого компонента. Выделяющийся йод оттитровывают стандартным раствором тиосульфата натрия.

Титрант: $Na_2S_2O_3$ вторичный стандартный раствор.

Индикаторы: 1% раствор крахмала (прибавляют в конце титрования, когда окраска раствора становится соломенно-желтой и титруют до исчезновения синего цвета)

$$K_2Cr_2O_7 + 6KI + 7H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3I_2 + 4K_2SO_4 + 7H_2O$$

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaI + Na_2S_2O_4.$$

Метод определения восстановителей прямым титрованием I_2.

Титрант: I_2 – вторичный стандартный раствор.

$$I_2 + 2\bar{e} \leftrightarrow 2I^-$$

$$E^0 = 0{,}54 \text{ В}$$

$$f_{Экв} = ½.$$

Реакцию проводят в слабощелочной или нейтральной среде.

Объекты: вещества, окислительный потенциал которых ниже 0,54 В, будут являться восстановителями – например, тиосульфат натрия $Na_2S_2O_3$, сернистая кислота, хлорид олова (II) и др.

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaI + Na_2S_2O_4.$$

Преимущества:

1) Применяется для широкого круга веществ.

2) Самая высокая точность среди всех окислительно-восстановительных методов.

3) Можно титровать без индикатора.

4) Возможны неводные растворы йода, так как хорошо растворяется в органических растворителях.

Недостатки:

1) Летучесть вторичных стандартных растворов.

2) Невозможно титровать в очень кислых и щелочных растворах.

3) Часто необходимы специальные условия, так как E^0 небольшой и реакции являются обратимыми.

4) Часто применяют обратное титрование.

5) Иногда результаты искажаются из-за адсорбции осадками йода.

6) Изменение титра стандартных растворов.

Вопросы для контроля

1. Сущность титриметрического анализа.
2. Определение точки эквивалентности. Методы фиксации точки эквивалентности.
3. Классификация индикаторов, используемых в титриметрии.
4. Классификация методов титриметрии по типу химической реакции и по способу титрования.
5. Сущность метода пипетирования и метода отдельных навесок. Расчеты результата титрования в этих методах.
6. Принципы классификации химического анализа, методы анализа.
7. Определения следующих понятий: аналитический сигнал, аналитическая реакция. Примеры аналитических сигналов в различных методах анализа.
8. Методы качественного анализа. Отличительные особенности дробного и систематического методов качественного анализа.
9. Сущность гравиметрического анализа. Методы определений в гравиметрическом анализе.
10. Первичные и вторичные стандартные растворы, применяемые в методе кислотно-основного титрования; вещества, которые можно определить методами ацидиметрии и алкалиметрии.
11. Кривые титрования методов нейтрализации, редоксиметрии, комплексонометрии, осадительного титрования; индикаторы используемые при титровании: а) слабой кислоты сильным основанием, б) слабого основания сильной кислотой.

12. Сущность перманганатометрии, йодометрии, хроматометрии, преимущества и недостатки данных методов. Титранты и индикаторы применяемые в каждом из этих методов.

Рекомендуемая литература

1. Бакаева, Н. П. Неорганическая химия : практикум / Н. П. Бакаева, О. Л. Салтыкова. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2016. – 143 с.
2. Введение в общую химию [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Режим доступа: http://onx.distant.ru/posobie-1/chemistry-/part_9.htm
3. Глинка, Н. Л. Общая химия : учебное пособие / под ред. А. И. Ермакова. – М. : Интеграл-Пресс, 2008. – 728 с.
4. Егоров, А. С. Химия : пособие-репетитор для поступающих в вузы / А. С. Егоров, К. П. Шацкая, Н. М. Иванченко [и др.] ; под. ред. А. С. Егорова. – Ростов-на-Дону : Изд-во Феникс, 2000. – 768 с.
5. Коровин, Н. В. Общая химия : учебник. – М. : Высш. школа, 2003. – 557 с.
6. Клюквина, Е. Ю. Учебное пособие по аналитической химии (количественный анализ) : учебное пособие / Е. Ю. Клюквина,

С. Г. Березин. – Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2002. – 200 с.

7. Князев, Д. А. Неорганическая химия : учебник для вузов / Д. А. Князев, С. Н. Смарыгин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Дрофа, 2004. – 592 с.

8. Лебедева, М. И. Практикум по аналитической химии / под общей ред. М. И. Лебедевой. – Тамбов : Изд-во Тамбовского ГТУ, 2002. – 80 с.

9. Лосева, Н. И. Общая химия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://losevahimiya.far.ru./index.html

10. Ткаченко, С. В. Аналитическая химия. Химические методы анализа : учебное пособие / С. В. Ткаченко, Соколова С. А. Воронеж : ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2015. – 188 с.

11. Хаханина, Т. И. Аналитическая химия : учеб. пособие / Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина. – М. : Высшее образование, 2009. – 278 с.

12. Цитович, И. К. Курс аналитической химии : учебник / И. К. Цитович. – 9-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2007. – 496 с.

Алфавитно-предметный указатель

π-Связь 32
σ-Связь 32
Автокатализм 74
Адиабатный процесс 52
Адсорбционные индикаторы 179
Аккумуляторы 125
Активаторы 71
Алкоголиз 92
Аммонолиз 92
Аналитическая реакция 169
Аналитическая химия 165
Аналитические сигналы 167
Анодные покрытия 146
Атом 5, 13
Белая лента 174
Бертолиды 7
Буферная емкость 89
Буферные растворы 88
Буферные системы 88
Вещество 5
Внутренняя энергия системы 53
Водородная связь 35
Водородно-кислородные элементы 127
Водородный показатель 87
Волна 15
Восстановление 96
Газовые законы (законы идеальных газов) 8
Гальванический элемент 107
Гетерогенная реакция 51
Гибридизация 40

Гидролиз соли 89
Главная подгруппа 22
Главное квантовое число 16
Гомогенная реакция 51
Гравиметрический анализ 172
Групповой реагент 171
Дальтониды 7
Деформируемость 130
Дипольный момент связи 30
Диссоциация 83
Дихроматометрия 196
Длина связи 36
Донорно-акцепторная связь 34
Дробный анализ 170
Жаропрочность 145
Жаростойкость 145
Железно-никелевый (щелочной) аккумулятор 126
Закон Авогадро 7
Закон кратных отношений 7
Закон постоянства состава 7
Закон простых объемных отношений 7
Закон разбавления Оствальда 86
Закон Рауля 79
Закон сохранения массы и энергии 7
Закон эквивалентов 8
Законы стехиометрии 7
Заместительное титрование 180
Замкнутый (циклический) процесс 53
Идеальные концентрированные растворы 77
Идеальные разбавленные растворы 77
Изобарический процесс 52
Изобарно-изотермический процесс 53
Изотермический процесс 52
Изотонический коэффициент 82
Изотопы 15
Изохорический процесс 52
Изохорно-изотермический процесс 53
Ингибиторы 71
Индикаторы 178
Интенсивный параметр системы 51
Интервал перехода окраски 179
Йодиметрия 196
Ион-комплексообразователь 44
Ионная связь 28
Ионная сила раствора 87
Катализ 71
Катализ гетерогенный 72
Катализ гомогенный 72
Катализ кислотно-основной 72
Катализ окислительно-восстановительный 72
Катализатор 71
Катализатор специфический 71
Катализатор универсальный 71
Каталитические яды 72
Катодная поляризация 117
Катодные покрытия 146
Квантовые числа 16
Ковалентная связь 29
Количественный анализ 171
Комплексометрическое титрование 180
Комплексонометрия 190
Констант нестойкости 46
Константа гидролиза 91
Константа диссоциации 86
Константа равновесия 69
Константой устойчивости 47
Концентрация 93
Коррозия 140
Кратность связи 37
Кривая титрования 185
Криоскопическая постоянная 80
Легирование металлов 145
Лиганды 44
Магнитное квантовое число 17

Масса одного моля вещества или молярная масса 6
Массовая доля 93
Металлическая связь 34
Металлы 129
Метод валентных связей 37
Метод выделения 173
Метод молекулярных орбиталей 38
Метод нейтрализации 186
Метод окрашивания пламени 170
Метод осаждения 173
Метод отгонки 172
Метод полуреакций 103
Метод растирания 170
Метод электронного баланса 101
Минимальная концентрация 169
Мокрый способ 170
Молекула 5
Моль 6
Моляльная концентрация 94
Молярная доля 93
Молярная концентрация 93
Молярная масса эквивалента 10
Молярная теплоемкость 55
Молярный объем газа 7
Направленность связи 36
Не самопроизвольный процесс 53
Неметаллы 149
Необратимые реакции 68
Необратимый процесс 53
Неравновесная система 51
Неравновесный процесс 51
Обратимые реакции 69
Обратимый процесс 53
Обратное титрование 180
Объединенный газовый закон Бойля-Мариотта и Гей-Люссака 8
Объемная доля 93
Окисление 96
Окислительно-восстановительное титрование (редоксметрия) 180
Окислительно-восстановительное титрование 193
Окислительно-восстановительные потенциалы 117
Окислительно-восстановительные реакции 96
Оксидирование 146
Орбиталь 16
Осадительное титрование 180
Осаждаемая форма 173
Осмос 81
Осмотическое давление 81
Открываемый минимум 169
Относительная атомная масса элемента 5
Относительная молекулярная масса вещества 5
Параметры системы 51
Пассивность 143
Первый закон термодинамики 55
Переходная система 51
Переходные металлы 154
Период 21
Периодический закон 20, 21
Перманганатометрия 195
Пирохимический метод 170
Пластичность 133
Побочная подгруппа 22
Побочное (орбитальное) квантовое число 16
Повышение температуры кипения 81
Показателем титрования 179
Полиморфизм 131
Поляризуемость 36
Полярность связи 36

Понижение температуры замерзания 80
Постоянная Авогадро 6
Правило Вант-Гоффа 67
Правило Гунда 19
Правило Клечковского 18
Предельное разбавление 169
Принцип Ле Шателье 70
Принцип наименьшей энергии 18
Принцип неопределенности 15
Принцип Паули 19
Промоторы 72
Прямое титрование 180
Работа 55
Равновесная система 51
Равновесный процесс 53
Равновесный электродный потенциал 110
Разомкнутый процесс 53
Растворы 77
Реальные растворы 77
Реверсивное титрование 180
Самопроизвольный процесс 53
Свинцовый (кислотный) аккумулятор 125
Селективность 71
Селективный метод 169
Сильные электролиты 85
Синяя лента 174
Система 50
Систематический анализ 170
Скачок титрования 185
Слабые электролиты 85
Сольволиз 92
Специфическая реакция 169
Спиновое квантовое число 18
Сплавы 138
Способ отдельных навесок 181
Способ пипетирования 180
Сродство к электрону 43
Стандартизация 181
Стандартизированные растворы 181
Стандартные растворы 181
Стандартный электродный потенциал 111
Стационарная система 51
Степень гидролиза 91
Степень диссоциации 84
Стехиометрические индексы 6
Стехиометрические коэффициенты 6
Стехиометрия 6
Теория А. Вернера 44
Теория гибридизации 40
Теория Дебая-Гюккеля 86
Теплопроводность 130
Теплота 54
Термодинамика 49
Титр раствора 94
Титриметрический анализ 177
Титрование 177
Титруемый раствор 177
Точка эквивалентности 177
Удельная теплоемкость 54
Уравнение Аррениуса 68
Фаза 50
Фактор эквивалентности 8
Ферментативный катализ 74
Фильтрование 174
Фотоэлектрический эффект 133
Функции состояния 52
Химичекое равновессие 69
Химическая кинетика 64
Химическая коррозия 141
Химическая связь 27
Химическая теория растворов 78
Химический анализ 165
Химический элемент 5
Частица 15
Черная (красная) лента 174
Число эквивалентности 8
Эбуллиоскопическая постоянная 81

Эквивалентная или нормальная концентрация 93
Экзотермические процессы 56
Экстенсивный параметр системы 51
Электрическая проводимость 129
Электролиз 120
Электронные аналоги 22
Электроотрицательность 43, 149
Электрохимическая коррозия 141
Электрохимические процессы 107
Эмалирование 147
Эндотермические процессы 56
Энергия Гиббса 62
Энергия активации 68
Энергия ионизации 43
Энергия связи 37
Энтальпийный фактор 61
Энтальпия 56
Энтропия 60
Энтропийный фактор 61
Явление сверхпроводимости 130

Оглавление

Предисловие..... 3
Принятые сокращения, условные обозначения, названия и единицы физико-химических величин..... 4
1. ПОНЯТИЯ, ЗАКОНЫ И СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ В РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ..... 5
1.1. Основные понятия вещества в химии..... 5
1.2. Законы стехиометрии..... 7
1.3. Агрегатные состояния вещества..... 10
2. СТРОЕНИЕ АТОМА И СИСТЕМАТИКА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ..... 13
2.1. Квантово-механическая модель строения атома. Периодический закон и периодическая система Д. И. Менделеева..... 13
2.2. Электронное строение элементов и их положение в периодической системе..... 22
3. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЛЕКУЛ..... 27
3.1. Виды и характеристики химической связи..... 27
3.2. Комплексные соединения и их структура..... 43
3.3 Значение комплексных соединений в биологии и сельском хозяйстве..... 48
4. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ..... 49
4.1. Основные понятия химической термодинамики..... 49
4.2. Понятие об энтропии и энергии Гиббса..... 60
4.3. Химическая кинетика и химическое равновесие..... 64
4.4. Катализ..... 71
4.5. Значение химической кинетики..... 75
5. РАСТВОРЫ..... 77

5.1. Общая характеристика растворов..... 77
5.2. Теория электролитической диссоциации (ЭДС)..... 82
5.3. Буферные системы..... 88
5.4. Буферная емкость..... 89
5.5. Гидролиз солей..... 89
5.6. Способы выражения состава растворов..... 92
5.7. Значение растворов в химии и биологии..... 94

6. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ..... 96
6.1. Окислительно-восстановительные реакции..... 96
6.2. Электрохимические процессы, определение и классификация..... 107
6.3. Электродные потенциалы. Понятие об электродных потенциалах..... 109
6.4. Электролиз – окислительно-восстановительный процесс..... 119
7. ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ..... 129
7.1. Металлы..... 129
7.2. Коррозия металлов и способы защиты от нее..... 140
7.3. Общая характеристика неметаллов..... 149
7.4. Переходные металлы..... 154
7.5. Качественные реакции на ионы некоторых металлов..... 158
8. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ..... 165
8.1. Методы аналитической хи- 165

мии……
8.2. Основные принципы качественного химического анализа…… 169
8.3. Количественные методы анализа. Гравиметрия…… 171
8.4. Титриметрический анализ. Основные понятия титриметрии. Расчеты в титриметрии…… 177
8.5. Краткая характеристика методов нейтрализации, комплексонометрии, редоксиметрии. Выбор индикаторов с помощью кривых титрования…… 186
Рекомендуемая литература…… 199
Алфавитно-предметный указатель…… 200

Учебное издание

Бакаева Наталья Павловна
Салтыкова Ольга Леонидовна
Запрометова Лариса Вячеславовна

Химия

Учебное пособие

Подписано в печать 24.11.2017. Формат 60×841/16
Усл. печ. л. 11,97, печ. л. 12,88.
Тираж 100. Заказ №334.
Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru
Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО»
443086, г. Самара, ул. Песчаная, 1
Тел.: (846) 267-36-82

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Растениеводство и земледелие»

ОВОЩЕВОДСТВО

Методические указания и рабочая тетрадь

Фамилия _____

Имя _____

Отчество_____

Курс _____

Группа _____

_____ учебный год

Кинель
РИЦ СГСХА
2015

УДК 635 (07)
ББК 37.279 р
О-32

О-32 Овощеводство : методические указания и рабочая тетрадь / сост. О. П. Кожевникова, В. В. Ракитина. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. – 73 с.

Учебное издание содержит материал по овощеводству открытого и защищённого грунта, необходимый для проведения лабораторных работ, выполнения домашних заданий, а также для подготовки к контрольным работам и экзаменам.

Методические указания и рабочая тетрадь составлены в соответствии с рабочей программой курса «Овощеводство» и предназначены для бакалавров, обучающихся по направлениям 110400.62 «Агрономия» и 110500.62 «Садоводство».

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2015
© Кожевникова О. П., Ракитина В. В., составление, 2015

Оглавление

Предисловие 4
Тема 1. Классификация овощных растений 6
Тема 2. Посевной материал овощных растений 9
Тема 3. Распознавание овощных культур по всходам и первому настоящему листу 13
Тема 4. Капустные овощные растения 16
Тема 5. Луковые овощные растения 21
Тема 6. Овощные культуры семейства Тыквенные. Огурец 27
Тема 7. Овощные культуры семейства Паслёновые 31
Тема 8. Корнеплодные овощные растения 36
Тема 9. Овощные культуры семейства Бобовые 39
Тема 10. Однолетние листовые овощные культуры 42
Тема 11. Многолетние листовые овощные культуры 45
Тема 12. Принципы составления овощных севооборотов 48
Тема 13. Расчет потребности в семенах для выращивания овощных культур в открытом грунте 52
Тема 14. Расчёт потребности в рассаде и площади защищённого грунта для её выращивания 55
Тема 15. Составление технологических схем выращивания овощей открытом грунте 59
Тема 16. Виды защищённого грунта 63
Задания для контрольной работы №1 67
Вопросы по овощеводству для контрольной работы №2 67
Вопросы для подготовки к экзамену 69
Рекомендуемая литература 72

Предисловие

Овощи являются важнейшим источником витаминов С, Р, каротина, минеральных солей, ряда микроэлементов, фитонцидов, способствующих уничтожению болезнетворных микробов.

На каждого жителя земли приходится около 100 кг овощей в год. Лидер мирового их производства – Китай – 202 млн. т (36%) от общемирового производства овощей. В этой стране в год на одного человека приходится 170 кг овощей и 100 кг арбузов. В США производят 34 млн. т овощей, в России – 11-12, во Франции – 11, в Италии – 17,5; в Японии – 13,5 млн. т. При медицинской норме 120-130 кг овощей на одного человека в год в России потребляют 76, Польше – 152, США – 128, Франции – 134, Японии – 122, в Италии – 230 кг. Следовательно, россияне используют в пищу овощей в 2-3 раза меньше, чем в развитых странах мира.

Структура посевной площади выращиваемых овощных культур по России показывает, что при ограниченном ассортименте культур, в число выращиваемых входят самые урожайные культуры – капуста белокочанная 34%, томат 31%, корнеплоды (морковь, свекла) 12%.

Следовательно, фактическая урожайность овощных культур в 142,8 ц/га крайне низка. Для повышения урожайности выращиваемых культур в России имеются значительные резервы как за счет улучшения агрономической, так и за счет организационной деятельности в процессе производства этих важнейших продуктов питания.

Целью освоения дисциплины «Овощеводство» является формирование знаний и умений по биологическим и технологическим основам производства овощей в открытом и защищенном грунте.

Для достижения поставленной цели при освоении дисциплины решаются следующие задачи:

- ознакомление с историей, структурой и методами овощеводства;
- изучение биологии овощных растений, отношение их к факторам жизни и методы регулирования водного, воздушного, светового, теплового, питательного режимов;
- освоение технологий производства овощей в открытом грунте;
- освоение технологий производства овощей и грибов в защищенном грунте.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВПО и требованиями к результатам освоения ООП).

По специальности 110400.62 «Агрономия»:

- владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;

- способность распознавать по морфологическим признакам наиболее распространенные в регионах дикорастущие растения и сельскохозяйственные культуры, оценивать их физиологическое состояние, адаптационный потенциал и определять факторы улучшения роста, развития и качества продукции;

- способность обосновать подбор сортов сельскохозяйственных культур для конкретных условий региона и уровня интенсификации земледелия, подготовить семена к посеву.

По направлению 110500.62 «Садоводство»:

- оценка пригодности агроландшафтов для возделывания плодовых, овощных культур и винограда;

- определение видов, форм и доз удобрений на планируемый урожай овощных, плодовых, лекарственных, эфиромасличных, декоративных культур и винограда;

- способность распознавать по морфологическим признакам овощные, плодовые, лекарственные, эфиромасличные и декоративные культуры;

- готовность применять технологии защиты растений от вредных организмов в садах, виноградниках, посевах овощных, лекарственных, эфиромасличных и декоративных культур;

- способность к реализации технологий производства овощей в открытом и защищенном грунте.

Тема 1. Классификация овощных растений

Цель занятия – ознакомиться с овощными культурами и с различными их классификациями.

Задачи

1. Изучить группировку овощных растений (по ботаническим признакам, по биологическим и хозяйственным признакам).

2. Дать определение терминов по теме и, используя справочную литературу, составить таблицу деления овощных растений по продолжительности жизни.

Наглядные пособия

1. Натуральные экспонаты различных овощных растений, а также муляжи и рисунки овощных растений.

Общее число культурных и диких растений земного шара, которое можно использовать в качестве овощей, представлено 1200 видами. Число выращиваемых овощных растений значительно меньше.

Овощными растениями называют однолетние, двулетние и многолетние травянистые растения, сочные органы которых употребляются в пищу человека.

В нашей стране выращивается более 70 видов овощных растений, основные из них принадлежат к двум классам:

1. Класс двудольные – капустные, паслёновые, тыквенные, сельдерейные, астровые, лебедовые, бобовые, гречишные.

2. Класс однодольные – лилейные, мятликовые, спаржевые.

Все овощные растения (кроме шампиньонов) относятся к ботаническому типу высших (зародешевых) растений, отделу покрытосеменных (цветковых).

Задание 1. Выписать все изучаемые классификации овощных растений в таблицы 1, 2, 3 [6, С. 7-8, табл. 4].

Таблица 1

Ботаническая классификация овощных растений

Название семейства		Культуры
русское	латинское	
1	2	3

Окончание таблицы 1

1	2	3

Таблица 2

Классификация овощных растений по хозяйственным признакам

Название группы	Культуры

Таблица 3

Биологическая классификация овощных растений (В. И. Эдельштейн)
(учитывает совокупность биологических и производственных особенностей)

Название группы	Культуры

Задание 2. Дать определение терминов по теме и заполнить таблицу 4, разделив овощные растения по продолжительности жизни [6, С. 8].

Продолжительность жизни –

Вегетационный период –

Период вегетации –

Таблица 4

Группировка овощных культур по продолжительности жизни

Однолетние растения	Двулетние растения	Многолетние растения

Контрольные вопросы

1. Объяснить и привести пример – продолжительность жизни, вегетационный период, период вегетации овощных растений.

2. На чём основаны ботаническая, биологическая и хозяйственная классификации овощных растений?

3. Какие овощные растения относят к группе зеленых?

4. Объясните ценность овощных растений как продуктов питания.

5. Назовите овощные растения с максимальным содержанием витамина С.

Тема 2. Посевной материал овощных растений

Цель занятия – ознакомиться с разнообразием посевного материала овощных растений по морфологическим признакам.

Задачи

1. Изучить основные морфологические признаки семян.
2. Научиться распознавать семена овощных культур.
3. Изучить основные морфологические признаки семян овощных растений и научиться определять их по семенам.

Наглядные пособия

1. Наборы семян овощных растений (обучающие комплекты с этикетками).
2. Смеси семян овощных культур.
3. Таблицы с семенами различных овощных культур.
4. Разборные доски, лупы, шпатели, скотч, ножницы.

В практической деятельности все виды посевного материала условно называют семенами. Однако посевной материал растений семейств Сельдерейные, Гречишные, Астровые, Мятликовые представляет собой не семена, а сухие плоды, имеющие наружную оболочку (перикарпий). У свёклы посевной материал – соплодия (клубочки), состоящие из сросшихся плодов. У растений семейства Лилейные, Капустные и Бобовые посевной материал – семена, извлечённые из сухих плодов, а у растений Тыквенные и Паслёновые – семена, выделенные из мясистых плодов.

Задание 1. Пользуясь практикумом [6] и набором семян овощных культур, изучить основные морфологические признаки семян [6, С. 17].

Основные морфологические признаки семян

1. Величина:

2. Форма:

3. Поверхность:

4. Окраска:

5. Особые образования:

Задание 2. Описать виды посадочного материала при вегетативном размножении в таблице 5 [6, С. 19, табл. 5].

Таблица 5

Виды посадочного материала при вегетативном размножении овощных растений (по В. Д. Мухину, 1993)

Виды посадочного материала	Культура

Задание 3. Описать 25-30 семян различных овощных растений с указанием основных признаков семян по прилагаемой форме (табл. 6).

Таблица 6

Описание семян овощных культур

Семейство/ Культура	Размер	Форма	Поверх-ность	Окраска	Особые образования	Приклеить семена
1	2	3	4	5	6	7

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7

Контрольные вопросы

1. Отличительные признаки семян семейства Капустные.
2. Показатели сортовых и посевных качеств семян.
3. Виды посевного и посадочного материала в овощеводстве.
4. Отличительные признаки семян семейства Паслёновые.
5. На какие группы по размеру делятся семена овощных культур?
6. Методы определения семян овощных культур.
7. Отличительные признаки семян семейства Сельдерейные.

Тема 3. Распознавание овощных культур по всходам и первому настоящему листу

Цель занятия – научиться распознавать овощные растения на ранних стадиях роста и развития по всходам и первому настоящему листу.

Задачи

1. Изучить морфологические признаки овощных растений в фазе всходов и первого настоящего листа.
2. Определить вид овощного растения по всходам и первому настоящему листу.
3. Описать и зарисовать всходы основных овощных растений.

Наглядные пособия

1. Натуральные экспонаты – всходы различных овощных культур в фазе семядолей и первого настоящего листа.
2. Таблицы с рисунками всходов различных овощных растений.
3. Гербарные образцы всходов.

Каждая овощная культура имеет определённые морфологические признаки, по которым её можно узнать или отличить в развитом состоянии от других видов и разновидностей.

Легче определяются овощные культуры в фазе первого-второго настоящего листа. Знакомство с морфологией растений разных ботанических семейств позволяет установить различие и единство между ними во всех фазах роста и развития. При распознавании овощных растений следует обращать внимание на окраску и опушение подсемядольного колена, кромку листа и т.д.

Задание 1. Пользуясь натуральными образцами всходов, таблицами и справочным материалом, изучить основные морфологические признаки всходов растений и описать их в таблице 7 [6, С .254, прил. 17].

Таблица 7

Отличительные особенности всходов овощных растений

Культура	Семядоли			Первый настоящий лист			Подсемядольное колено	Рисунок всходов
	форма	окраска	опушение	форма	окраска	опушение		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9

Задание 2. Определить всходы овощных растений в смеси.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные отличительные признаки всходов овощных растений.
2. Назовите отличительные признаки семядолей растений из семейства Капустных.
3. Как отличить всходы капуст от редьки, брюквы, репы, редиса, турнепса?
4. Назовите ярковыраженные признаки всходов овощных растений семейства Лебедовых.
5. Как отличить по всходам паслёновые овощные растения?

Тема 4. Капустные овощные растения

Цель занятия – ознакомиться с видами капусты, особенностями формирования их продуктовых органов, морфологическими признаками отдельных видов капуст, а также районированными сортами капусты.

Задачи

1. Изучить морфологические особенности отдельных видов капуст.
2. Научиться определять виды капусты по морфологически признакам.
3. Изучить химический состав отдельных видов капусты.
4. Изучить хозяйственно-ценные признаки сортов белокочанной капусты.
5. Описать районированные сорта белокочанной капусты.
6. Зарисовать все виды капусты, выписать и выучить латинские названия отдельных видов капусты.

Наглядные пособия

1. Рисунки различных видов капусты.
2. Кочаны капусты районированных сортов.
3. Гербарии, таблицы.

К овощным растениям капустной группы относятся ботанические виды капусты семейства капустные – Brassicaceae (Крестоцветные – Cruciferae): двулетние капусты – белокочанная, краснокочанная – Br. capitata Lizg., савойская – Br. sabauda Lizg., формируют кочан из разросшейся вегетативной почки; брюссельская – Br. gemifera Lizg. – в первый год жизни образует кочанчики в пазухах листа; кольраби – Br. caulorapa Pasg – съедобная часть – короткий стеблеплод, капуста листовая – Br. subspontanea Lizg; однолетние – цветная Br. cauliflora Lizg., формирующая головку из укороченных цветоносов, к этому виду относится и брокколи (продуктовая часть – деформированные бутоны зелёного или фиолетового цвета), пекинская капуста – Br. pekinensis Rupr. – чаще используется для выращивания зелени

в защищённом грунте. Все капусты относятся к перекрёстноопыляемым, длинного светового дня, холодостойким растениям.

Задание 1. Объяснить словарь терминов по теме и выписать содержание витамина С в различных видах капусты [6, С. 56].

Кочан –

Кочанчики –

Головка –

Стеблеплод –

Спящие почки –

Деятельные почки –

Кочерыга –

Таблица 8

Содержание витамина С в капусте

Вид капусты	С (мг на 100 г)

Задание 2. Изучить морфологические признаки отдельных видов капусты и заполнить таблицу 9 [6, С. 55].

Таблица 9

Название вида		Продуктовый орган	Продолжительность жизни	Способ использования
русское	латинское			

Задание 3. Используя практикум [6], зарисовать все виды капусты, выписать и выучить латинские названия отдельных видов капусты.

Капуста – самая распространенная культура среди овощных растений, относится к роду (_____) семейству (_____).

Известно несколько видов капусты, которые отличаются особенностями формирования продуктовых органов.

1) Капуста кочанная (_____) имеет неветвистый стебель. Боковые почки недеятельные. Верхушечная почка деятельная, образует продуктовый орган – кочан. Известны формы белокочанной (_____) и краснокочанной (_____).

2) Капуста савойская (_____) стебель не ветвистый, боковые почки недеятельные, в отличие от кочанной капусты имеет рыхлый кочан из сильно гофрированных, пузырчатых листьев.

3) Капуста брюссельская (_____) имеет лиственный стебель, деятельные верхушечные и боковые почки. Продуктивные органы (кочанчики) образуются из боковых почек, верхушечная почка остается открытой.

4) Капуста китайская (_____). Китайские виды листовой капусты (_____) образуют прикорневую розетку нежных листьев, иногда собранных в рыхлый кочан.

5) Кольраби (_____). Продуктовый орган – стеблеплод – образуется благодаря разрастанию мясистого стебля. Верхушечная почка деятельная, открытая, образует розетку листьев.

6) Капуста цветная (_____). Верхушечная почка деятельная образует орган в виде мясистого соцветия в обертке листьев. В пищу используют только плотное нераспустившееся соцветие.

Задание 4. Изучить и описать районированные сорта белокочанной капусты по прилагаемой форме.

Таблица 10

Описание районированных сортов белокочанной капусты

Название сорта	Длина вегетационного периода (дн.)	Назначение сорта	Способ выращивания (рассадный, безрассадный)	Продолжительность выращивания рассады (дн.)	Срок посева семян на рассаду	Срок высадки рассады в открытый грунт	Место выращивания рассады	Схема посадки в открытый грунт
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Контрольные вопросы

1. Перечислите однолетние виды капуст.
2. Назовите латинские названия всех видов капусты.
3. Укажите виды капусты, используемые на доращивание.
4. Назовите районированные сорта белокочанной капусты.
5. Укажите показатели, определяющие форму кочана белокочанной капусты.

Тема 5. Луковые овощные растения

Цель занятия – изучить виды луков, имеющих продовольственное значение; морфологические особенности выращиваемых в культуре видов лука; способы выращивания основных видов луков.

Задачи

1. Описать основные виды луков.
2. Провести анализ луковиц – севка, репки, пристрелочной луковицы, однозубки, чеснока озимого и ярового, зарисовать их продольный и поперечный разрез.
3. Изучить апробационные признаки лука репчатого и зарисовать гнёздность и форму продовольственных луковиц.
4. Изучить районированные сорта лука репчатого, чеснока и лука – батуна.
5. Дать определение терминов по теме.

Наглядные пособия

1. Таблицы.
2. Натуральные образцы различных видов лука.
3. Семенной материал различных видов: лук-севок, выборок, бульбочки, однозубки.
4. Весы, линейки, ножи.

Луковые растения отличаются большим разнообразием. Насчитывается их около 400 видов.

Луковые растения относятся к роду Allium (луки) семейства Луковые (Alliaceae) или лилейных (Liliaceae). Среди многочисленных луковых растений как овощные культуры выращиваются следующие луки: лук репчатый – Allium cepa L.; лук-батун – Al. Fistulosum L.; лук-порей – Al. porrum L.; лук-многоярусный – Al. Prolifrum Schard; лук-шалот – Al. cepa L. var.ascalonieum DC.; лук-резанец – Al. shoenoprasium; лук-слизун – Al.nutans L.; чеснок – Al. sativum L.

Задание 1. По гербарию и имеющимся живым объектам изучить морфологические особенности разных видов лука и заполнить таблицу 11.

Таблица 11

Характеристика видов лука

Название вида		Продолжитель-ность жизни	Продуктовый орган	Примечание
русское	латинское			

Задание 2. Зарисовать продольный и поперечный разрез луковицы лука репчатого [6, С. 106, рис. 47].

Задание 3. Зарисовать продольный и поперечный разрез луковицы чеснока [6, С. 115, рис. 55].

Задание 4. Зарисовать и кратко описать основные виды луков.

Лук-шалот:

Лук-батун:

Лук-порей:

Многоярусный лук:

Шнитт-лук:

Лук-слизун:

Задание 5. Дать определение терминам по теме.

Бульбочка –

Выборок –

Гнездность –

Зачаток –

Зеленый лук –

Зубок –

Ложный стебель –

Луковица –

Зачатковость –

Зонтик –

Пятка –

Матка –

Однозубка –

Перо –

Плечики –

Репка –

Севок –

Стрелка –

Чернушка –

Шейка –

Гнездо –

Пристрелочная луковица –

Сухие чешуи (рубашка) –

Сочные чешуи –

Задание 6. Кратко описать районированные сорта лука репчатого в таблице 12.

Таблица 12

Характеристика районированных сортов репчатого лука по основным хозяйственным признакам

Сорта	Вкус	Гнёздность	Зачатковость	Скороспелость	Урожайность, ц/га	Товарность	Лежкость

Контрольные вопросы

1. Сорта какой зачатковости лучше использовать для выгонки лука на «перо»?

2. Что называется «гнёздностью»?

3. Где расположен стебель, какой он, как его называют?

4. Что называют «пяткой». Как по ней можно отличить луковицу однолетнюю от двулетней (многолетней), одногнездовую от бывшей в гнезде?

5. Какие луковицы называют «севок», «выборок»?

6. Какую часть растения называют ложным стеблем?

7. Что называют сухими чешуями?

Тема 6. Овощные культуры семейства Тыквенные. Огурец

Цель занятия – изучить ботанические и хозяйственные особенности овощных культур из семейства тыквенные. Изучить морфологическое строение огурца и тыквы. Изучить особенности сортов огурца для открытого и защищённого грунта.

Задачи

1. Изучить и описать морфологические особенности огурца.

2. Зарисовать поперечный разрез и форму плодов огурца. Зарисовать типы опушения плодов и рисунок семенных плодов. Зарисовать цветки огурца – женские и мужские.

3. Изучить основные сортовые признаки огурца.

4. Описать районированные сорта огурца для открытого и защищенного грунта.

5. Дать определение словарь терминов по теме.

Наглядные пособия

1. Натуральные экспонаты различных овощных растений, а также муляжи и рисунки овощных растений.

К группе плодовых овощных растений семейства Тыквенные (Cucurbitaceae) относятся огурец, кабачок, патиссон, арбуз, дыня, тыква.

Огурец (Cucumis sativus Z) относится к роду Cucumis. Это однолетнее растение. В плодах огурца семенной спелости содержится до 96% воды; 0,86% азотистых веществ; 1,8-2,8% сахаров; около 0,8% клетчатки. Плоды содержат витамины А, В, С (около 8 мг %). В золе много солей калия, кальция, фосфора; по количеству щелочных солей, улучшающих работу сердца, почек огурец несколько уступает редьке. Плоды содержат пектиновые вещества, которые способны выводить из организма человека холестерин и ядовитые вещества.

Задание 1. Описать морфологическое строение огурца в таблице 13.

Таблица 13

Морфологическая характеристика огурца

Признаки	Описание
Семейство	
Корневая система	
Стебель	
Листья	
Цветок	
Плод	
Семена	

Задание 2. Зарисовать типы зеленца в поперечном разрезе [6, С. 147, рис. 80].

Задание 3. Зарисовать форму плодов огурца [6, С. 147, рис. 79].

Задание 4. Расположение шипов на поверхности плода [6, С. 144, рис. 77, б].

Задание 5. Зарисовать цветки огурца: 1 – мужской, 2 – женский [6, С. 144, рис. 76].

Задание 6. Зарисовать типы сетки на семенниках огурца [6, С. 148, рис. 80, а].

Задание 7. Перечислить хозяйственные признаки сортов огурца в таблице 14.

Таблица 14

Характеристика сортов огурца

Название сорта	Длина стеблей, см	Окраска опушения завязи	Вегетационный период, дн.	Назначение сорта

Задание 8. Дать определение терминов по теме.

Плети –

Усики –

Шипы –

Пикули –

Корнишоны –

Зеленец –

Семенник –

Контрольные вопросы

1. В какой фазе роста наиболее ценный плод огурца?

2. Характер поверхности плода, цвет опушения плодов и связь этого признака с хозяйственным назначением сортов?

3. Требования к сортам огурца для одноразовой механизированной уборки и зимних теплиц?

4. Какие сортовые признаки сортов огурцов?

5. К какому семейству относят огурец?

Тема 7. Овощные культуры семейства Пасленовые

Цель занятия – ознакомиться с морфологическими особенностями овощных растений из семейства Solanaceae (Паслёновые) и изучить основные районированные сорта томата, перца, баклажан для открытого и защищённого грунта.

Задачи

1. Изучить и зарисовать морфологические признаки томата, перца, баклажана по натуральным образцам, литературе и таблицам по теме.

2. Изучить отличительные признаки сортов томатов, перца, баклажан для открытого и защищённого грунта и описать их.

3. Зарисовать строение плодов томата, перца, баклажан.

Наглядные пособия

1. Живые и фиксированные объекты.

2. Гербарий, муляжи.

3. Типы кустов томатов.

4. Таблицы с рисунками культур семейства Паслёновых.

5. Скальпели, разборные доски, весы, линейки.

К Паслёновым относятся томат, перец, баклажан. Все они однолетние культуры. Большинство этих культур широко распространены в России, особенно большие площади занимает томат (до 30% в структуре посева овощных) и, главным образом, в южных регионах России, что объясняется высокими требованиями этих культур к теплу и продолжительным вегетационным периодом.

Задание 1. Дать определение терминов по теме.

Пасынки –

Куст штамбовый –

Куст детерминантный –

Куст индетерминантный –

Задание 2. Описать морфологическое строение томата в таблице 15.

Таблица 15

Морфологическая характеристика томата

Признаки	Описание
Латинское название	
Корневая система	
Стебель	
Пасынок	
Листья	
Цветок	
Соцветие	
Плод	
Семена	

Задание 3. Зарисовать кисти томата: 1 – простая, 2 – полусложная, 3 – сложная [6, С. 130, рис. 70].

Задание 4. Зарисовать поперечный и продольный разрезы плода томата [6, С. 131, рис. 71].

Задание 5. Зарисовать камерность плодов томата: 1 – мало, 2 – средне, 3 – много [6, С. 133, рис. 70].

Задание 6. Записать продолжительность вегетационного периода у различных групп томата [6, С. 133].

По продолжительности вегетационного периода сорта томата делятся на:

- скороспелые:
- среднеспелые:
- позднеспелые:

Задание 7. Описать районированные сорта томата в таблице 16.

Таблица 16

Характеристика сортов томата

Название сорта	Тип куста	Тип кисти	Вегетационный период, дн.

Задание 8. Описать морфологическое строение перца в таблице 17 [6, С. 135].

Таблица 17

Морфологическая характеристика перца

Признаки	Описание
Латинское название	
Корневая система	
Стебель	
Листья	
Цветок	
Плод	
Семена	

Задание 9. Зарисовать поперечный и продольный разрезы плода перца [6, С. 131, рис. 71].

Задание 10. Описать районированные сорта перца в таблице 18.

Таблица 18

Описание сортов перцев

Название сорта	Высота куста, см	Форма плодов	Толщина мякоти, мм	Вегетационный период, дн.

Задание 11. Описать морфологическое строение баклажана в таблице 19 [6, С. 137].

Таблица 19

Морфологическая характеристика баклажана

Признаки	Описание
Латинское название	
Корневая система	
Стебель	
Листья	
Цветок	
Плод	
Семена	

Задание 11. Зарисовать поперечный и продольный разрезы плода баклажана [6, С. 131, рис. 71].

Задание 12. Описать районированные сорта баклажана в таблице 20.

Таблица 20

Описание сортов баклажана

Название сорта	Высота куста, см	Форма плодов	Толщина мякоти, мм	Вегетационный период, дн.

Контрольные вопросы

1. В какой фазе роста и как употребляют в пищу плоды томата?
2. Типы кустов томата? Что такое камерность? Значение её при характеристике сорта.
3. Что называется дозариванием? Для каких культур применяется этот приём?
4. Окраска плодов баклажан в технической и биологической спелости?
5. На какие группы делят перцы по способу употребления в пищу плодов?
6. Содержание витаминов в плодах перца?

Тема 8. Корнеплодные овощные растения

Цель занятия – изучить морфологические и хозяйственные признаки овощных растений из группы корнеплодов и ознакомиться с районированными сортами столовых корнеплодов, рекомендованных к выращиванию.

Задачи

1. Ознакомиться с растениями из группы корнеплодов и описать их по таблице.
2. Изучить и зарисовать формирование корнеплодов.
3. Изучить и зарисовать анатомическое строение столовых корнеплодов, относящихся к различным семействам.
4. Изучить и описать районированные сорта столовых корнеплодов.

Наглядные пособия

1. Натуральные образцы корнеплодов.
2. Альбомы, плакаты, рисунки и схемы строения корнеплодов.
3. Ножи, линейки, салфетки, разделочные доски, цветные карандаши.

Корнеплодными принято называть группу овощных растений, формирующих мощные сочные подземные органы, используемые человеком в пищу. Корнеплодных овощных культур очень много. К наиболее распространённым относятся: морковь, свёкла, редис, редька, петрушка, пастернак, сельдерей, брюква, репа.

Все корнеплоды, кроме редиса и летней редьки, двулетники. В первый год формируется розетка листьев и корнеплод, во второй – из почек, находящихся в пазухах розеточных листьев, развивается цветущий и плодоносящий стебель.

Все корнеплодные – очень полезные продукты питания. Их пищевая ценность определяется высоким содержанием нужных для организма человека веществ, таких как легкоусвояемые углеводы, органические кислоты и минеральные соли, сахара и витамины.

Задание 1. Ознакомиться с овощными корнеплодами и описать их по прилагаемой форме таблицы 21.

Таблица 21

Описание корнеплодов

Наименование культуры		Название семейства		Продолжительность жизни	Продуктовый орган	Используется ли для выгонки
русское	латинское	русское	латинское			

Задание 2. Изучить и зарисовать развитие корнеплодов [6, С. 78, рис. 32].

Задание 3. Изучить и зарисовать анатомическое строение корнеплода [6, С. 81, рис. 34].

Задание 4. Изучить и описать в таблице 22 сорта корнеплодов, рекомендованных к выращиванию.

Таблица 22

Описание сортов корнеплодов

Название		Длина вегетационного периода, дн.	Назначение сорта	Лежкость	Вкус
культуры	сорта				

Контрольные вопросы

1. Какие биологические особенности моркови необходимо учитывать при её выращивании?

2. В чём хозяйственная ценность петрушки, сельдерея, пастернака, редьки, репы, брюквы?

3. Назовите латинские названия всех корнеплодов.

4. Что называется выгонкой? Какие корнеплоды пригодны для выгонки?

5. Назовите наиболее холодостойкие корнеплодные растения.

6. Назовите районированные сорта корнеплодов.

Тема 9. Овощные культуры семейства Бобовые

Цель занятия – познакомиться с морфологическими особенностями бобовых овощных культур, выписать и выучить их латинские названия.

Задачи

1. Изучить по наглядному материалу морфологические признаки и биологические особенности гороха, фасоли и бобов.

2. Описать районированные сорта бобовых культур.

Наглядные пособия

1. Методические материалы по теме, цветные таблицы и плакаты, наглядный материал свежих растений и семян.

2. Альбом с рисунками сортов и описание сортов изучаемых овощных культур.

Бобовые овощные растения относятся к семейству Бобовых (Fabaceae). В отличие от всех овощных растений, содержащих в продуктовых органах, главным образом, углеводы, бобовые богаты протеином и, следовательно, имеют большое значение в решении проблемы недостатка растительного белка.

Бобовые овощи и особенно фасоль, содержат все необходимые для человека аминокислоты, соли кальция, фосфора, железа, витамины. Бобы по содержанию белка превосходят горох и фасоль, богаты пектиновыми веществами. Продукция бобовых овощных культур поступает в ранние сроки, что также является ценным.

В группу бобовых овощных растений входит горох, три вида фасоли (обыкновенная, лимская, многоцветковая) и бобы. Наибольшее распространение имеют горох и фасоль обыкновенная. В средней полосе и северных регионах России выращивают бобы овощные.

Задание 1. Зарисовать строение цветка бобовых [6, С. 169, рис. 8, 6].

Задание 2. Ознакомиться с морфологией и биологией бобовых овощных культур и описать их по прилагаемой форме таблицы 23 [6, С. 169, табл. 32].

Таблица 23

Признаки бобовых овощных растений

Признаки	Горох	Фасоль	Бобы
Семена: величина			
окраска			
поверхность			
форма			
Семядоли: листья			
прилистники			
Бобы			

Задание 3. Зарисовать листья и бобы гороха, овощных бобов и фасоли [6, С. 170, рис. 87].

Задание 4. Изучить важнейшие отличительные признаки семян фасоли оформить таблицу 24 [6, С. 173].

Таблица 24

Важнейшие отличительные признаки семян фасоли

Название вида	Семена			Семенной рубчик	
	Величина, мм	форма	окраска	форма	местоположение
Фасоль обыкновенная					
Фасоль лимская					

Задание 5. Изучить биологические и хозяйственные признаки бобовых овощных растений и описать их в таблице 25 [6, С. 169].

Таблица 25

Характеристика овощных бобовых по биологическим и хозяйственным признакам

Показатель	Горох	Фасоль	Бобы
Плод			
Семя			
Корневая система			
Опыляемость			
Отношение к: теплу влаге свету питанию			
Способы использования			

Задание 6. Изучить и описать сорта бобовых культур в таблице 26.

Таблица 26

Характеристика сортов бобовых

Показатель	Горох	Фасоль	Бобы
1	2	3	4
Сорт Размер: плода семени			
Форма и окраска семени			

Окончание таблицы 26

1	2	3	4
Количество семян в плоде, шт.			
Число дней от всходов до: Технической спелости Биологической спелости			

Контрольные вопросы

1. Перечислите овощные культуры, которые относятся к семейству Бобовых.
2. Назовите отличительные признаки сахарных и лущильных сортов бобовых растений.
3. Способы использования различных бобовых овощных культур.
4. Дайте характеристику районированным сортам гороха.
5. По каким признакам отличаются фасоль лимская и обыкновенная?

Тема 10. Однолетние листовые овощные культуры

Цель занятия – познакомиться с морфологическими особенностями надземной части и корневой системы многолетних и однолетних листовых культур.

Задачи

1. Изучить по наглядному материалу морфологические признаки и биологические особенности салата, шпината, укропа.
2. Познакомиться с признаками однолетних листовых культур.
3. Описать виды и сорта этих культур.

Наглядные пособия

1. Методические материалы по теме, цветные таблицы и плакаты, наглядный материал свежих растений и семян.

2. Альбом с рисунками сортов и описание сортов изучаемых овощных культур.

Овощные культуры, у которых в пищу используются молодые листья без тепловой обработки, называются зеленными растениями. К ним относятся однолетние культуры, такие как салат, шпинат, укроп, кресс-салат, листовая горчица, базилик, огуречная трава и др.

Однолетние овощные растения выращивают для получения молодых листьев, которые употребляют в пищу свежими. Из шпината готовят пюре, зеленые щи, а укроп применяют в качестве приправы или специй при солении и мариновании овощей. Зеленные однолетние овощные растения содержат белки (1,5-2,9%). Углеводы (2,2-7,5%), витамины В6, В2, С

и каротин, а также ферменты и минеральные соли K, P, Na. Они благоприятно влияют на пищеварение, улучшают обмен веществ и являются диетическими продуктами.

Задание 1. Ознакомиться с морфологией и биологией однолетних листовых овощных растений и описать их по прилагаемой форме таблицы 27 [6, С. 187].

Таблица 27

Описание однолетних листовых овощных культур

Название культур		Название семейства		Продуктовый орган	Способ использования	Способ размножения	Продолжительность выращивания на одном месте
русское	латинское	русское	латинское				

Задание 2. Зарисовать листовой и кочанный салат [6, С. 188, рис. 92, 93].

Задание 3. Изучить и описать разновидности салата в таблице 28 [6, С. 18].

Таблица 28

Описание разновидностей салата

Название разновидности		Продуктовый орган	Рисунок
русское	латинское		

Задание 3. Изучить и описать признаки сортов салата в таблице 29.

Таблица 29

Признаки сортов салата

Сорт	Розетка	Лист	Кочан	Скороспелость

Задание 4. Изучить и описать признаки сортов шпината в таблице 30.

Таблица 30

Признаки сортов шпината

Сорт	Розетка	Лист		Скороспелость
		форма	поверхность	

Задание 5. Изучить и описать признаки сортов укропа в таблице 31.

Таблица 31

Признаки сортов укропа

Сорт	Розетка	Лист	Скороспелость	Примечание

Контрольные вопросы

1. Назовите разновидности салата.
2. Укажите пищевую ценность изучаемых овощных культур.
3. Назовите латинские названия однолетних листовых овощных растений.
4. Назовите продуктовый орган однолетних листовых овощных растений.
5. Способ размножения листовых овощных растений.

Тема 11. Многолетние листовые овощные культуры

Цель занятия – познакомиться с морфологическими особенностями надземной части и корневой системы многолетних листовых культур.

Задачи

1. По гербариям, рисункам, всходам изучить морфологические особенности розетки листьев, соцветий, цветков, семян, корневой системы у щавеля, ревеня, спаржи, хрена.
2. Познакомиться с признаками многолетних листовых культур.
3. Описать виды и сорта этих культур.
4. Зарисовать внешний вид ревеня, спаржи, эстрагона, листья хрена.

Наглядные пособия

1. Методические материалы по теме, цветные таблицы и плакаты, наглядный материал свежих растений и семян.

2. Альбом с рисунками сортов и описание сортов изучаемых овощных культур.

Овощные культуры, у которых в пищу используются молодые листья без тепловой обработки, называются зеленными растениями. К ним относятся такие многолетние растения, как щавель, спаржа, хрен.

Надземная часть многолетников ежегодно отмирает. В зимующих корнях и корневищах за лето накапливаются запасные вещества, за счёт которых каждую весну происходит быстрое восстановление надземных органов. Многолетние растения дают ценную овощную продукцию из открытого грунта раньше, чем даже скороспелые растения, как салат и редис. Затраты на получение единицы продукции многолетников меньше, чем других овощей.

Задание 1. Ознакомиться с морфологией и биологией многолетних листовых овощных растений и описать их по прилагаемой форме таблицы 32.

Таблица 32

Описание многолетних листовых овощных культур

Название культуры		Название семейства		Корень	Лист	Соцветие	Семена	Отношение к теплу	Отношение к влаге	Отношение к почвам	Продуктовый орган	Способ использования	Способ размножения	Примечание
русское	латинское	русское	латинское											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Задание 2. Зарисовать внешний вид ревеня [6, с. 179, рис. 88].

Задание 3. Зарисовать внешний вид спаржи [6, С. 182, рис. 89].

Задание 4. Зарисовать внешний вид эстрагона [6, С. 184, рис. 90].

Задание 5. Зарисовать листья хрена [6, С. 186, рис. 91].

Контрольные вопросы

1. Перечислите культуры, которые относятся к многолетним листовым культурам.
2. Назовите способы размножения хрена, ревеня, спаржи.
3. Назовите районированные сорта многолетних листовых овощных растений.
4. Продуктовый орган многолетних листовых растений.
5. Корневая система многолетних листовых культур.

Тема 12. Принципы составления овощных севооборотов

Цель занятия – используя полученные теоретические знания, освоить практические навыки построения овощных севооборотов.

Задачи

1. Ознакомиться с основными принципами чередования овощных культур в севооборотах.

2. Составить севооборот, используя индивидуальное задание с набором овощных культур.

3. Указать систему предпосевной обработки почвы в составленном севообороте.

Наглядные пособия

1. Таблицы, схемы севооборотов с овощными культурами.
2. Индивидуальные задания по составлению схем овощных севооборотов.

Правила чередования овощных культур в севообороте

1. Овощные растения одного ботанического семейства не должны возвращаться на поле раньше, чем через 3-4 года, то есть до истечения срока сохранения в почве возбудителей болезней и вредителей, специфичных для данного семейства.

2. Культуры, отличающиеся требовательностью к почвенному плодородию (лук, кочанная и цветная капусты, огурец, зеленные культуры), следует размещать после менее требовательных (корнеплоды, томат, бобовые).

3. Овощные растения с поверхностной корневой системой необходимо выращивать после культур, имеющих глубоко проникающие корни, чтобы избежать одностороннего истощения почвы.

4. По свежему органическому удобрению следует выращивать среднюю и позднюю капусту, огурцы, кабачки, брюкву, то есть культуры, окупающие его внесение большими прибавками урожая. На второй год после внесения свежего органического удобрения или в 1 год по перепревшему навозу (перегною) – капусту раннюю, томаты, лук, зеленый горошек.

На 3 год после внесения свежего органического удобрения – корнеплоды и бобовые.

5. После культур, убираемых в поздние сроки, следует размещать овощи с поздним сроком посева или посадки (томаты, огурец – после капусты; среднюю и позднюю капусту – после корнеплодов). Культуры с ранним сроком посева (посадки) следует размещать после культур, убираемых рано (корнеплоды – после огурца; лук – после огурца, раннего картофеля, томата).

6. Овощные растения, сильно угнетаемые сорняками, выращивают после растений, агротехника и биологические особенности которых способствуют очищению поля от сорных растений (например, морковь, лук лучше размещать после капусты ранней, огурца, томата).

Задание 1. Записать задание в таблицу 37 и определить посевную площадь для каждой культуры.

Таблица 37

Производство овощей и посевная площадь по культурам

Наименование культуры	Валовый сбор, т	Плановая урожайность, ц/га	Посевная площадь, га
1	2	3	4

Задание 2. 1) Определить средний размер поля, ориентируясь на площадь, занятую ведущими культурами. 2) Объединить культуры в группы, сходные по производственно-

биологическим признакам. 3) Разместить овощные растения по полям севооборота и составить схему их чередования с учётом предшественников.

1 севооборот 2 севооборот

Задание 2. Разработать систему обработки почвы и внесения удобрений в связи с принятым чередованием культур в севообороте. Заполнить таблицу 38.

Таблица 38

Система обработки почвы и внесение удобрений под овощные культуры в севообороте

№ поля	Чередование культур	Обработка почвы	Удобрение на 1 га, т
1	2	3	4

Окончание таблицы 38

1	2	3	4

Контрольные вопросы

1. Какое значение имеют севообороты в овощеводстве?
2. Принципы построения севооборотов с овощными культурами?
3. Что определяет возможность размещения различных культур на одном поле?
4. Значение уплотнённых и повторных культур в овощеводстве?
5. Что достигается научно-обоснованным чередованием овощных культур в севообороте?

Тема 13. Расчет потребности в семенах для выращивания овощных культур в открытом грунте

Цель занятия – освоить методику расчёта потребности в семенах и рассаде для последующего выращивания овощных культур в открытом грунте.

Задачи

1. Рассчитать потребность в семенах и рассаде различных овощных культур согласно индивидуальному заданию.

Наглядные пособия

1. Плакаты, рисунки с изображением схем посева, посадки и схем размещения овощных растений.
2. Стандарты на семена овощных культур.

Для расчета потребности в семенах различных овощных культур необходимо знать принятые схемы посева и посадки овощных культур (табл. 33), справочные нормы высева семян на 1 га, а также показатели посевной или хозяйственной годности семян [9], а также показатели посевной годности используемой партии семян для посева.

С учетом схем посева или посадки рассчитывается число растений на 1 га, для страхового фонда к этому числу прибавляют 10-15% растений.

Для определения потребности в семенах сначала рассчитывают посевную годность семян той партии, которая используется в хозяйстве для посева.

$$ПГ = \frac{Ч \times В}{100} \quad (1)$$

где $ПГ$ – посевная годность семян, %;

$Ч$ – чистота семян, %;

$В$ – всхожесть семян, %.

Затем определяют посевную годность семян, указанных в задании овощных культур для показателей I класса [9].

После этого рассчитывают норму высева семян той партии семян, которые используются для посева (по индивидуальному заданию).

$$НВ = \frac{НВ \times ПГ_{I}}{ПГ_{X}} \quad (2)$$

где *НВ* – норма высева семян, имеющихся в хозяйстве;

НВ$_I$ – норма высева [9];

ПГ$_I$ – посевная годность семян I класса;

ПГ$_X$ – посевная годность семян, имеющихся в хозяйстве.

Таблица 33

Схемы размещения овощных культур

№ п/п	Наименование культуры	Расстояние между рядами (см)	Расстояние между растениями в ряду (см)
1.	Капуста ранняя цветная	70	30-35
2.	Капуста средняя	70	40-50
3.	Капуста поздняя	70	60-70
4.	Томат, баклажан, перец	70 или 50+90	35
5.	Огурец	50-90	10-20
6.	Кабачок	140	70
7.	Морковь	45 или 20+50	3-5
8.	Петрушка	45 или 20+50	5-7
9.	Свекла столовая	45 или 20+50	6-8
10.	Лук-репка, чеснок	45 или 20+50	5-8
11.	Лук-севок	20+50 или 7,5×11+57,5 или 20×4+58	2
12.	Салат, шпинат, укроп	12,5×7+52,5	3-5
13.	Редис	20,5×4+58	3-5
14.	Редька	45 или 20+50	15
15.	Зеленый горошек	12,5×7+52,5	4-6

Задание 1. В таблице 34 провести расчёт потребности в семенах овощных культур.

Таблица 34

Расчет потребности в семенах овощных культур для выращивания растений в открытом грунте

Наименование культуры	Посевные качества семян в хозяйстве		Схема посева или посадки	Площадь питания одного растения, м^2	Количество растений на 1 га, шт.	Посевная годность семян, %		Расчетная норма высева, кг	Страховая норма (10%)	Фактическая норма высева (+), кг	Площадь, га	Требуется всего семян ан всю площадь, кг
	чистота	всхожесть				I класс	имеющиеся в хозяйстве					
1	2	3	4	5	9	7	8	9	10	11	12	13

Контрольные вопросы

1. Что такое площадь питания растений и как она определяется при разных способах посева и посадки?

2. Дать характеристику схемам размещения овощных культур.

3. Отметить преимущества и недостатки различных способов посева и посадки овощных культур.

4. Какие показатели необходимы для определения нормы высева семян и как они влияют на изменение её величины?

5. Как правильно проконтролировать густоту стояния растений в полевых условиях?

Тема 14. Расчет потребности в рассаде и площади защищённого грунта для её выращивания

Цель занятия – освоить методику расчёта потребности в рассаде и площади защищённого грунта для её выращивания.

Задачи

1. Рассчитать потребность в рассаде различных овощных культур согласно индивидуальному заданию.

2. Рассчитать площадь защищённого грунта для выращивания рассады.

Наглядные пособия

1. Плакаты, рисунки с изображением схем посева, посадки и схем размещения овощных растений.

Расчет потребности рассады проводят по каждой культуре. При этом берут за основу схему посадки рассады в открытый грунт и рассчитывают площадь питания одного растения. Если схема посадки предусматривает 1 рядок, то ее рассчитывают по формуле (1), если несколько рядков, объединенных в ленту – по формуле (2).

$$S = P \times Ш \qquad (1)$$

где S – площадь питания, м^2;

P – расстояние между рядками, м;

$Ш$ – расстояние межу растениями в рядке, м.

$$S = P \times \frac{Л + C \times (Ч - 1)}{Ч} \qquad (2)$$

где S – площадь питания, м^2;

P – расстояние между растениями в рядке, м;

С – расстояние межу строками в ленте, м;

Л – расстояние между лентами, м;

Ч – количество строк в ленте, шт.

При многострочных посадках на грядах площадь питания определяют путем деления ширины гряды на количество строк и умножения полученного результата на расстояние между растениями в ряду.

$$S = \frac{0{,}014}{Ч} \times Ш \qquad (3)$$

где S – площадь питания, м^2;

0,014 – ширина гряды, м;

$Ш$ – расстояние межу растениями в рядке, м;

$Ч$ – количество строк на гряде, шт.

Потребность рассады на 1 га, не зависимо от способа размещения растений, находят путем деления 1 га (выраженного в м^2) на площадь питания одного растения. Затем находят потребность рассады на заданную площадь, умножая потребность рассады на 1 га на площадь, на которую планируется вырастить рассаду (берется из задания). После этого планируется страховой фонд на случай отхода при выборке, для проведения подсадки растений. Страховой фонд составляет 10-15%. Его находят по пропорции от потребности рассады на всю площадь. Общая потребность в рассаде находится путем сложения граф 4 и 54 таблицы 6.

Пример. Найти потребность рассады (К) раннеспелой белокочанной капусты на 3 га. Капусту планируется высаживать по схеме 0,7×0,3 м.

S=0,7×0,3=0,21 м^2

Требуется рассады на 1 га:

$$К = \frac{10000}{0{,}21} = 47{,}6 \text{ тыс. шт.}$$

Требуется рассады на 3 га:

47,6 тыс. шт. × 3 га =142,8 тыс. шт.

Найдем страховой фонд (10%):

142,8 тыс. – 100%

x – 10%

$$x = \frac{142{,}8 \times 10}{100} = 14{,}28 \text{ тыс. шт.}$$

Общая потребность рассады составит:

142,8 тыс. шт. + 14,28 тыс. шт. = 157,08 тыс. шт.

Далее выбирают способ выращивания рассады (с пикировкой, без пикировки или в стаканчиках, кубиках, горшочках) и подбирают сооружения защищенного грунта для ее выращивания – теплица, парник или утеплённый грунт. При этом следует помнить, что рассаду нужно получить в срок, хорошего качества, с низкой себестоимостью.

Так, рассаду ранней капусты целесообразнее выращивать с пикировкой в обогреваемых теплицах, в теплых парниках, средней и поздней капусты – без пикировки на открытых рассадных грядах. Рассада тыквенных культур не переносит пересадки, поэтому ее выращивают без пикировки в горшочках или кубиках.

Пример. Найти потребность защищенного грунта для выращивания рассады раннего томата в количестве 11 тыс. штук. Рассаду раннего томата выращивают с пикировкой, причем сеянцы высевают в парник, а пикируют в теплицу.

Найдем выход сеянцев с одной парниковой рамы, при этом нужно помнить, полезная площадь парниковой рамы 1,5 м^2. Посев будем проводить рядовым способом по схеме 5×1-1,5 см. Площадь питания 1 сеянца 5×1=5 см^2.

Выход сеянцев с одной парниковой рамы: 1,5 м^2:5 см^2=1,5 м^2:0,0005 м^2=3000 штук.

Найдем потребность парниковых рам для размещения 11 тыс. штук сеянцев раннего томата:

11000 растений – x парниковых рам

3000 растений – 1 парниковая рама

x=11000:3000=3,4 парниковых рам требуется для размещения 11000 сеянцев раннего томата.

Площадь питания при пикировке или размер горшочка, кубика будет зависеть от культуры: для ранней капусты – 6×6, средней и поздней – 5×5 см, ранних томатов – 8×8, среднепоздних – 6×6, огурцов и других тыквенных культур 10×10 см. Так, площадь питания рассады раннего томата после пикировки будет равна: 8×8 = 64 см^2.

Выход рассады с 1 м^2 теплицы: 1м^2:64 см^2 = 1м^2:0,0064 м^2 = 156 штук.

Далее найдем потребность теплиц для размещения 11 тыс. штук рассады раннего томата:

11000 растений – x м^2

156 растений – 1 м^2

x=11000:156=70,5 м^2 теплиц требуется для размещения 11000 рассады раннего томата.

Задание 1. В таблице 35 провести расчёт потребности в семенах овощных культур.

Таблица 35

Расчет потребности в семенах овощных культур

для выращивания растений в открытом грунте

Культура	Площадь, га	Требуется рассады тыс. шт.			
		на 1 га	на всю площадь	страховой фонд (10-15%)	общая потребность

Задание 2. В таблице 36 провести расчёт потребности в защищённом грунте.

Таблица 36

Расчет площади защищённого грунта для выращивания рассады овощных культур

Культура	Способ выращивания рассады	Теплицы (парники)				Утепленный грунт	
		выход с $м^2$ (с рамы)		требуется $м^2$ (рам)		выход с 1 $м^2$	требуется $м^2$
		сеянцев	рассады	под сеянцы	под пикировку		
1	2	3	4	5	6	7	8

Окончание таблицы 36

1	2	3	4	5	6	7	8

Контрольные вопросы

1. Рассада каких овощных культур выращивается с пикировкой и почему?
2. Показатели качества рассады.
3. Приёмы закаливания рассады.
4. Выход деловой рассады по отдельным овощным культурам с единицы площади.
5. Что называется коэффициентом развёртывания и на что он указывает?

Тема 15. Составление технологических схем выращивания овощей в открытом грунте

Цель занятия – закрепить и углубить знания студентов по биологии и технологии возделывания важнейших овощных растений и научиться самостоятельно разрабатывать примерный агротехнический план выращивания отдельных овощных культур.

Задачи

1. Составить агротехнический план выращивания овощной культуры по индивидуальному заданию.

2. При составлении плана учесть проведение технологических мероприятий, снижающих затраты труда и средств.

Наглядные пособия

1. Индивидуальные задания для составления агротехнического плана выращивания овощных культур в открытом грунте.

2. Перечень и характеристика районированных сортов овощных культур.

3. Таблицы и плакаты по схемам посева и посадки, глубине посева семян, температурному режиму выращивания рассады овощных культур.

Агротехнический план включает все технологические процессы, выполнение которых обеспечивает получение высокого урожая каждой конкретной овощной культуры, выращиваемой в данной зоне. Перечень технологических мероприятий, выбранный студентом для выращивания указанной овощной культуры, заполняется по прилагаемой форме последовательно в календарном порядке (от предпосевной обработки почвы под выращиваемую культуру до уборки урожая). По каждой работе, необходимой для выращивания овощной культуры, указываются сроки выполнения, машины и орудия, используемые при выполнении отдельных технологических мероприятий. Планируемым работам необходимо дать агротехническое обоснование (глубина вспашки, нормы внесения удобрений, нормы посева семян и посадки рассады на 1 га и т.д.).

В системе удобрений необходимо запланировать внесение основного удобрения (навоза, перегноя или минерального удобрения) под зяблевую вспашку и подкормки (количество и дозы следует устанавливать с учетом выращиваемой культуры).

В плане должна быть предусмотрена система мер по борьбе с вредителями и болезнями овощных культур с указанием числа обработок, сроков их проведения, применяемых ядохимикатов, нормы расхода препарата на 1 га посева.

Сроки посева и высадки рассады овощных культур определяют биологическими особенностями овощных растений, а также планируемыми сроками получения урожая.

Норма высева семян определяется их качеством, сроками и способами посева. При подзимних посевах нормы увеличиваются на 20-30%. В расчет потребного количества рассады необходимо включать страховой фонд около 10% от общей потребности.

Составляя агротехнический план выращивания отдельной овощной культуры, получив задание, студент подбирает необходимый сорт, определяет лучший предшественник, выбирает оптимальные сроки сева, нормы расхода семян или рассады. Подсчитывает примерный урожай и полученный валовой сбор выращенных овощей.

Задание 1. Составить агротехнический план выращивания культуры.

Агротехнический план выращивания

_____

(культура)

Сроки уборки урожая _____.

Сорт _____.

Площадь _____ га. Урожай _____ ц/га.

Валовой сбор _____ ц.

Предшественник _____.

Требуется на 1 га семян _____ кг, рассады _____ тыс. шт.

Схема посадки _____.

Требуется удобрений на 1 га: органических _____ т, минеральных _____ ц,

в т.ч. фосфорных _____ ц, калийных _____ ц, азотных _____ ц.

Требуется удобрений на всю площадь органических _____ т, минеральных _____ ц

в т.ч. фосфорных _____ ц, калийных _____ ц, азотных _____ ц.

Требуется гербицидов на 1 га _____ кг, всего _____ кг

Наименование гербицида _____.

Район _____.

ФИО _____.

Контрольные вопросы

1. Особенности основной обработки почвы под овощные культуры.
2. Особенности предпосевной подготовки почвы для мелкосемянных культур.
3. Роль гербицидов в системе ухода за основными овощными культурами.
4. Машины и оборудование, применяемые в овощеводстве.
5. Особенности уборки овощных культур.

Задание 2. В таблице 39 привести перечень технологических мероприятий по выращиванию культуры.

Таблица 39

Перечень технологических мероприятий необходимых для выращивания _____

№ п/п	Наименование работ	Агротехнические сроки выполнения работ			Состав агрегата		Качественные показатели (глубина, норма посева, норма гербицида и т.д.)
					марка трактора	марка с.-х. машины	

Тема 16. Виды защищённого грунта

Цель занятия – ознакомиться с устройством защищённого грунта, способами его обогрева и видами светопрозрачного покрытия.

Задачи

1. Изучить основные виды и конструкции сооружений защищённого грунта.
2. Изучить и зарисовать схемы строения утеплённого грунта.
3. Изучить устройство и начертить схему углубленного парника на биотопливе.
4. Изучить и зарисовать наиболее распространенные виды теплиц.
5. Ознакомиться и описать способы обогрева и виды покрытия утеплённого грунта, парников и теплиц.

Наглядные пособия

1. Методические материалы по теме, цветные таблицы и плакаты различных видов защищённого грунта.

Защищённый грунт – это земельные участки и специальные сооружения, где можно создавать искусственный микроклимат или улучшать естественные условия для выращивания растений во внесезонное время.

Защищённый грунт подразделяется на утеплённый грунт и культивационные сооружения (парники, теплицы). Виды защищённого грунта различаются между собой по удельному объёму.

Утеплённый грунт – это простейшие временные малогабаритные сооружения без бокового ограждения. Между поверхностью почвы и покрытием расстояние небольшое, поэтому уход за растениями производится при снятых или приоткрытых покрытиях, а обслуживающий персонал находится вне сооружения. Распространён повсеместно и применяется чаще всего в ранневесенний период.

Задание 1. Изучить и описать бескаркасный и каркасный способ укрытия утеплённого грунта.

Задание 2. Зарисовать бескаркасные укрытия [6, С. 30, рис. 9].

Задание 3. Зарисовать каркасное укрытие [6, С. 31, рис. 10].

Задание 4. Зарисовать утеплённый грунт на биологическом обогреве [6, С. 33, рис. 12].

Задание 5. Изучить и кратко описать виды культивационных сооружений, их отличия [6, С. 34].

Задание 6. Зарисовать ранний парник [6, С. 34, рис. 13].

Задание 7. Зарисовать схематический разрез различных типов теплиц [6, С. 37, рис. 14].

Задание 8. Изучить и выписать классификацию теплиц по эксплуатационным и строительным признакам.

Задание 9. Изучить и выписать требования к светопрозрачным материалам, которые используются для укрытия сооружений защищённого грунта [6, С. 39]

Контрольные вопросы

1. Виды защищённого грунта и их роль в обеспечении населения овощами во внесезонное время.
2. Назначение, устройство и сроки использования утеплённого грунта.
3. Недостатки и преимущества парников по сравнению с другими сооружениями защищённого грунта.
4. Отличительные признаки теплиц от других сооружений защищённого грунта.
5. Классификация теплиц по срокам использования, назначению, по конструктивным особенностям и способу обогрева.

Задания для контрольной работы №1

Контрольная работа выполняется по индивидуальным заданиям каждым студентом. Задание состоит из набора семян 10 различных овощных культур.

Для выполнения контрольной работы необходимо определить по семенам название культуры, а так же отношение этих культур к семейству, группе по классификации В. И. Эдельштейна и указать продолжительность жизни овощных культур, имеющихся в индивидуальном наборе семян.

Ответ записывается в контрольную карточку, которую студенты получают вместе с набором семян.

Контрольная карточка определения семян овощных культур

Задание №_____

Фамилия студента_____

Название культуры		Название семейства		Продолжительность жизни данной культуры	К какой группе относится культура по классификации Эдельштейна	Характерные отличительные признаки семян
русское	латинское	русское	латинское			

Вопросы по овощеводству для контрольной работы №2

1. Значение метода рассады в овощеводстве.
2. Температурный режим при выращивании рассады капусты белокочанной раннеспелых, среднеспелых сортов.
3. Пикировка рассады, ее значение, преимущества и недостатки. Укажите овощные культурные сорта, для которых обязательна пикировка. Объясните причины.
4. Понятие забега в росте и развитии при рассадном методе.
5. Приемы повышения качества рассады.
6. Охарактеризуйте места выращивания рассады.
7. Выход деловой рассады различных овощных культур с единицы площади.
8. Приемы закаливания рассады.

9. Укажите примерный выход деловой рассады с 1 м^2 для капусты белокочанной ранних сортов, среднеспелых, позднеспелых, томатов, огурцов, перцев.

10. Перечислите культуры, выращиваемые через рассаду, объясните необходимость этого способа.

11. Горшечная рассада, ее преимущества и недостатки.

12. Условия повышения приживаемости рассады.

13. Беспикировочный способ выращивания рассады. Для каких культур возможен способ.

14. Приемы сохранения забега.

15. Сеянцы, школа сеянцев – дайте объяснение этим терминам и укажите выход сеянцев с 1 м по культурам.

16. Объясните необходимость понижения температуры после появления всходов при выращивании рассады.

17. Дайте характеристику различных мест выращивания рассады овощных культур для открытого грунта.

18. Влияние возраста и условий выращивания на сохранение забега.

19. Горшочки, питательные кубики, торфоблоки – требования к ним и технология изготовления.

20. Способы пикировки и их характеристика.

21. Технология выращивания рассады среднеспелых сортов белокочанной капусты.

22. Температурный режим при выращивании рассады капусты белокочанной.

23. Примерный состав смесей для изготовления питательных кубиков.

24. Рассчитать потребность рассады на 1 га открытого грунта по культурам: белокочанная капуста ранние сорта, среднеспелые сорта, позднеспелые сорта.

25. Выращивание рассады среднеспелой капусты для летнего использования.

26. Положительные и отрицательные стороны рассадного способа по сравнению с безрассадным.

27. Температурный режим при выращивании рассады томата.

28. Укажите наиболее дешевые места для выращивания рассады среднеспелых сортов белокочанной капусты.

29. Продолжительность выращивания рассады различных овощных культур.

30. Охарактеризуйте места для выращивания рассады. Качество рассады и стоимость выращивания в разных местах.

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Предмет и задачи овощеводства как науки, история развития овощеводства как отрасли сельскохозяйственного производства. Задачи развития овощеводства.
2. Деление овощных растений по требовательности к теплу. Пути создания благоприятного теплового режима.
3. Биологические особенности белокочанной капусты и технология выращивания безрассадным способом.
4. Особенности обработки почвы под овощные культуры.
5. Выращивания лука-севка.
6. Источники углекислого газа в открытом грунте, пути регулирования его содержания в почве и воздухе.
7. Особенности технологии выращивания среднеспелых сортов белокочанной капусты для летнего использования.
8. Способы обогрева защищенного грунта и их характеристика.
9. Основные виды луков, их производственная характеристика.
10. Развитие научных основ овощеводства. Роль отечественных ученых. Достижения научно-исследовательских учреждений по овощеводству.
11. Задачи защищенного грунта и его состояние в РФ.
12. Принципы составления севооборотов.
13. Особенности отрасли овощеводства. Способы размножения овощных растений.
14. Кулисные, повторные и уплотненные способы выращивания овощных растений.
15. Биологические особенности и технология выращивания редиса.
16. Значение овощей в питании человека. Какие овощи наиболее ценны по содержанию углеводов, белков, витаминов, минеральных солей. Лечебное значение овощей.
17. Приемы создания благоприятного водного режима в открытом грунте.
18. Горшечная рассада в овощеводстве.
19. Технология выращивания лука-репки из севка.
20. Значение света при выращивании овощных растений. Способы оптимизации светового режима.
21. Утепленный грунт – устройство и назначение.
22. Биологическая характеристика и технология выращивания многолетних овощных растений.
23. Режимы хранения лука-севка.
24. Способы выращивания лука-батуна.

25. Сроки посева и посадки овощных растений.

26. Биологические особенности и технология выращивания чеснока.

27. Приемы закаливания рассады овощных культур.

28. Выращивание среднеспелых сортов белокочанной капусты для осеннего использования.

29. Классификация овощных растений.

30. Условия хранения и прорастания семян.

31. Выращивание продовольственного лука из семян (однолетний способ).

32. Состояние и задачи отрасли овощеводства.

33. Пикировка рассады, преимущества и недостатки, методы пикировки.

34. Приемы предпосевной подготовки семян овощных культур.

35. Особенности технологии выращивания ранних сортов белокочанной капусты.

36. Система удобрений в овощеводстве.

37. Особенности подзимних посевов овощных культур.

38. Место и сроки выращивания рассады белокочанной капусты разных сроков созревания.

39. Пищевой режим при выращивании овощных растений.

40. Биологические особенности белокочанной капусты и характеристика районированных сортов.

41. Виды сооружений защищенного грунта и их использование.

42. Приемы, ускоряющие созревание овощных культур.

43. Биологические особенности и технология выращивания столовой свеклы.

44. Забег в росте и развитии растений, приемы его сохранения.

45. Технология выращивания томатов в открытом грунте. Характеристика районированных сортов.

46. Выращивание рассады ранней капусты.

47. Биологические особенности, характеристика районированных сортов корнеплодов.

48. Период и фазы роста овощных растений.

49. Значение метода рассады.

50. Устройство парников.

51. Пути ликвидации сезонности в снабжении населения овощами.

52. Биологические особенности и технология выращивания моркови, характеристика районированных сортов.

53. Технология выращивания огурца в открытом грунте. Характеристика районированных сортов.

54. Технология выращивания белокочанной капусты разных сроков созревания.

55. Приемы повышения качества рассады.

56. Особенности выращивания цветной капусты и кольраби.

57. Тепловой режим при выращивании овощных растений, классификация овощных культур по требовательности к теплу. Способы оптимизации теплового режима.

58. Требования овощных культур к влажности воздуха и почвы в разные периоды жизни. Пути создания благоприятного водного режима.

59. Требовательность овощных культур к условиям почвенного питания. Отношение овощных культур к органическим удобрениям.

60. Биологическая характеристика лука репчатого, характеристика районированных сортов.

61. Приемы повышения полевой всхожести семян овощных культур.

62. Биологическая характеристика и технология выращивания петрушки, сельдерея и пастернака.

63. Выращивание рассады среднеспелой капусты.

64. Особенности выращивания ранних помидоров, приемы, ускоряющие созревание плодов.

65. Принципы определения овощных растений по семенам.

66. Способы размножения овощных растений.

67. Дозаривание, доращивание, выгонка. Для каких овощных культур применяются эти методы, их эффективность и технология.

68. Способы выращивания лука репчатого, их характеристика.

69. Биологические особенности огурца, сорта огурцов для открытого грунта и их характеристика.

70. Метод рассады, значение этого метода. Положительные и отрицательные стороны метода.

71. Посевной и посадочный материал в овощеводстве.

72. Школка сеянцев, сеянцы, гнездо, выборок, севок, зубок, пикули, корнишоны, донце, зеленец, пасынки, индетерминантный куст – дайте определение этих терминов.

73. Нормы высева семян овощных культур и их расчёт.

Рекомендуемая литература

1. Белик, В. Ф. Овощные культуры [Текст] / В. Ф. Белик [и др.]. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 357 с.

2. Костылев, Д. А. Практикум по овощеводству [Текст] / Д. А. Костылев, Р. Р. Исмагилов. – Уфа : БГАУ, 2009. – 128 с.

3. Котов, В. П. Биологические основы получения высоких урожаев овощных культур [Текст] : учебное пособие / В. П. Котов, Н. А. Адрицкая, Т. И. Завьялова. – СПб. : Лань, 2010. – 128 с.

4. Круг, Г. Овощеводство [Текст] / Г. Круг. – М. : Колос, 2000. – 572 с.

5. Мансурова, Л. И. Овощеводство защищенного грунта [Текст] / Л. И. Мансурова, В. И. Акимов, В. Г. Кириченко. – Самара, 1998. – 149 с.

6. Мансурова, Л. И. Практикум по овощеводству [Текст] / Л. И. Мансурова, В. Г. Кириченко, В. Н. Титов. – М. : Колос, 2006. – 318 с.

7. Матвеев, В. П. Овощеводство [Текст] / В. П. Матвеев, М. И. Рубцов. – М. : Колос, 1985. – 430 с.

8. Мухортов, С. Я. Практикум по овощеводству ЦЧР [Текст] : учебное пособие / С. Я. Мухортов. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2011. – 234 с.

9. Овощеводство защищенного грунта [Текст] / под редакцией В. А. Брызгалова. – М. : Колос, 1983. – 352 с.

10. Овощеводство открытого грунта [Текст] : учебное пособие / В. П. Котов, Н. А. Адрицкая, Н. М. Пуць [и др.] ; под ред. В. П. Котова. – СПб. : Проспект Науки, 2012. – 360 с.

11. Осипова, Г. С. Овощеводство защищённого грунта [Текст] : учебное пособие / Г. С. Осипова. – СПб. : Проспект науки, 2010. – 288 с.

12. Тараканов, Г. И. Овощеводство [Текст] / Г. И. Тараканов, В. Д. Мухин, К. И. Шуин. – М. : Колос, 2002. – 470 с.

13. Электронное учебное пособие «Овощеводство», 2006.

Учебное издание

ОВОЩЕВОДСТВО

Методические указания и рабочая тетрадь

Составители:

Кожевникова Оксана Петровна

Ракитина Вероника Вячеславовна

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 28.09.2015. Формат 60×84 1/8
Усл. печ. л. 8,49, печ. л. 9,13.
Тираж 30. Заказ №256.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
Тел.: (84663) 46-2-47
Факс 46-6-70
E-mail: ssaariz@mail.ru