

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

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 3B654A627B2E5A5205618F91FA78DA03
Владелец: Машков Сергей Владимирович
Действителен: с 27.05.2024 до 20.08.2025

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, обесструктуривание, 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, ц/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 бороновании, 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:

$$Q_{\text{ФАР}} = \frac{31{,}35 \times 25}{31} + 34{,}7 + 31{,}77 = 91{,}76$$

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 ($У_з$)	КПД $_{ФАР}$ %	Отношение фактического урожая к потенциальному ($У_ф/У_з$)
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 п*редназначена 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 кормоубо-рочный	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:

$$Qфар = \frac{ФР \times}{Д}$$

(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:

$$Qфар = \frac{31,5 \times 25}{31} + 34,7 + 31,77 = 91,76 \frac{кДж}{}$$

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	тандартная влажност продукции, %	Отношение основной родукции к побочно	Сумма частей (Л)	Калорийность кДж 1 кг сухой биомассы		
				целое рас-тение	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 много-летнее			
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><td colspan="9">К о л о с</td></tr>
<tr><td colspan="2">Плотный</td><td colspan="7">Рыхлый</td></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 rowspan="2">Колос широкий (1-2 см), яйцевидный, ость 3-5 мм. строение колоса гребневидное, колоски отклонены почти под прямым углом.</td><td colspan="2">Колос узкий (0,5-1,2см)</td><td colspan="2">Колосовых чешуй две</td></tr>
<tr><td colspan="2">Строение колоса</td></tr>
<tr><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>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>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 colspan="3" rowspan="2">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 коротконеостистыми 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>Кострец безостый</td><td>Кострец 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	Отношение 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 фитоцинозов, 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 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 углерода ^{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)

$$A = Z + N; \; A \approx A_r.$$

На рисунке 1 представлен состав ядра атома натрия.

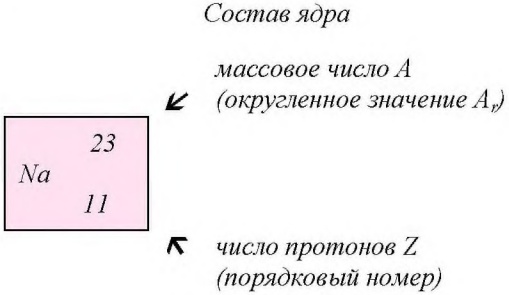


Рис. 1. Состав ядра атома натрия

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).

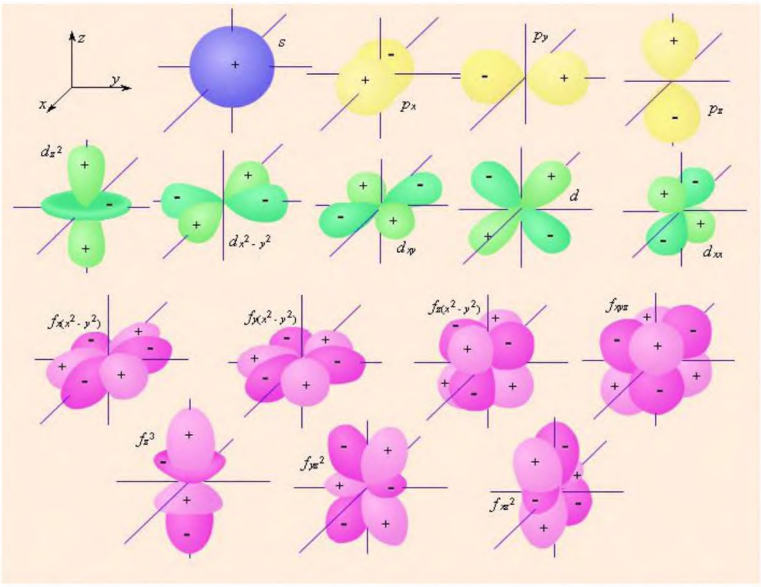


Рис. 2. Формы электронных облаков для различных состояний электронов

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 ℓ + 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.

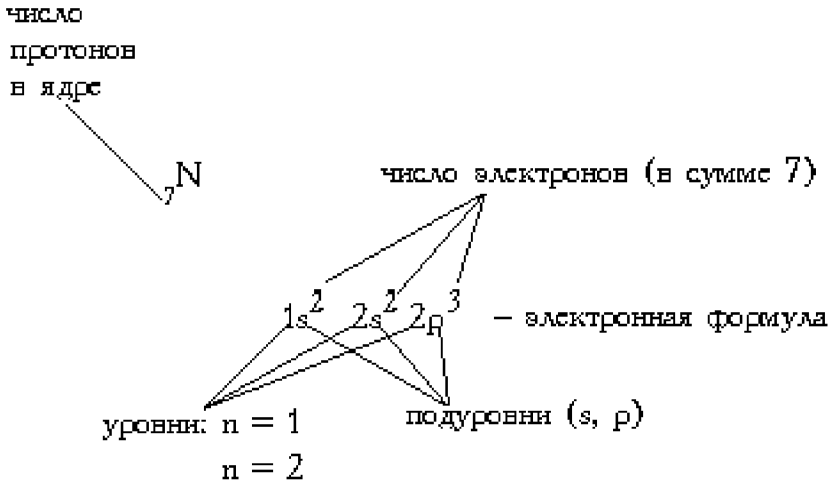


Рис. 4. Схема составление электронной формулы атома азота N

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.

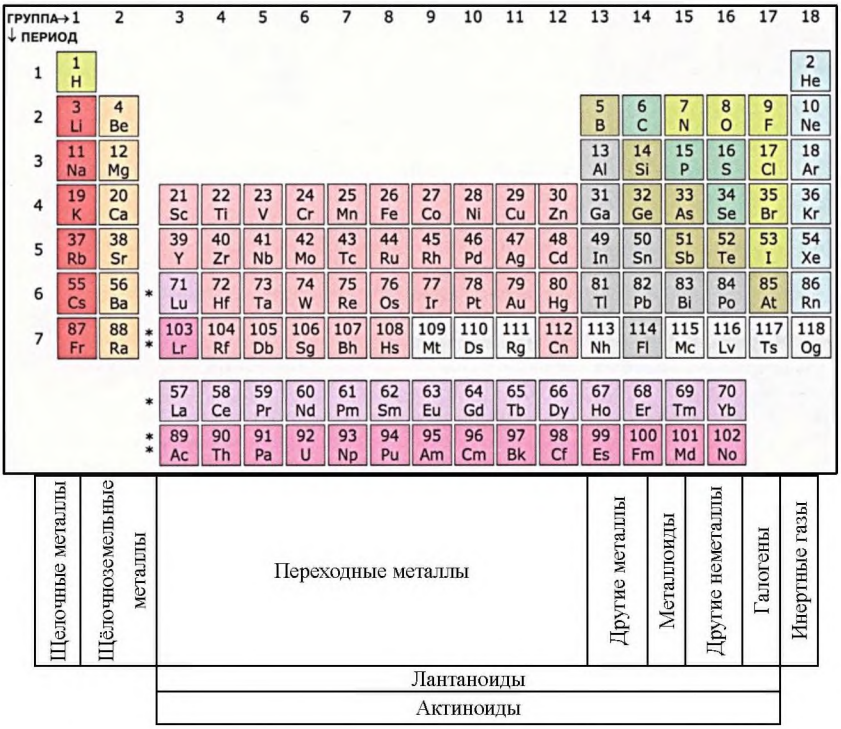


Рис. 5. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева (длиннопериодный вариант)

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);

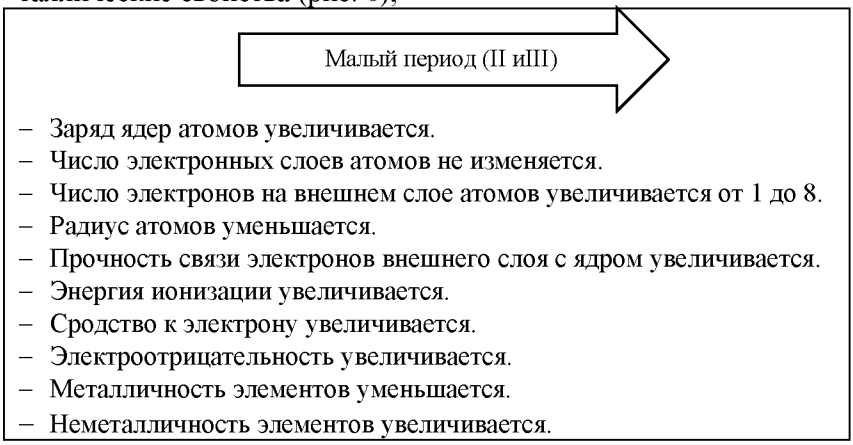
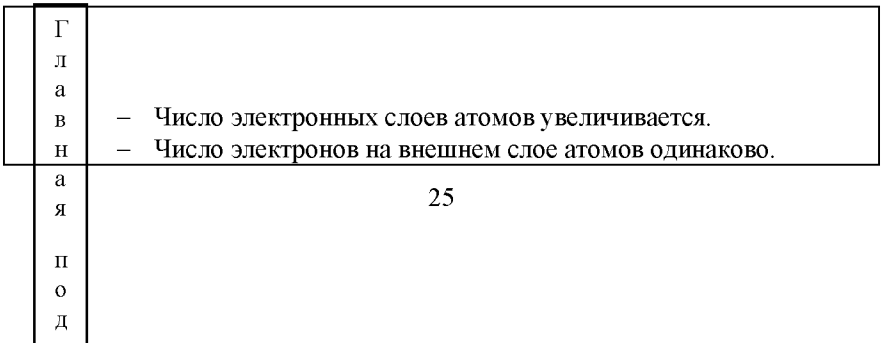


Рис. 6. Изменение свойств и характеристики элементов в малых периодах слева направо

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.

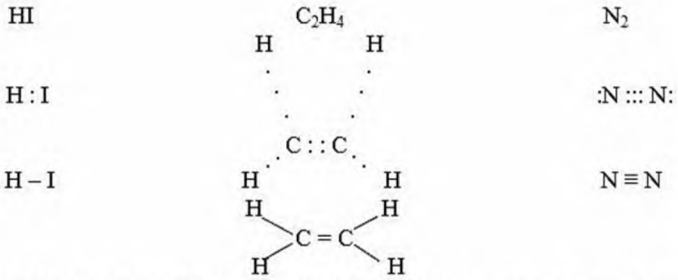
3) Свойства веществ зависят не только от их состава, но и от «химического строения», т.е. от порядка соединения атомов в молекулах и характера их взаимного влияния.

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:

$$\Delta\chi = 3{,}0(\mathrm{Cl}) - 0{,}9(\mathrm{Na}) = 2{,}1.$$

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).

$$_{+11}\mathrm{Na}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \qquad \mathrm{Na}^0 - \bar{e} \rightarrow \mathrm{Na}^+$$
$$_{+17}\mathrm{Cl}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \qquad \mathrm{Cl}^0 + \bar{e} \rightarrow \mathrm{Cl}^-$$

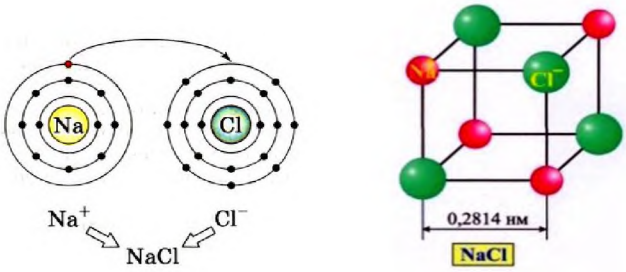


Рис. 8. Схема образования ионной химической связи
на примере хлорида натрия (NaCl)

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).

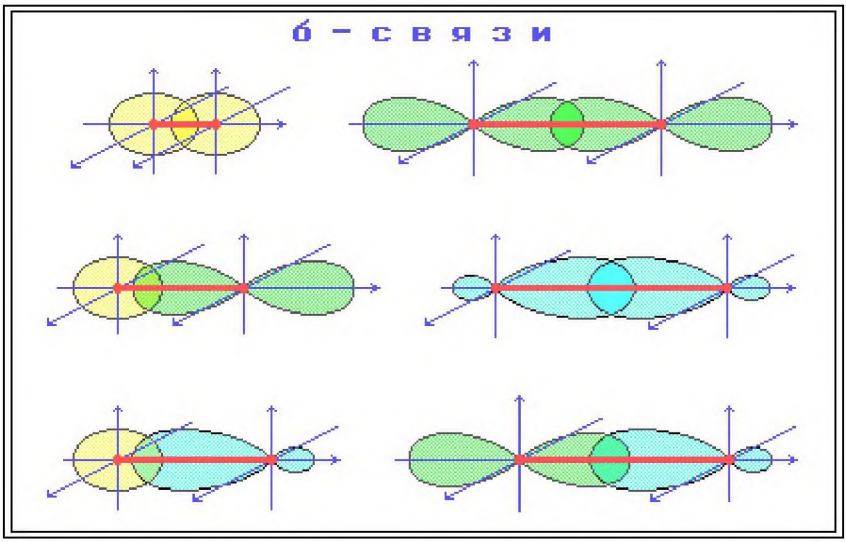


Рис. 9. Строение σ-связи

- 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.

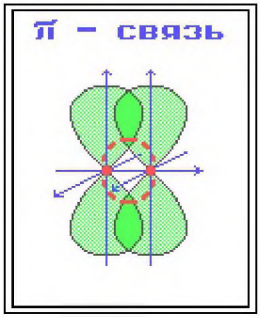


Рис. 10. Строение π-связи

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.

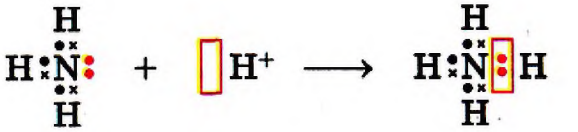
Механизм ковалентной неполярной и полярной связи, образования электронной пары за счет обобществления неспаренных электронов, называется *обменным.*

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:

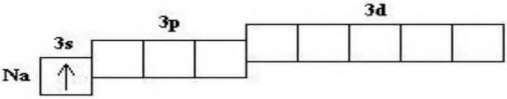


Донор **Акцептор** **Донорно-акцепторная связь**

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≡>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:

$$Me \rightleftarrows Me^{n+} + n\bar{e}.$$

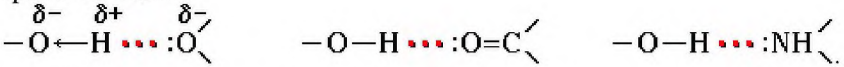
Связь не имеет направленности.

Физические свойства металлов определяются особенностями металлической связи.

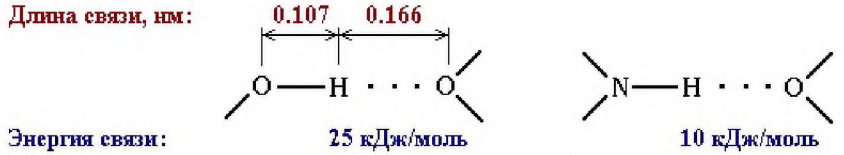
Общее с ковалентной связью – валентные электроны обобщаются, но не двумя, а всеми атомами кристалла.

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°C, а диметиловый эфир CH_3OCH_3, не образующий водородных связей, лишь при -24°C (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:

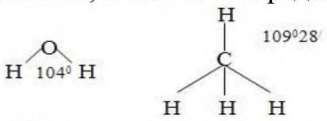
$$H_3C–CH_3 \qquad H–H.$$

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).

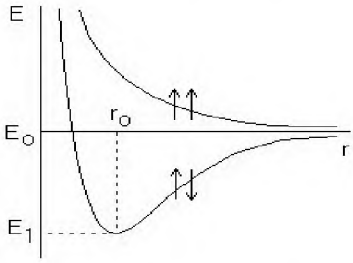


Рис. 11. Зависимость энергии от расстояния между атомами водорода при однонаправленных и противоположно направленных спинах

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.

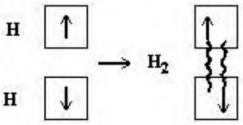
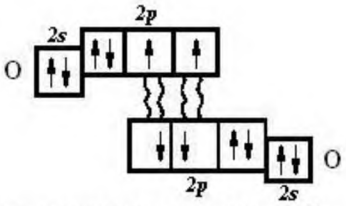


Рис. 12. Схема расположения электронов в молекуле водорода

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.

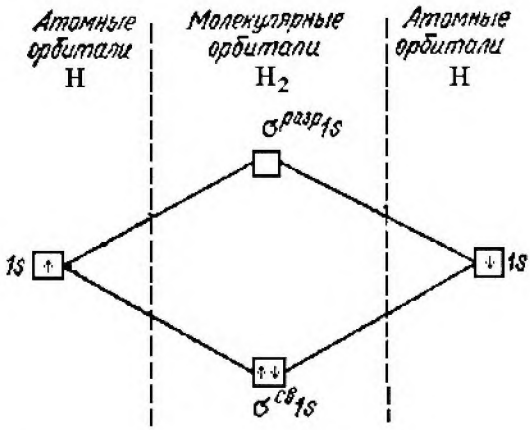


Рис. 13. Энергетическая схема образования молекулы водорода

Из шести исходных 2p-орбиталей образуются шесть МО: три связывающих и три разрыхляющих. В молекуле кислорода O_2 в образовании химических связей принимают участие по четыре 2p-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.

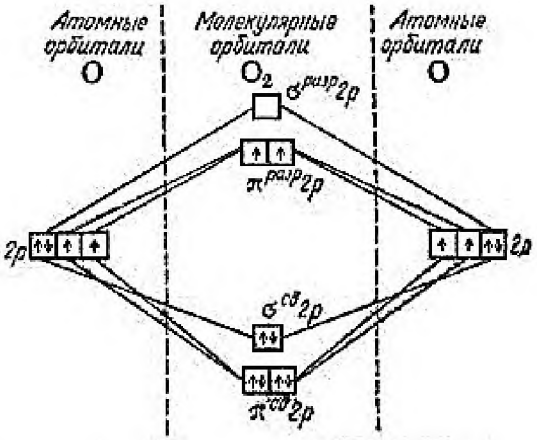


Рис. 14. Энергетическая схема образования молекулы кислорода

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).

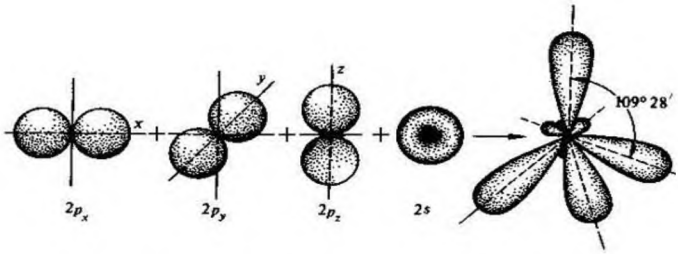


Рис. 15. Sp^3-Гибридизация молекулы метана CH_4

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.

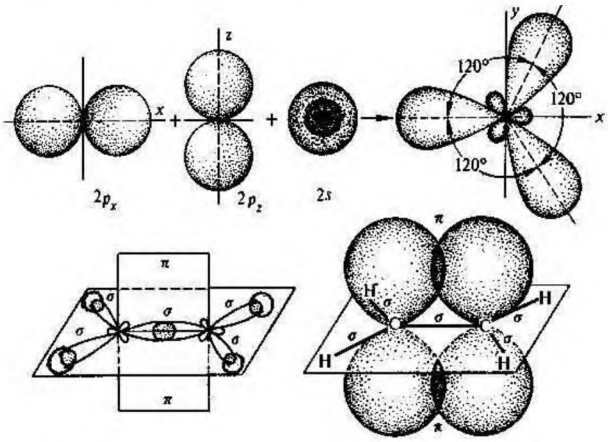


Рис. 16. Образование σ- и π-связей в молекуле этилена C_2H_4

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.

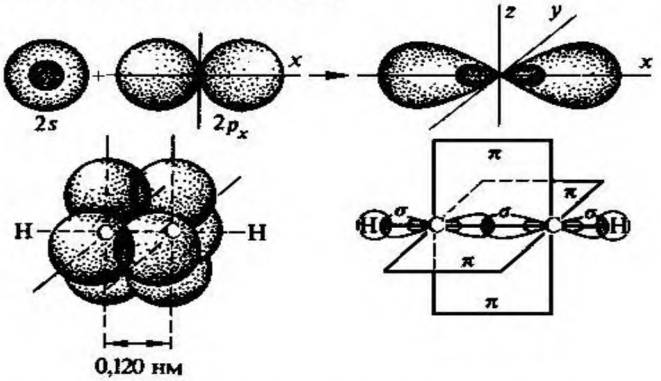
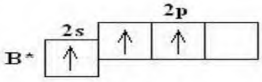


Рис. 17. Образование σ- и π-связей в молекуле ацетилена C_2H_4

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 $\bar{e}$ 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 $\bar{e}$ равно нулю или отрицательное, так как для большинства металлов присоединение $\bar{e}$ энергетически невыгодно. Сродство к $\bar{e}$ 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

$$K_{\text{Н}[CuCl_4]^{2-}} = \frac{[Cu^{2+}]\cdot[Cl^-]^4}{[\,[CuCl_4]^{2-}]} = 2\cdot 10^{-4}.$$

Сравним значение $K_{\text{Н}}[CuCl_4]^{2-}$ со значением константы нестойкости одного из комплексных ионов меди, например $K_{\text{Н}}[Cu(NH_3)_4]^{2+}=2\cdot 10^{-13}$. Тогда мы увидим, что $K_{\text{Н}}[CuCl_4]^{2-} > K_{\text{Н}}[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ 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 ($K_{\text{УСТ}}$) или константой образования комплекса. Величины $K_{\text{Н}}$ и $K_{\text{УСТ}}$ взаимосвязаны:

$$K_{\text{уст}} = \frac{1}{K_{\text{Н}}}.$$

Общая константа устойчивости комплексного иона $К_{уст}$ равна произведению констант отдельных стадий комплексообразования, т.е.

$$К_{уст} = К_1 \cdot К_2.$$

Для иона $[Ag(NH_3)_2]^+$

$$К_{уст} = К_1 \cdot К_2 = \frac{[[Ag(NH_3)_2]^+]}{[Ag^+][NH_3]^2} = 1{,}5 \cdot 10^7.$$

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).

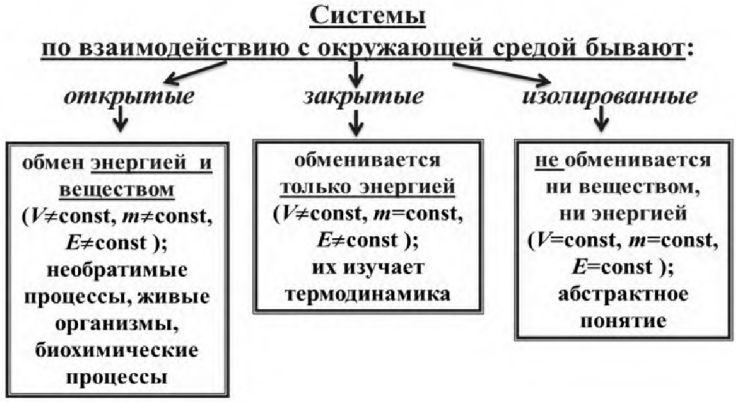


Рис. 18. Схема классификации системы по взаимодействию с окружающей средой

Часть системы, однородная во всех точках по составу, физическим и химическим свойствам и отделенная от других частей системы поверхностью раздела, называется *фазой* (рис. 19).

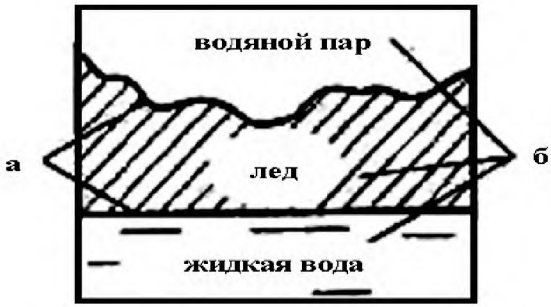


Рис. 19. Трехфазная система (жидкая вода, лед и водяной пар):
а – поверхности раздела фаз; б – фазы системы

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).

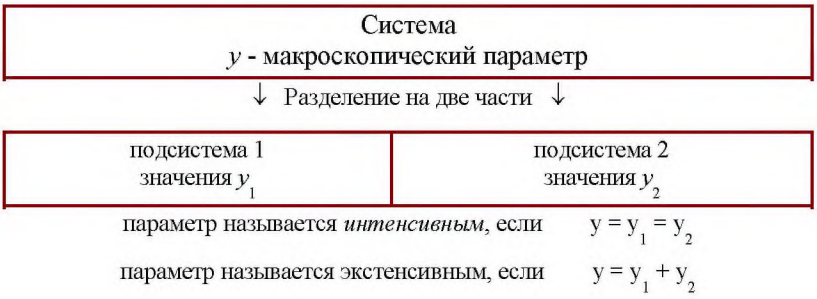


Рис. 21. Схема разделения системы

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:

$$2C(\text{графит}) + 3H_2(г) + 1/2O_2(г) = C_2H_5OH(ж);$$

$$\Delta H°_{298}\ (C_2H_5OH, ж) = -278\ кДж/моль.$$

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.

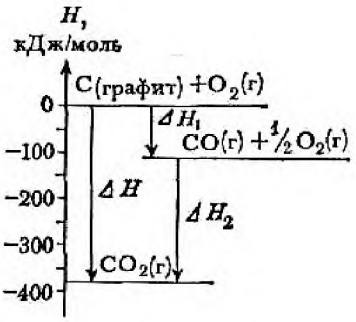


Рис. 22. Схема процессов окисления графита и оксида углерода (II)

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 К). 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 К, 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.

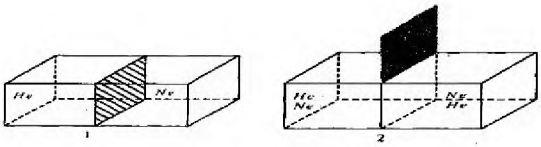
Термохимическими расчетами можно определять энергию химических связей, кристаллических решеток, тепловые эффекты фазовых превращений, теплоты растворения и гидратации и т. д.

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 ΔS°_{298}, которые определяют при 298 К и 101,3. Для вычисления ΔS°_{298}, т. е. изменения стандартной энтропии химической реакции применяют

следствие из закона Гесса (с учетом стехиометрических коэффициентов):

$$\Delta S^\circ_{298} = \sum S^\circ_{298\text{кон.}} - \sum S^\circ_{298\text{нач.}}.$$

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).

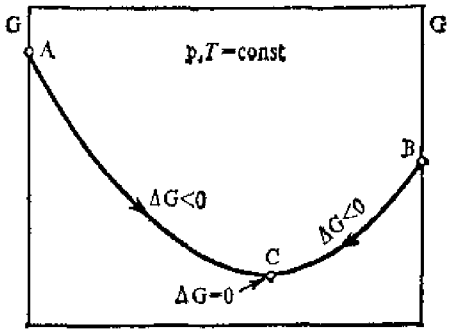


Рис. 24. Зависимость энергии Гиббса от состава химической системы

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).

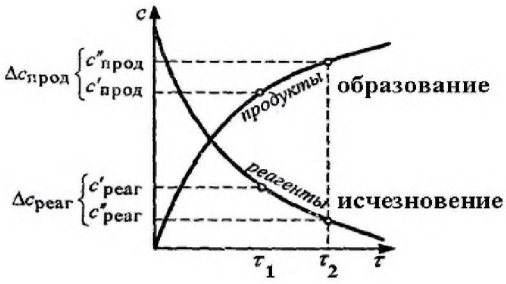


Рис. 25. Изменение концентрации (С, моль/л) реагентов или продуктов в процессе реакции (за время τ)

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:

$$v = k \cdot C_{CO_2} \cdot C_{O_2}.$$

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:

$$v_{(t2)}/v_{(t1)} = \gamma^{(t_2 - t_1)/10}.$$

Так как время протекания реакции пропорционально скорости (чем выше скорость химической реакции, тем быстрее она протекает), то правило Вант-Гоффа можно записать в виде:

$$v_{t2}/v_{t1} = \tau_1/\tau_2 = \gamma^{(t_2 - t_1)/10},$$

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:

$$k = A \cdot e^{-Ea/RT},$$

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 ν_1 и обратной реакции ν_2 равны:

$$\nu_1 = k_1 [A]^m [B]^n,$$

$$\nu_2 = k_2 [P]^p [D]^d,$$

где [A] и [B] –концентрации исходных веществ; [P] и [D] – концентрации продуктов реакции.

При химическом равновесии

$$\nu_1 = \nu_2 \text{ т.е.}$$

$$k_1 [A]^m [B]^n = k_2 [P]^p [D]^d,$$

или

$$К_{равн} = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[P]^p \times [D]^d}{[A]^m \times [B]^n}.$$

Константа равновесия $К_{равн}$ – 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 $К_{равн} > 1$, то состяние системы смещено в сторону образования продуктов реакции, если $К_{равн} < 1$, то – исходных веществ.

Константа равновесия связана с тепловым эффектом прямой реакции Q соотношением:

$$К_{равн} = A \cdot e^{Q/RT},$$

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 К – катализатор, АК – 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 В. В результате образуется продукт и выделяется катализатор в первоначальном виде.

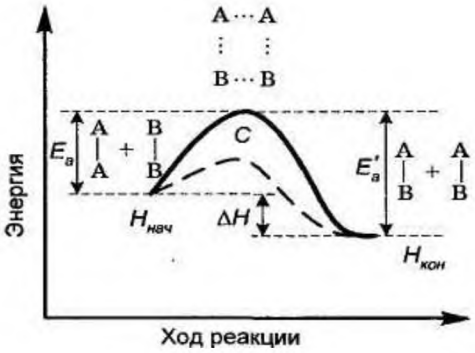


Рис. 26. Изменение энергии активации в присутствии катализатора:
E_a – энергия активации без катализатора; E'_a – энергия активации в присутствии катализатора

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).

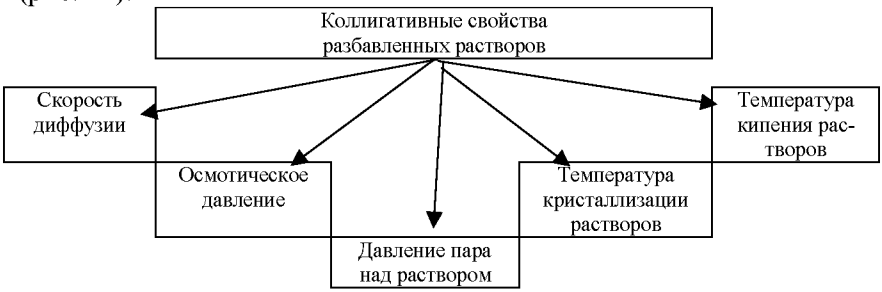


Рис. 28. Схема закономерности разбавленных молекулярных растворов

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 $К^+$ и анион $А^-$ записывается так:

$$КА \rightleftarrows К^+ + А^-.$$

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.

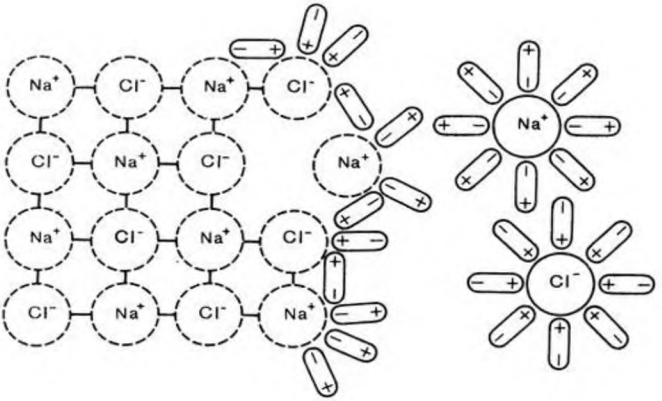


Рис. 29. Схема электролитической диссоциации хлорида натрия в водном растворе

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).

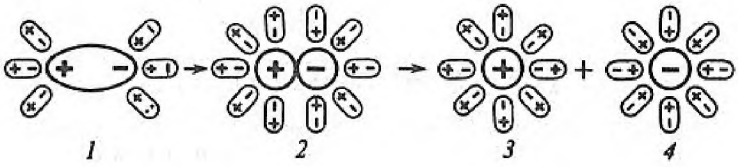


Рис. 30. Схема электролитической диссоциации полярной молекулы в водном растворе:
1 – полярная молекула в начале гидратации; 2 – переход полярной структуры в ионную под действием диполей воды; 3 – гидратированный катион; 4 – гидратированный анион

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:

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

$$К_д = \frac{[CH_3COO^-]\cdot[H^+]}{[CH_3COOH]}.$$

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:*

$$К_д = \frac{c\cdot\alpha^2}{1-\alpha}.$$

Для слабых электролитов:

$$К = c\cdot\alpha^2.$$

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 – $\bar{e}$	⇔	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 ($\overset{+2}{Fe}Cl_2$, $\overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3$, $H_2\overset{-2}{S}$, $H\overset{-1}{Cl}$, $\overset{-3}{N}H_3$, $H_2\overset{+4}{S}O_3$, $\overset{+2}{Mn}SO_4$, $H\overset{-1}{Br}$, $\overset{+2}{Sn}Cl_2$, $Na_2\overset{+2}{S_2}O_3$, $\overset{+2}{C}O$, $\overset{+2}{N}O$ 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.

$4Fe^{+2}S^{-2} + 7O_2^0 \rightarrow 2Fe_2^{+3}O_3^{-2} + 4S^{+4}O_2^{-2}$

$Fe^{+2} - 1\bar{e} \rightarrow Fe^{+3}$ ⎫

⎬ $- 7\bar{e}$ | 4

$S^{-2} - 6\bar{e} \rightarrow S^{+4}$ ⎭

$O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2}$ | $+ 4\bar{e}$ | 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:

$$Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu^0.$$

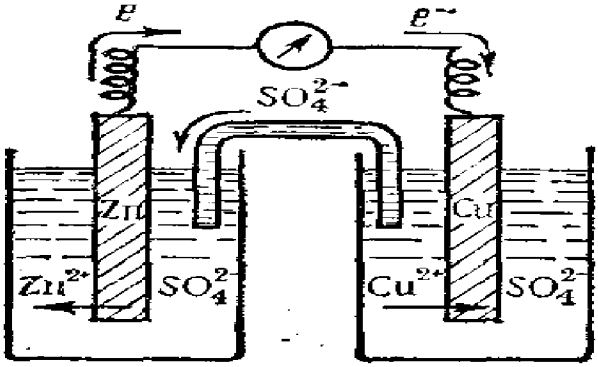


Рис. 33. Схема элемента Даниэля-Якоби

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.

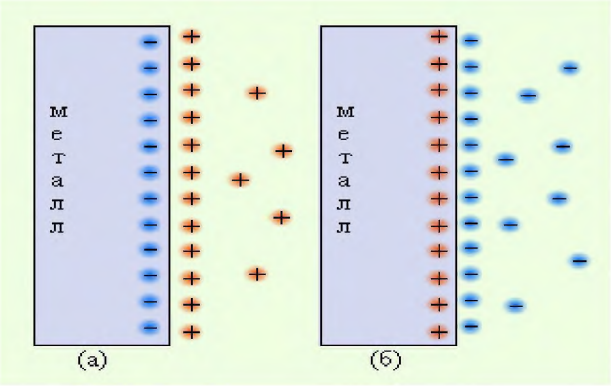


Рис. 34. Двойной электрический слой на границе раздела металл-раствор:
а – активный металл; б – малоактивный

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.

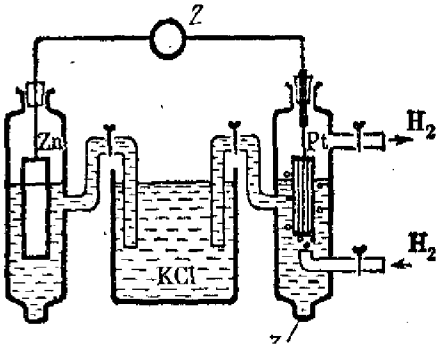


Рис. 35. Гальваническая цепь для измерения электродного потенциала:
1– определяемый электрод; 2 – потенциостат;
3 – стандартный водородный электрод

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

$$a_{Cu^{2+}} = 1{,}5 \text{ моль/л, а } a_{Zn^{2+}} = 0{,}0\text{l моль/л,}$$

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: $2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$.

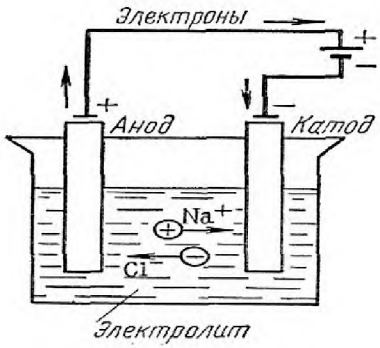


Рис. 36. Схема электролиза расплава хлорида натрия

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).

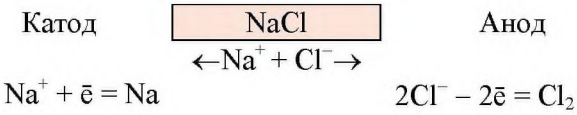


Рис. 37. Схема электролиза расплава NaCl

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:

$$Zn_{(тв)} + 2MnO_{2(тв)} + 2NH_4^+{}_{(водн)} \rightarrow$$

$$\rightarrow Zn^{2+}{}_{(водн)} + 2Mn_2O_{3(тв)} + 2NH_{3(водн)} + 2H_2O_{(ж)}.$$

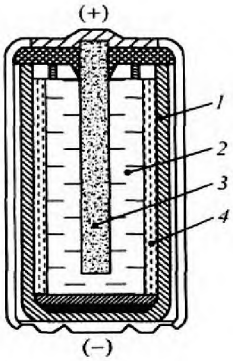


Рис. 38. Схема сухого гальванического элемента:
1 – цинковая оболочка (стаканчик), анод; 2 – смесь оксида марганца MnO_2 (IV) и графита; 3 – графитовый стержень с металлическим катодом; 4 – электролит

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 (+).

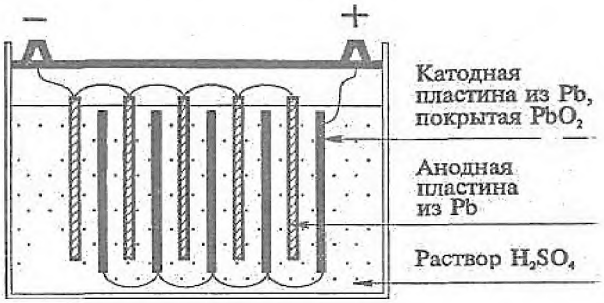


Рис. 39. Схема свинцового (кислотного) аккумулятора

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).

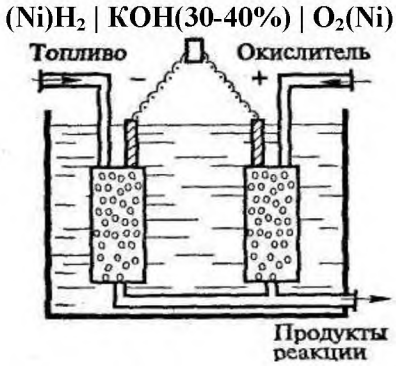


Рис. 40. Схема устройства водородно-электродного топливного элемента с жидким электролитом

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:

$(-)\ H_2 + 2OH^- = 2H_2O + 2\bar{e}$

(+) $½O_2 + H_2O + 2\bar{e} = 2OH^-$.

Суммарное уравнение реакции:

$$H_2 + ½O_2 = 2H_2O.$$

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.

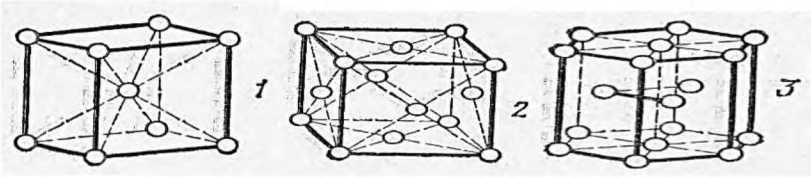


Рис. 41. Типы пространственных кристаллических решеток металлов:
1 – объемноцентрированная кубическая; 2 – гранецентрированная кубическая;
3 – гексагональная решетка плотной упаковки

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 $Ом^{-1}\cdot см^{-1}$.

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} $Ом^{-1}\cdot см^{-1}$. Диэлектрики (алмаз, силикаты, слюда, полимерные материалы) проявляют изолирующие свойства.

У полупроводников удельная электрическая проводимость колеблется от 10^{-10} до 10^4 $Ом^{-1}\cdot см^{-1}$.

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.

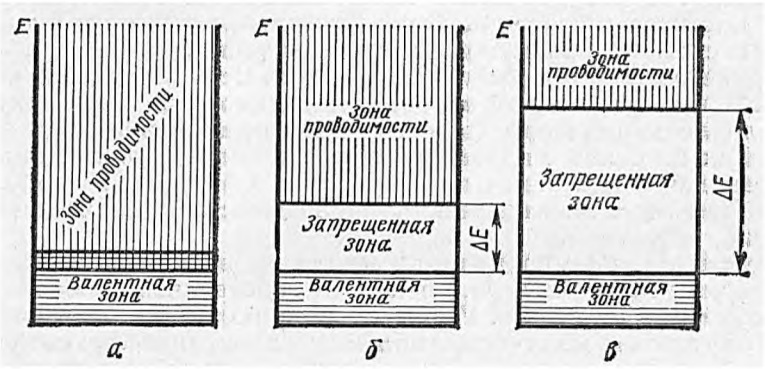


Рис. 42. Схема энергетических зон:
а – в металле; б – в полупроводнике; в в диэлектрике;

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:

$$\overset{0}{Zn} + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2\uparrow.$$

$2\bar{e}$

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).

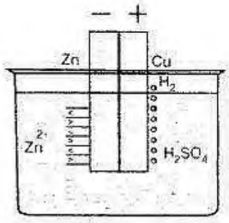


Рис. 43. Схема действия гальванической пары

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; M — молярная масса оксида; d_{Me} – плотность металла; n – число атомов металла в молекуле оксида; $d_{ОК}$ – плотность оксида; A – 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.

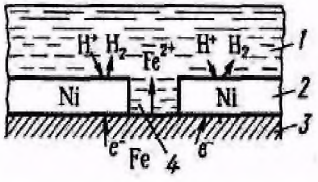


Рис. 44. Схема коррозии металла в кислотной среде при нарушении катодного покрытия:
1 – раствор; 2 – покрытие;
3 – основной металл; 4 – пора

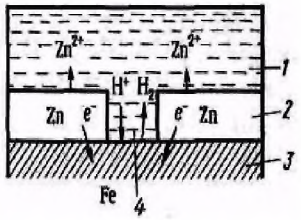


Рис. 45. Схема коррозии металла в кислотной среде при нарушении анодного покрытия:
1 – раствор; 2 – покрытие;
3 – основной металл; 4 – пора

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.

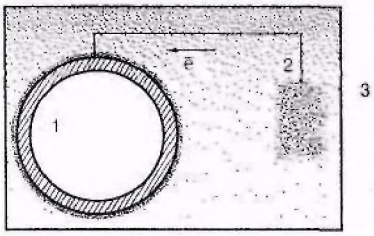


Рис. 46. Протекторная защита

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 $К_1$–$А_1$.

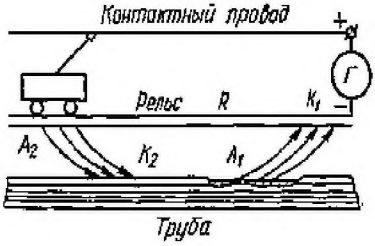


Рис. 47. Коррозия блуждающими токами

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 – CI_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).

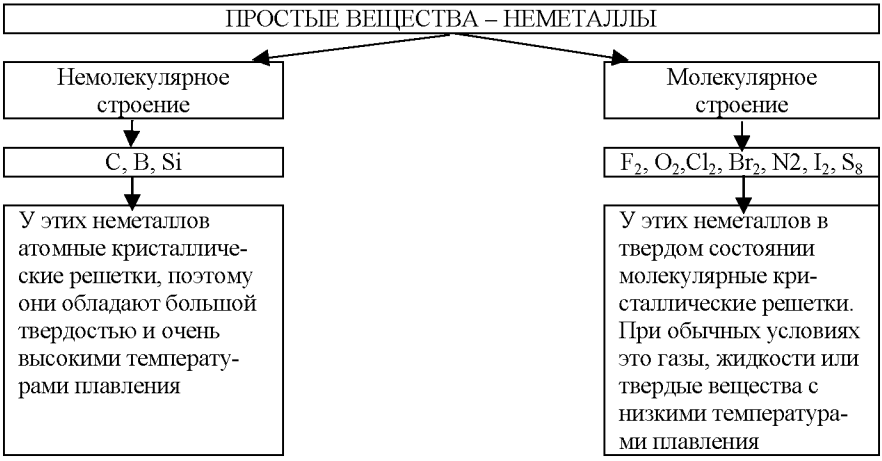


Рис. 48. Состав и свойства простых веществ – неметаллов

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) $4FeCI_3 + 3K_4[Fe(NC)_6] \rightarrow Fe_4[Fe(NC)_6]_3\downarrow + 12KCI,$

$4Fe^{3+} + 3[Fe(NC)_6]^{4-} \rightarrow Fe_4[Fe(NC)_6]_3\downarrow.$

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) $FeCI_3 + 6KSCN \rightarrow \underset{\text{р-р кроваво-красный}}{K_3[Fe(SCN)_6]} + 3KCI.$

Ионы Fe^{2+}.

$3FeCI_2 + 2K_3[Fe(NC)_6] \rightarrow Fe_3[Fe(NC)_6]_2\downarrow + 6KCI,$

$3Fe^{2+} + 2[Fe(NC)_6]^{3-} \rightarrow Fe_3[Fe(NC)_6]_2\downarrow.$

Образуется синий осадок «турнбулевой сини».

Ионы Ag^+.

$AgNO_3 + HCI \rightarrow AgCI\downarrow + HNO_3,$

$Ag^+ + CI^- \rightarrow AgCI\downarrow.$

Образуется белый осадок $AgCI\downarrow$, нерастворимый в кислотах, но растворим в растворе аммиака $AgCI + 2NH_3 \rightarrow [Ag(NH_3)_2]CI$.

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 HCI, 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 ($H[CuC1_2]$ 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·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 $ZnCI_2$· 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.

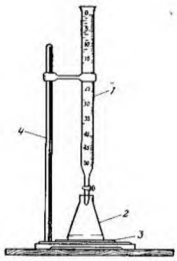


Рис. 50. Простейшая титровальная установка:
1 – бюретка с титрованным раствором, 2 – коническая колба для титрования с анализируемым раствором, 3 – подставка с белым экраном, 4 – штатив

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 (редосиндикаторы) 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	$m_{(\text{н})} = C_{\text{Э}} \cdot M_{\text{Э}} \cdot V_{(\text{р-ра})}$ $m_{(\text{н})} = T \cdot V_{(\text{р-ра})}$	$m_{(\text{н})} = C_{\text{Э}} \cdot M_{\text{Э}} \cdot V_{(\text{р-ра})}$ $m_{(\text{н})} = T \cdot V_{(\text{р-ра})}$
Взвешивание навески	На аналитических весах	На технических весах
Расчет титра	$T = \frac{m_{(\text{н})}}{V_{(\text{р-ра})}}$ Масса исходного вещества, содержащегося в 1 мл раствора	$C_{\text{Э1}} = \frac{C_{\text{Э2}} \cdot V_2}{V_1}; T = \frac{C_{\text{Э1}} \cdot M_{\text{Э}}}{1000}$ 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, $Hg(NO_3)_2$, $Na_2[H_2\text{Эdta}] \cdot 2H_2O$

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 $V_{ср}$:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_1+V_2+V_3}{3};$$

2) молярную концентрацию эквивалента анализируемого раствора $C_Э(X)$:

$$C_Э(X) = \frac{C_Э(T)\cdot V_{\text{ср}}}{V_a},$$

где $C_Э(T)$ – молярная концентрация титранта, моль-э/л;

$V_{\text{ср}}$ – 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 *(Х)*.

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:

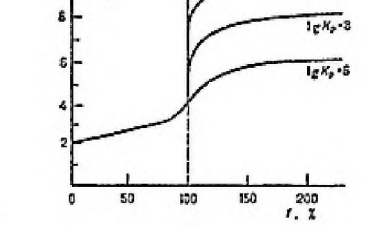
$$m_X = T_{\text{титранта/x}} \cdot V_{\text{титранта}}.$$

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).

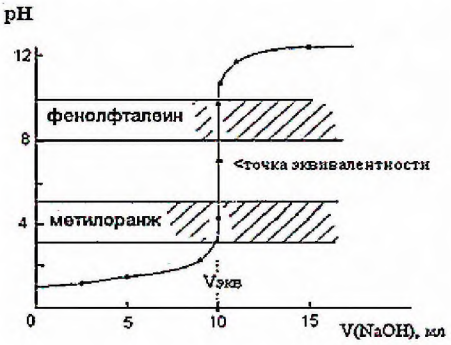


Рис. 52. Кривая титрованя сильной кислоты сильным основанием

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.

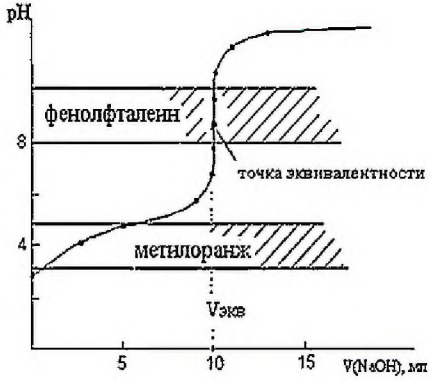


Рис. 53. Кривая титрования слабой кислоты сильным основанием

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).

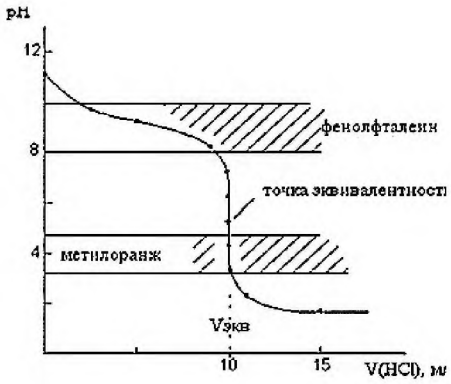


Рис. 54. Кривая титрования слабого основания сильной кислотой

В этом случае для титрования пригодны индикаторы метиловый оранжевый (pT=4) и метиловый красный (pT=5,5), показатели титрования которых лежат в области скачка.

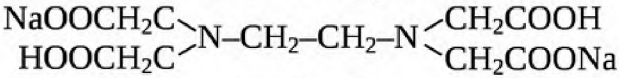
Нейтрализация слабой кислоты слабым основанием. Если попытаться титровать слабую кислоту слабым основанием, то сужение скачка происходит и в кислотной и в щелочной областях pH. Интервал скачка pH на кривой отсутствует, поэтому невозможео резкое изменение окраски индикатора. Титрование слабой кислотой 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;

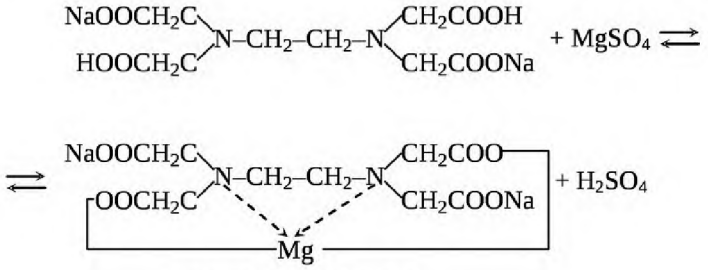
– мурексид ($C_8H_6N_6O_6$) – аммонийная соль пурпурной кислоты.

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. Prolifrrum 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		Продолжитель-ность жизни	Продук-товый 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).

$$S = Р \times Ш \qquad (1)$$

где S – площадь питания, м^2;

$Р$ – расстояние между рядками, м;

$Ш$ – расстояние межу растениями в рядке, м.

$$S = Р \times \frac{Л + С \times (Ч - 1)}{Ч} \qquad (2)$$

где S – площадь питания, м^2;

Р – 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

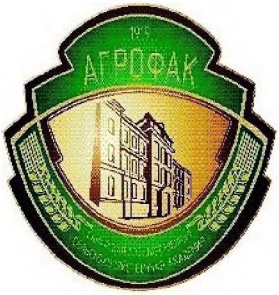
Составители:

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



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

Н. В. Васина, В. Г. Васин

ПОДГОТОВКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Методические указания
для обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 630
ББК 40
В19

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Васина, Н. В.

В19 Подготовка выпускной квалификационной работы : методические указания / Н. В. Васина, В. Г. Васин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 51 с.

В учебном издании приведены цель и задачи выпускной квалификационной 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 обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Васина Н. В., Васин В. Г., 2022

Предисловие

Методические указания для выполнения выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия профиль «Полеводство» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по данному направлению подготовки. Положением об итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений Российской Федерации, утвержденного приказом Минобрнауки России от 25.03.2003 г. № 1155, СМК 04-47-2014 «Положение об итоговой государственной аттестации выпускников», СМК 04-46-2014 «Положение о выпускной квалификационной работе по реализуемым программам ФГОС ВО».

Цель методических указаний – оказать помощь обучающимся в написании выпускной квалификационной работы и подготовке к защите. Представленный в данном методическом указании материал структурирован по разделам, что позволяет обучающемуся в процессе выполнения отдельных этапов при подготовке работы не изучать весь материал целиком, а обращаться сразу же к соответствующему разделу методических указаний.

1. Общие положения

В соответствии с ФГОС высшего образования, итоговая государственная аттестация выпускников всех бакалаврских программ вуза проводится с обязательной защитой выпускной квалификационной работы. По результатам итоговой государственной аттестации государственная экзаменационная комиссия принимает решение о присвоении выпускнику квалификации (степени) «бакалавр» и выдаче документа об образовании и квалификации.

Выпускная квалификационная работа выполняется в соответствии с учебным планом и имеет своей целью определение итогового уровня сформированности теоретических знаний, практических умений и навыков решения поставленных профессиональных задач, которые получил обучающийся в процессе обучения в соответствии с основной образовательной программой, реализуемой в университете с учетом профиля подготовки.

Для достижения поставленных целей обучающийся должен решить следующие задачи:

- выбрать тему выпускной квалификационной работы;
- обосновать актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы, сформировать цель и задачи работы, определить предмет и объект исследований;
- изучить и проанализировать теоретические и методологические положения, нормативно-техническую документацию, статистические (фактографические) материалы, справочную литературу и законодательные акты в соответствии с выбранной темой выпускной квалификационной работы; определить целесообразность их использования в ходе выполнения работы;
- выявить и сформировать проблемы развития объекта исследований, его подразделений, определить причины их возникновения и факторы, способствующие и препятствующие их разрешению, дать прогноз возможного развития событий и учесть возможные риски управленческой деятельности;
- обосновать направления решения проблем развития объекта исследования, учитывать факторы внутренней и внешней среды;
- разработать конкретный план мероприятий по повышению эффективности деятельности объекта исследования;
- обосновать и рассчитать экономическую эффективность разработанных мероприятий;

- уметь логично и научно обоснованно формировать теоретические и практические рекомендации, обобщать выводу и результаты из проведенного анализа, разрабатывать новые управленческие инструменты и методики, а также профессионально планировать конкретные мероприятия по их внедрению.

- оформить результаты выпускной квалификационной работы в соответствии с действующими стандартами и требованиями.

Выпускная квалификационная работа является заключительным этапом обучения бакалавров в высшем учебном заведении и направлена на систематизацию, закрепление и углубление знаний, навыков по направлению и эффективное применение этих знаний, умений, навыков по направлению и эффективное применение этих знаний решении конкретных задач в сфере управленческой деятельности.

1.1. Характеристика профессиональной деятельности бакалавров

Область профессиональной деятельности выпускника включает: сельское хозяйство (в сфере производства и хранения продукции растениеводства на основе достижений агрономии, защиты растений, генетики, селекции, семеноводства и биотехнологии сельскохозяйственных культур).

Объектами профессиональной деятельности выпускников являются: полевые, овощные, плодовые культуры и их сорта; генетические коллекции растений; селекционный процесс; агрономические ландшафты; природные кормовые угодья; почва и ее плодородие; вредные организмы и средства защиты растений от них; технологии производства продукции растениеводства.

Обучающийся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия готовится к следующим видам профессиональной деятельности:

- научно-исследовательская;
- производственно-технологическая.
- организационно-управленческая.

Конкретные виды профессиональной деятельности, к которым в основном готовится обучающийся, определяются высшим учебным заведением совместно с обучающимися, научно-педагогическими работниками высшего учебного заведения и объединениями работодателей.

Обучающийся направления подготовки 35.03.04 Агрономия должен быть подготовлен к решению следующих профессиональных задач в соответствии с профильной направленностью ОПОП бакалавриата и видами профессиональной деятельности:

по научно-исследовательской деятельности:

- сбор информации, анализ литературных источников по технологиям производства продукции растениеводства и воспроизводства плодородия почв;
- проведение научных исследований по соответствующим методикам;
- обобщение и статистическая обработка результатов опытов, формулирование выводов;

по производственно-технологической деятельности:

- установление соответствия агроландшафтных условий требованиям сельскохозяйственных культур при их размещении по территории землепользования;
- обоснование выбора сортов сельскохозяйственных культур для конкретных условий региона и уровня интенсификации земледелия, подготовка семян к посеву;
- составление почвообрабатывающих, посевных и уборочных агрегатов и определение схем их движения по полям, проведение технологических регулировок;
- расчет доз органических и минеральных удобрений на планируемый урожай, подготовка и применение их под сельскохозяйственные культуры;
- организация системы севооборотов, их размещение по территории землепользования сельскохозяйственного предприятия и проведение нарезки полей;
- адаптация систем обработки почвы в севооборотах с учетом почвенного плодородия, крутизны и экспозиции склонов, уровня грунтовых вод, применяемых удобрений и комплекса почвообрабатывающих машин;
- проведение посева сельскохозяйственных культур и ухода за ними;
- уточнение системы защиты растений от вредных организмов и неблагоприятных погодных явлений;
- проведение уборки урожая и первичной обработки растениеводческой продукции и закладки ее на хранение;

- реализация технологий улучшения и рационального использования природных кормовых угодий, приготовления грубых и сочных кормов;

по организационно-управленческой деятельности:

- организация работы коллектива подразделения сельскохозяйственного предприятия по производству продукции растениеводства (участие в составлении перспективных и оперативных планов, смет, заявок на расходные материалы, графиков, инструкций);

- принятие управленческих решений по реализации технологий возделывания сельскохозяйственных культур в различных экономических и погодных условиях;

- расчёт экономической эффективности применения технологических приемов, удобрений, средств защиты растений, новых сортов;

- проведение маркетинговых исследований на сельскохозяйственных рынках;

- контроль за качеством производимой продукции растениеводства при её хранении и реализации;

- контроль за соблюдением технологической и трудовой дисциплины;

- обеспечение безопасности труда в процессе производства.

1.2. Требования к результатам освоения основных образовательных программ бакалавриата

По итогам выпускник должен обладать следующими **универсальными компетенциями:**

- способностью осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

- способностью определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;

- способностью осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде;

- способностью осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах);

- способностью воспринимать межкультурное разнообразие

общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах;

- способностью управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни;

- способностью поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности;

- способностью создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими **общепрофессиональными компетенциями:**

- способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий;

- способен использовать нормативные правовые акты и оформлять специальную документацию в профессиональной деятельности;

- способен создавать и поддерживать безопасные условия выполнения производственных процессов;

- способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности;

- способен к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности;

- способен использовать базовые знания экономики и определять экономическую эффективность в профессиональной деятельности.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать **профессиональными компетенциями,** соответствующими области профессиональной деятельности и сфера (сферы) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата:

научно-исследовательская деятельность:

- готов участвовать в проведении агрономических исследований, статистической обработке результатов опытов, формулировании выводов;

производственно-технологическая деятельность:

- способен разработать технологии возделывания сельскохозяйственных культур и ухода за ними;
- способен разработать систему севооборотов;
- способен обосновать выбор сортов сельскохозяйственных культур;
- способен разработать рациональные системы обработки почвы в севооборотах;
- способен разработать экологически обоснованные интегрированные системы защиты растений и агротехнические мероприятия по улучшению фитосанитарного состояния посевов;
- способен комплектовать почвообрабатывающие, посевные и уборочные агрегаты, агрегаты для внесения удобрений и борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений, определять схемы их движения по полям, проводить технологические регулировки;
- способен разрабатывать системы воспроизводства почвенного плодородия;
- способен определять качество посевного материала с использованием стандартных методов;

организационно-управленческая деятельность:

- способен организовать внутрихозяйственную оценку сельскохозяйственных угодий, и бонитировку земель;
- способен организовать экологический мониторинг сельскохозяйственных угодий.

1.3. Виды и требования к государственной итоговой аттестации бакалавров

К итоговым аттестационным испытаниям, входящим в состав итоговой государственной аттестации, допускается лицо, успешно завершившее в полном объеме освоение основной образовательной программы по направлению подготовки высшего профессионального образования, разработанной высшим учебным заведением в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

При прохождении всех установленных видов итоговых аттестационных испытаний, входящих в итоговую государственную аттестацию, выпускнику образовательной организации высшего образования присваивается соответствующая квалификация (степень) и выдается диплом государственного образца о высшем образовании.

К видам итоговых аттестационных испытаний итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений относится защита выпускной квалификационной работы (ВКР);

Программы государственной итоговой аттестации выпускников по профилю подготовки разрабатываются на основании требований государственных образовательных стандартов выпускающими кафедрами с участием методических комиссий по направлениям (специальностям), рассматриваются научно-методическими советами факультетов и утверждаются проректором по учебной и воспитательной работе не менее чем за полгода до проведения аттестационных испытаний.

Выпускная квалификационная работа в соответствии с ОПОП бакалавриата выполняется в период прохождения практики и выполнения научно-исследовательской работы и представляет собой самостоятельную и логически завершенную выпускную квалификационную работу, связанную с решением задач того вида или вида деятельности, к которым готовится бакалавр (научно-исследовательская, производственно-технологическая организационно-управленческая).

При выполнении выпускной квалификационной работы, обучающиеся должны показать свою способность и умение, опираясь на полученные углубленные знания, умения и сформированные компетенции, самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать специальную информацию, научно аргументировать и защищать свою точку зрения.

2. Требования к выпускной квалификационной работе

2.1. Общие требования

Выпускная квалификационная работа является формой самостоятельной работы студентов. В ходе выполнения ВКР закрепляются основные компетенции, реализуемые выпускником в ходе прохождения производственной практики и научно-исследовательской работы, оценивается его готовность к производственно-технологической, организационно-управленческой и научно-исследовательской формам профессиональной деятельности.

По своему назначению, срокам подготовки и содержанию выпускная работа бакалавра является учебно-квалификационной.

Выпускная работа бакалавра 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.

Бакалаврская работа выполняется студентами четвертого года обучения. Для выполнения ВКР деканат проводит закрепление студентов 3 курса за преподавателями выпускающих кафедр агрономического факультета.

Выпускная квалификационная работа должна быть основана на результатах собственных экспериментов, проведенных в полевых или лабораторно-полевых опытах в течение 1-2 лет или выполнена по результатам анализа инновационных технологических процессов, бизнес-планов предпринимательской деятельности в растениеводстве, проектирования основных звеньев адаптивно-ландшафтных систем земледелия в хозяйствах различных форм собственности. Она должна быть направлена на решение современных проблем и запросов сельскохозяйственного производства.

2.2. Содержание и оформление выпускной квалификационной работы

Структура выпускной квалификационной работы

Титульный лист
Задание на выпускную квалификационную работу
Реферат
Оглавление
1. Введение и общая характеристика работы
1.1 Актуальность исследований
1.2 Цель и задачи исследований
1.3 Практическая значимость работы
1.4 Личное участие в работе

2 Обзор литературы
2.1 Народнохозяйственное значение культуры, посевные площади и урожайность в стране, зоне, области, хозяйстве
2.2 Биологические особенности культуры
2.3 Технология возделывания
2.4 Обзор литературы по изучаемому вопросу
3 Условия и методика исследований
3.1 Почвенно-климатические условия Самарской области, зоны и места проведения исследований
3.2 Методика исследований и схема опыта
3.3 Агротехника в опытах
4 Результаты исследований
4.1 Полнота всходов и сохранность растений
4.2 Фенологические наблюдения и продолжительность межфазных периодов
4.3 Влияние изучаемых агроприемов на динамику роста растений, прирост сухого вещества, увеличение листовой поверхности и чистой продуктивности фотосинтеза
4.4 Урожай и его структура
4.5 Качественный анализ урожая
5 Экономическое обоснование
Выводы и предложения
Список использованной литературы и источников
Приложения

Объем ВКР должен составлять не менее 40 страниц (без приложений и списка использованных литературы и источников). Содержание разделов выпускной квалификационной работы зависит от темы исследований.

Титульный лист является первой страницей и оформляется в соответствии (прил. 1).

Задание разрабатывает руководитель ВКР и утверждает у заведующего выпускающей кафедры, после чего обучающийся расписывается в его получении с согласованием сроков исполнения. Задание печатается на одном листе с двух сторон и не нумеруется.

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. 2).

В *оглавлении* перечисляют заголовки глав (разделов) и подразделов, выводы и предложения, список использованных источников и литературы, перечень приложений с указанием их названий и номеров страниц, на которых они начинаются.

Во *введении* (объём 1-2 страницы) указывают актуальность исследуемой темы ВКР, цель и задачи проводимого исследования или разработки, практическую значимость и новизну исследования, личное участие обучающегося в выполнении исследовательской работы, постановке опытов, обработке экспериментального материала, обобщении литературных источников.

Обзор литературы (объём 10-12 страниц) включает анализ изученности проблемы исследований на основании отечественной и зарубежной литературы, в нем должно быть сформулировано четкое представление о том, что по описываемому направлению исследований требует дополнительной проверки или остается не выявленным. При этом особое значение приобретают данные полевых экспериментов, проведенных в сходных агроэкологических и производственных условиях.

Общее количество источников информации должно быть не менее 20 наименований, актуальностью по требованиям ФГОС ВО.

Обзор литературы должен соответствовать основному направлению исследований и не быть перегруженным второстепенными вопросами, не имеющими отношения к исследуемым проблемам и достаточно подробно изложенными в учебниках и учебных пособиях.

Раздел должен заканчиваться выводом об актуальности проводимых исследований, недостаточной изученности проблемы исследований и выдвижением рабочей гипотезы.

Условия и методика исследований (объём 8-10 страниц). Кратко описывают почвенно-климатические условия зоны и места проведения исследований. Здесь приводится характеристика почвы опытного участка (тип, подтип, разновидность, содержание гумуса), особенности рельефа, делается вывод о типичности почвы опытного участка зональным условиям региона, на который будут распространяться полученные в результате исследований выводы.

При характеристике климатических условий основными показателями являются среднемноголетние данные по годовому и среднемесячному количеству осадков и их распределение по сезонам года, число дней с относительной влажностью воздуха менее 30%,

абсолютная амплитуда температур и температурные условия по месяцам, сумма температур выше 10°С, а также гидротермический коэффициент. По данным ближайшей метеостанции приводятся подробные погодные условия в годы исследований, причем осадки и температура воздуха даются по декадам в течение всего периода вегетации и сравниваются со среднемноголетними значениями.

В методике исследований приводятся схемы опытов и методика их проведения (площадь делянок, повторности, схема размещения вариантов, метод учета урожая, метод статистического анализа полученных результатов). Дается характеристика изучаемых сортов, видов и форм удобрений, способов обработки почвы, применяемых сельскохозяйственных орудий. Агротехника в опыте в целом должна соответствовать рекомендуемой в зоне исследований, а изучаемые приемы технологии могут носить особенный характер, в соответствии с целью работы.

При разработке схемы опыта должны быть соблюдены основные методические требования к проведению научно-исследовательских работ: место закладки опыта должно быть типичным для почвенно-климатической зоны; в основу сравниваемых вариантов должен быть положен принцип единственного различия, а агротехнические условия на всех вариантах должны быть одинаковыми, кроме изучаемых приемов; число повторений должно быть не менее 3-4, что необходимо для проведения достоверной статистической обработки данных и равномерного пространственного размещения изучаемых вариантов на всей площади опытного участка.

Результаты исследований (объём 15-20 страниц) в основном разделе ВКР показывают результаты сопутствующих наблюдений и учётов по влиянию изучаемых приёмов на накопление и расходование влаги; агрофизические свойства почвы; площадь листьев; динамику накопления сухой биомассы; полевую всхожесть семян; густоту стояния; сохранность и общую выживаемость растений; засоренность; пораженность болезнями; поврежденность вредителями; количество пожнивных и корневых остатков; структуру урожая, его величину и качество по вариантам и т.д. по каждому показателю дается сравнительный анализ по вариантам с целью доказательства объективности полученных данных, по отдельным из них рассчитывают коэффициенты корреляции, детерминации, показатели точности и наименьшая существенная разность, являющаяся показателем существенности различий между вариантами.

Данные урожайности по вариантам и повторениям опыта подвергаются дисперсионному анализу, результаты которого приводятся в приложении.

Представляемая информация для повышения наглядности оформляется в виде таблиц, рисунков, диаграмм, графиков, фотографий и т.д. После каждой таблицы дается пояснительный текст. Описание каждого наблюдения завершается выводами.

*Экономическое обоснование (*объём 3-4 страницы). Экономическую эффективность разрабатываемых и рекомендуемых приемов рассчитывают по техническим картам, в которых с учётом всех технологических приёмов возделывания культуры, состава сельскохозяйственных агрегатов, средств защиты растений, удобрений, норм выработки и расхода горюче-смазочных материалов (ГСМ) рассчитывают производственные затраты по всем основным статьям (заработная плата с начислениями; стоимость ГСМ; затраты на амортизацию и текущий ремонт; стоимость семян, удобрений, средств защиты растений; накладные расходы и т. д.).

Все полученные данные (*урожайность полученная в результате опытов, рассчитанные производственные затраты на основе технологических карт*) заносятся в таблицу 1, а затем рассчитываются все остальные показатели характеризующие экономическую эффективность.

Выполнение расчётов в таблице осуществляется в следующей последовательности:

1. Урожайность берётся из опытных данных в среднем за годы исследований.

Для кормовых культур, кроме натуральных показателей урожайности, рассчитывается величина содержания в ней кормопротеиновых единиц (КПЕ). Для этого фактическая урожайность умножается на среднее содержание КПЕ в единице продукции (на основании справочных данных или результатов анализа).

2. Стоимость товарной продукции с одного гектара рассчитывается путём умножения величины урожайности на среднюю цену реализации.

Средняя цена реализации для товарной продукции берётся за последний год опытов (или средняя за годы исследований) по данным журнала «Агро-Информ» за октябрь-ноябрь месяцы.

Стоимость тонны КПЕ берётся как величина рассчитанная по овсяному эквиваленту.

Таблица 1

Экономическая эффективность изучаемых агроприёмов

Показатели	Варианты опытов		
	1	2	3
Урожайность, т/га (*для кормовых*: в т.ч. КПЕ)			
Цена реализации, руб./т (*для кормовых*) стоимость 1 т КПЕ			
Стоимость продукции с 1 га, руб. в т.ч. дополнительной			
Производственные затраты, руб./га в т.ч. на агроприём			
Себестоимость, руб./т			
Прибыль, руб./га Чистый доход (*для кормовых*)			
Уровень рентабельности, %			
Окупаемость агроприёма, руб./руб.			

3. Стоимость товарной продукции с одного гектара рассчитывается путём умножения величины урожайности на среднюю цену реализации.

Для кормовых культур, продукция которых не является товарной, стоимость её рассчитывается по содержанию в ней КПЕ (величина урожайности в КПЕ умножается на её стоимость, рассчитанную по овсяному эквиваленту и рассмотренному ранее).

Стоимость дополнительной продукции, полученной от изучаемого агроприёма, находится как разность между стоимостью продукции по вариантам опыта и стоимостью продукции на контроле.

4. Производственные затраты рассчитываются исходя из величины прямых эксплуатационных затрат (*на основе расчётов технологических карт*), стоимости семян, удобрений, химических препаратов, отчислений на социальное страхование, а так же общехозяйственных и общепроизводственных расходов.

Дополнительные затраты на выполнение агроприёма находятся как разность между производственными затратами по варианту опытов и производственными затратами на контроле.

5. Себестоимость единицы продукции рассчитана в производственных затратах.

Она определяется путём деления производственных затрат на 1 гектар на величину урожайности.

6. Прибыль с одного гектара находится как разность между стоимостью продукции и производственными затратами на получение этой продукции.

7. Уровень рентабельности рассчитывается как отношение прибыли к производственным затратам и выражается в процентах.

$$Р = \frac{Прибыль}{Произв.затр.} \times 100$$

Если получен убыток, то рассчитывается окупаемость производственных затрат, для чего стоимость продукции делится на величину производственных затрат и выражается в процентах:

$$\text{Окупаемость затрат} = \frac{\text{Стоимость продукции}}{\text{Производственные затраты}} \times 100$$

8. Окупаемость агротехнического приёма – это отношение стоимости дополнительной продукции к дополнительным затратам, обусловивших эту прибавку.

Полученные данные заносятся в таблицу и анализируются, затем на основании анализа данных таблицы делаются соответствующие выводы.

Выводы и предложения (объём 1-2 страницы) формируются по результатам исследований, после анализа полученных данных в виде кратких предложений производственного назначения.

Выводы и предложения производству должны быть четкими, лаконичными и заканчиваться экономической эффективностью разработанных мероприятий.

Список использованной литературы и источников. В список литературы включают только те источники, на которые есть ссылки в обзоре литературы или которые использовались в качестве информационного материала при выполнении других разделов ВКР.

В списке литературы должна быть указана нормативная литература, учебные и научные издания, в том числе – обязательно из электронно-библиотечной системы, труды преподавателей ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, статьи из профессиональной периодической печати.

Литературные источники нумеруются и располагаются в порядке цитирования источников в тексте работы, в сквозной нумерации, иностранные источники приводятся в конце списка. Ссылки на литературные источники приводятся в тексте в квадратных скобках, например.

Приложения включают вспомогательные материалы к основному содержанию ВКР, которые необходимы для повышения наглядности изучаемых вопросов и подтверждения выводов и предложений (таблицы, статистическая обработка экспериментальных данных, технологические карты возделывания культуры, результаты расчета экономической эффективности вариантов опыта, графический и иллюстрационный материал).

В конце каждой главы следует обобщить материал в соответствии с целями и задачами, сформулировать выводы и достигнутые результаты.

Заключительный этап выполнения ВКР – ее оформление. Требования к оформлению ВКР основываются на ГОСТ Р 7.0.11-2011, ГОСТ 7.1-2005 и ГОСТ 7.82-2001.

ВКР оформляется на русском языке. Допускается параллельное оформление текста работы или ее части на иностранном языке (английском, немецком и французском и др.) в форме дополнительного приложения. Текст ВКР должен быть переплетен (сброшюрован).

Требования к оформлению текстовой части. ВКР оформляется на листах формата А4 (210×297 мм) без рамки, с соблюдением следующих размеров полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм.

Страницы текста нумеруются арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Номер страницы проставляют вверху или внизу страницы посередине. Первой страницей считается титульный лист, номер страницы на нем не ставится.

При выполнении текстовой части работы на компьютере текст должен быть оформлен в текстовом редакторе *Microsoft Word.* Тип шрифта: *Times New Roman.* Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Шрифт заголовков разделов: полужирный, размер 16 пт. Шрифт заголовков подразделов: полужирный, размер 14 пт. Межсимвольный интервал: обычный. Межстрочный интервал: полуторный.

Требования к структуре текста. Текст основной части разделяют на разделы и подразделы.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего текста, обозначенные арабскими цифрами без точки. Каждый раздел рекомендуется начинать с нового листа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подраздел допускается разбивать на пункты, нумерация которых выполняется аналогично. *Пример:* 1.2.3 – обозначает раздел 1, подраздел 2, пункт 3.

Наименования разделов и подразделов должны быть краткими, их записывают с абзацного отступа с первой прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Требования к изложению текста. Текст должен быть кратким, четким не допускать различных толкований. Изложение текста должно быть от третьего лица. При изложении обязательных требований в тексте должны применять слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова – «могут быть», «как правило», «при необходимости», «может быть», «в случае» и т.д.

В тексте должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами или общепринятые в научно-технической литературе.

Правила печатания знаков. Знаки препинания (точка, запятая, двоеточие, точка с запятой, многоточие, восклицательный и вопросительный знаки) от предшествующих слов пробелом не отделяют, а от последующих отделяют одним пробелом. Дефис от предшествующих и последующих элементов не отделяют. Тире от предшествующих и последующих элементов отделяют обязательно. Кавычки и скобки не отделяют от заключенных в них элементов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать требованиям, принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. При необходимости применения условных буквенных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии и соответствующими ГОСТами;
- сокращать обозначения единиц величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц величин в таблицах и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

Не допускается применять в тексте (за исключением формул, таблиц, рисунков):

- математический знак «-» перед отрицательным числом, следует писать слово «минус»;
- знак «Ø» для обозначения диаметра, следует писать слово «диаметр». При указании размера отдельных отклонений диаметра на чертежах, помещённых в тексте, перед размерным числом следует писать знак «Ø»;
- применять без числовых значений математические знаки, например: $<$, $>$, $=$, $\leq$, $\geq$, $\neq$, $\approx$, а также знаки №, %;
- применять индексы стандартов, технических условий и других нормативных документов без их регистрационного номера.

Если в документе принята особая система сокращений слов или наименований, то в нем может быть приведен перечень принятых сокращений.

В документе следует применять стандартизированные единицы физических величин в системе СИ.

Требования к оформлению формул. Формулы в тексте могут быть выполнены прямым шрифтом типа А или Б русского, латинского или греческого алфавита. В приложении *Microsoft Word* с использованием редактора формул *Microsoft Equation* с размером: основная строка – 14 пт.; крупный индекс – 9 пт.; мелкий индекс – 8 пт.; крупный символ – 14 пт.; мелкий символ – 8 пт.

Значения указанных символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой, причем каждый символ и его размерность пишутся

с новой строки и в той последовательности, в которой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример. Зараженность семян (в процентах) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{100 \times N1}{n}$$

где *N1* – суммарное число зараженных семян в четырех пробах;

n – общее число семян, взятых для анализа.

Все формулы нумеруются арабскими цифрами, номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках. Номер формулы состоит из 2-х частей, разделенный точкой, например (2.1), первая часть выделена под номер раздела, вторая часть – номер формулы. При переносе формулы номер ставят напротив последней строки в край текста. Если формула помещена в рамку, номер помещают вне рамки против основной строки формулы. Группа формул, объединенных фигурной скобкой, имеет один номер, помещаемый точно против острия скобки. При ссылке на формулу в тексте ее номер ставят в круглых скобках (из формулы (2.1) следует…).

В конце формулы и в тексте перед ней знаки препинания ставят в соответствии с правилами пунктуации. Формулы, следующие одна за другой, отделяют запятой или точкой с запятой, которые ставят за формулами до их номера. Переносы формул со строки на строку осуществляются в первую очередь на знаках отношения (=; ≠; ≥, ≤ и т.п.), во вторую – на знаках сложения и вычитания, в третью – на знаке умножения в виде косого креста. Знак следует повторить в начале второй строки. Все расчеты представляются в системе СИ.

Требования к оформлению иллюстраций. Иллюстрации могут быть выполнены в виде диаграмм, номограмм, графиков, чертежей, карт, фотоснимков и др. Указанный материал выполняется на формате А4, т.е. размеры иллюстраций не должны превышать формата страницы с учетом полей. Если ширина рисунка больше 8 см, то его располагают симметрично посередине. Если его ширина менее 8 см, то рисунок, как правило, располагают с краю, в обрамлении текста.

Допускается размещение нескольких иллюстраций на одном листе. Иллюстрации могут быть расположены по тексту, а также даны в приложении. Сложные иллюстрации могут выполняться на листах формата А3.

Все иллюстрации нумеруются в пределах текста арабскими буквами (если их более одной). Нумерация рисунков может быть как сквозной (рис. 1), так и индексационной (рис. 1.1). Иллюстрации могут иметь, при необходимости, наименование и экспликацию (поясняющий текст или данные). Наименование помещают под иллюстрацией, а экспликацию под наименованием. В тексте, где идет речь о теме, связанной с иллюстрацией, помещают ссылку либо в виде заключенного в круглые скобки выражения (рис. 1.1), либо в виде оборота типа «…как показано на рисунке 1.1».

При оформлении графиков оси (абсцисс и ординат) вычерчиваются сплошными линиями. На концах координатных осей стрелок не ставят. Числовые значения масштаба шкал осей координат пишут за пределами графика (левее оси ординат и ниже оси абсцисс). По осям координат должны быть указаны условные обозначения и размерности отложенных величин в принятых сокращениях.

На графике следует писать только принятые в тексте условные буквенные обозначения. Надписи, относящиеся к кривым и точкам, оставляют только в тех случаях, когда их немного, и они являются краткими. Многословные надписи заменяют цифрами, а расшифровку приводят в подрисуночной подписи.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба и пространственного расположения.

Требования к оформлению таблиц. Цифровой материал принято помещать в таблицы. Таблицы помещают непосредственно после абзацев, содержащих ссылку на них, а если места недостаточно, то в начале следующей страницы. Все таблицы нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера, разделенного точкой (пример: таблица 3.3). Допускается сквозная нумерация таблиц.

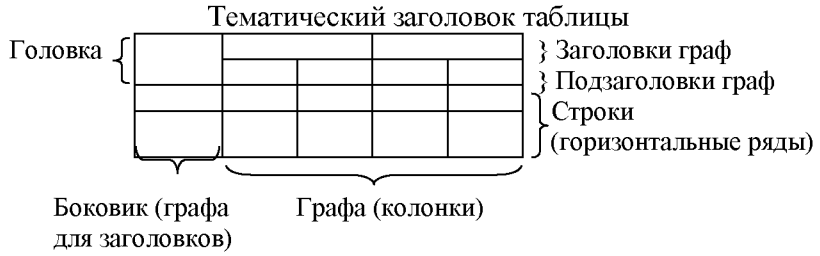
Таблицы снабжают тематическими заголовками, которые располагаются посередине страницы и пишут прописным шрифтом без точки на конце. Заголовок и слова таблица начинают писать с прописной буквы.

Если в таблице встречается повторяющийся текст, то при первом же повторении допускается писать слово «то же». Если цифровые или текстовые данные не приводятся в какой-либо строке

таблицы, то на ней ставят прочерк (–). Цифры в графах таблиц располагают так, чтобы они следовали одни под другими.

Пример.

Таблица 3.3



Таблицы, имеющие количество строк больше, чем может поместиться на странице, переносятся на другую (другие) страницу, при этом в таблицу вводится дополнительная служебная строка с нумерацией граф, начиная с 1. На каждой следующей странице вместо шапки таблицы печатается строка с нумерацией граф, а перед ней в правом верхнем углу делается указание *Продолжение таблицы* или *Окончание таблицы (*если она заканчивается).

Таблицы с данными урожайности должны сопровождаться статистическими показателями ($НСР_{05}$, коэффициент корреляции и т. п.).

Оформление списка использованной литературы и источников. Список литературы должен включать изученную и использованную при написании ВКР литературу.

Список использованной литературы и источников является обязательным элементом. Каждый документ, включенный в список, должен быть описан в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.100-2018. СИБИД. Библиографические записи. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления; ГОСТ 7.0.5-2008 Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления; ГОСТ 7.82-2001 Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов.

Список использованной литературы и источников помещается на отдельном нумерованном листе (листах), источники записываются и нумеруются в порядке упоминания в тексте. Они должны иметь последовательные номера, отделяемые от текста точкой и пробелом. Иностранные источники располагают в конце списка. Общее количество использованной литературы и источников

должно быть не менее 20.

Сведения о книгах (монографии, учебники, справочники и т.п.) должны включать: фамилию и инициалы автора (авторов), название книги, город, издательство, год издания, количество страниц (прил. 3).

Оформление библиографических ссылок. Библиографическая ссылка – это совокупность библиографических сведений о цитируемом, рассматриваемом или упоминаемом документе, необходимых для его идентификации и поиска; указание источника заимствования в соответствии с правилами библиографического описания.

Ссылки на литературные источники приводятся в тексте. При ссылке на литературные источники указывается порядковый номер источника по списку. Номер источников указывается в квадратных скобках.

Если возникает необходимость сослаться на мнение, разделяемое рядом авторов, либо аргументируемое в нескольких работах одного и того же автора, то следует отметить все порядковые номера источников, которые разделяются точкой с запятой, например: исследованиями ряда авторов установлено, что...

Приложения оформляют как продолжение ВКР на последующих его страницах или в виде отдельной части (папки), располагая их в порядке ссылок в тексте.

Каждое приложение должно располагаться с новой страницы с указанием слова «Приложение» и иметь содержательный заголовок. Если приложение занимает более одной страницы, то вверху второй и далее страниц указывается «Продолжение приложения» или «Окончание приложения».

Если в работе больше одного приложения их нумеруют последовательно арабскими цифрами. *Например:* Приложение 1, Приложение 2 и т.д. На все приложения дают ссылки в основном тексте работы.

3. Порядок выполнения и представления в ГЭК выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа выполняется в сфере профессиональной деятельности по направлению 35.03.04 Агрономия, профиля подготовки: Полеводство.

Тематика ВКР формируется и утверждается на заседании выпускающей кафедры, она должна соответствовать современному уровню развития науки и потребностям профессиональной практики с учётом предложений работодателей (прил. 4). Тема ВКР должна соответствовать профилю направления подготовки, определяемому квалификационной характеристикой, либо тематике научных исследований кафедры.

В процессе подготовки ВКР обучающийся должен быть сориентирован на один из предложенных видов исследований:

- *исследование научного характера* содержит анализ и систематизацию научных источников, фактического материала, аргументированные обобщения и выводы по избранной теме. В ВКР должно проявиться знание автором основных методов исследования, умение их применять, владение научным стилем изложения результатов работы. ВКР данного уровня является заявкой на продолжение научного исследования в магистратуре;

- *исследование прикладного характера* представляет собой разработку в одной из прикладных областей знания по направлению (профилю) подготовки.

Обучающийся имеет право:

- выбрать тему из предложенной выпускающей кафедрой тематики ВКР на основании личной заявки (прил. 5);

- выбрать тему, предложенную организацией-работодателем. В этом случае работодатель на официальном бланке оформляет заявку на имя ректора или проректора по учебной работе Университета с предложением конкретной темы исследования (прил. 6);

- предложить свою тему ВКР с обоснованием целесообразности ее разработки при условии соответствия темы направлению и профилю подготовки (прил. 7).

Координацию и контроль подготовки ВКР осуществляет руководитель выпускной квалификационной работы.

В обязанности руководителя ВКР входит: составление задания на ВКР (прил. 8); ознакомление обучающегося с планом-графиком выполнения и защиты ВКР, составление индивидуального графика подготовки ВКР и контроль его выполнения; рекомендации по подбору и использованию источников и литературы по теме ВКР; оказание помощи в разработке плана ВКР; консультирование обучающегося по вопросам выполнения ВКР согласно установленному графику консультаций; рекомендации по доработке текста ВКР;

контроль соответствия содержания и оформления ВКР; анализ соответствия полученных результатов цели и задачам ВКР; информирование о порядке и содержании процедуры защиты ВКР (в том числе предварительной); консультирование в подготовке выступления и подборе иллюстративных материалов к защите; контроль за проверкой ВКР на заимствования до предзащиты; содействие в подготовке ВКР на внутривузовский или иной конкурс студенческих работ; составление письменного отзыва о ВКР (прил. 9).

В отзыве руководителя ВКР оцениваются следующие показатели: актуальность темы ВКР; степень достижения поставленных в ВКР целей; преимущества представленных материалов (современность используемых методов научных исследований, оригинальность поставленных задач и полученных решений, уровень исследовательской части); соответствие содержания теме; владение методами сбора, анализа и обработки информации по теме ВКР; наличие в ВКР элементов научной и практической новизны; наличие и значимость практических предложений и рекомендаций, сформулированных в ВКР; владение компьютерными средствами и программным обеспечением; полученные при решении задач ВКР результаты, умение их анализировать и интерпретировать, делать на этой основе правильные выводы; степень владения автором работы профессиональными знаниями, умениями и навыками; подготовленность выпускника, инициативность, ответственность и самостоятельность при решении научных и практических задач; способность обучающегося ясно и чётко излагать суть и содержание вопроса; правильность оформления ВКР, структура, стиль, язык изложения, использование табличных и графических средств представления информации, в соответствии с установленными правилами; обоснованность данных, приведенных в отчете проверки на заимствование; умение применять полученные знания на практике; рекомендация ВКР к защите.

Допускается назначение двух руководителей ВКР, если тема выпускной квалификационной работы имеет междисциплинарный характер. С целью оказания выпускнику специализированных консультаций по отдельным аспектам выполняемого исследования наряду с руководителем могут быть назначены консультанты ВКР. Консультант назначается распоряжением декана факультета на любом этапе выполнения ВКР по представлению заведующего выпускающей кафедры.

Информация о ходе выполнения ВКР рассматривается на заседании выпускающей кафедры с приглашением, при необходимости, обучающихся, нарушающих график ее подготовки.

Тема и руководитель ВКР утверждаются приказом ректора по представлению декана факультета не позднее 4-х недель до защиты выпускной квалификационной работы. Корректировка темы ВКР проводится по обращению руководителя ВКР с последующим ее рассмотрением на заседании выпускающей кафедры и утверждается приказом.

Обучающийся – автор ВКР – несёт ответственность за достоверность приведенных данных и сведений, обоснованность выводов и решений, соблюдение законодательных норм об охране авторских прав. Каждый студент должен проверить свою выпускную квалификационную работу на заимствования до прохождения предварительной защиты (прил. 10).

Решение о допуске ВКР к защите принимается комиссией, проводящей предзащиту ВКР. Предзащита проводится не позднее, чем за 7 дней до защиты ВКР комиссией, созданной по распоряжению заведующего кафедрой. Оценивается соответствие содержания ВКР заявленной теме, заданию руководителя. На предзащите присутствуют руководители ВКР. Результат предзащиты с рекомендациями фиксируется в протоколе заседания кафедры.

К предварительной защите обучающийся предоставляет:

- задание на ВКР, подписанное всеми сторонами;
- полный непереплетенный (несброшюрованный) вариант ВКР;
- доклад о результатах ВКР;
- презентацию и/или иной иллюстративный материал;
- акт проверки ВКР на заимствование;
- отзыв руководителя;
- акт внедрения (при наличии) (прил. 11).

В случае отрицательного результата предзащиты заведующий выпускающей кафедры имеет право не допускать студента к защите ВКР в установленный графиком срок.

Законченная и оформленная в соответствии с требованиями выпускная квалификационная работа вместе с ее электронной версией, письменным отзывом руководителя, содержащим акт проверки на заимствование, представляется в деканат агрономического факультета не позднее установленного графиком срока подготовки ВКР (не позднее, чем за 3 дня до защиты).

В случае не представления обучающимся ВКР в установленный срок по уважительным причинам, декан может перенести дату защиты, направив соответствующее представление на имя проректора по учебной работе о переносе сроков защиты. Перенос сроков защиты ВКР оформляется приказом.

4. Порядок защиты выпускной квалификационной работы и критерии выставления оценок

К защите допускаются обучающиеся, представившие в установленный срок выпускные квалификационные работы. ВКР передается секретарю государственной экзаменационной комиссии не позднее 12 часов рабочего дня, предшествующего дню защиты по расписанию. Для проведения защиты ВКР формируется государственная экзаменационная комиссия (ГЭК).

В государственную экзаменационную комиссию до начала защиты представляются следующие документы:

- справка деканата о выполнении студентом учебного плана и полученных им оценках по теоретически дисциплинам, курсовым проектам и работам, учебной и производственной практикам.
- выпускная квалификационная работа с отзывом руководителя.

Автор ВКР имеет право ознакомиться с отзывом научного руководителя о его работе до начала процедуры защиты. Отрицательный отзыв руководителя не влияет на допуск ВКР к защите.

Защита ВКР проводится в соответствии с единым графиком итоговой государственной аттестации, утвержденным проректором по учебной работе на открытом заседании ГЭК.

Обязательные элементы процедуры защиты:

- выступление автора ВКР;
- ответы обучающегося на вопросы членов ГЭК;
- оглашение отзыва руководителя.

Для сообщения по содержанию ВКР обучающемуся отводится, как правило, не более 10 минут. Для защиты могут быть представлены дополнительные материалы, характеризующие научную и практическую ценность выполненной работы (печатные статьи по теме, документы, указывающие на практическое применение результатов работы, акты внедрения (прил. 12) и т.п.).

Вопросы членов комиссии автору ВКР должны находиться в

рамках темы. На открытой защите могут присутствовать все желающие, они вправе задавать обучающемуся вопросы по теме защищаемой работы. Общая продолжительность защиты одной ВКР не должна превышать 0,5 часа.

В ходе защиты ведется протокол заседания ГЭК, в который вносятся все заданные обучающемуся вопросы, ответы обучающегося, решение комиссии об оценке, рекомендации ГЭК (к поступлению в магистратуру, внедрению результатов ВКР в производство или учебный процесс, подготовке статьи по материалам выполненной работы и т.п.).

После окончания защиты ВКР с целью оценки ее результатов проводится закрытое заседание ГЭК. При оценке ВКР учитывают: содержание работы, ее оформление, убедительность защиты. Оценка защиты ВКР определяется открытым голосование всех членов ГЭК с учетом:

- научного и практического уровня ВКР;
- актуальности темы и задач ВКР;
- обоснованности результатов и выводов;
- самостоятельности выполнения, личного вклада обучающегося;
- возможности практического использования полученных результатов;
- качества оформления ВКР;
- полноты представления иллюстративных материалов для выступления;
- качества доклада и ответов на вопросы;
- грамотности построения речи, степени владения профессиональной терминологией;
- текущей работы обучающегося в ходе выполнения ВКР;
- успеваемости обучающегося в процессе обучения.

Решение ГЭК об окончательной оценке ВКР принимается с учетом отзыва руководителя, выступления и ответов обучающегося в процессе защиты. При пограничных результатах мнение председателя ГЭК является решающим.

Выпускная квалификационная работа оценивается членами ГЭК по 5-балльной системе: 5 – «*отлично*», 4 – «*хорошо*», 3 – «*удовлетворительно*» и 2 – «*неудовлетворительно*».

Оценка «*отлично*» выставляется в том случае, если обучающийся демонстрирует в работе *научного характера:* репрезентативность собранного материала, умение анализировать полученную информацию; знание основных понятий в исследуемой области, умение оперировать ими; степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы; владение методологией и методикой научных исследований и обработки полученных экспериментальных данных; умение представить работу в научном контексте; владение научным стилем речи; аргументированную защиту основных положений работы.

Для ВКР бакалавра *прикладного* характера оценка «*отлично*» выставляется в том случае, если обучающийся демонстрирует: высокий уровень владения навыками проектно-экспертной деятельности; знание основных методик и технологий в области проектирования; умение анализировать проекты своих предшественников в данной области; степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы; определение и осуществление основных этапов проектирования; высокий достигнутый уровень теоретической подготовки; свободное владение письменной и устной коммуникацией; аргументированную защиту основных положений работы.

Оценка «*хорошо*» выставляется в том случае, если обучающийся демонстрирует в работе *научного* характера: репрезентативность собранного материала, умение анализировать полученную информацию; знание основных понятий в исследуемой области, умение оперировать ими; владение методологией и методикой научных исследований и обработки полученных экспериментальных данных; единичные (негрубые) стилистические и речевые погрешности; умение защитить основные положения своей работы.

В ВКР *прикладного* характера оценка «*хорошо*» выставляется в том случае, если обучающийся демонстрирует: хороший уровень владения навыками проектно-экспертной деятельности; знание основных методик и технологий в анализируемой области; умение анализировать проекты своих предшественников в данной области; определение и осуществление основных этапов проектирования; свободное владение письменной и устной коммуникацией; аргументированную защиту основных положений работы.

В ВКР *научного* характера оценка «*удовлетворительно*» выставляется в том случае, если обучающийся демонстрирует: компилятивность теоретической части работы; недостаточно глубокий анализ материала; стилистические и речевые ошибки; посредственную защиту основных положений работы.

В ВКР *прикладного* характера (проекте) оценка «*удовлетворительно*» выставляется в том случае, если обучающийся демонстрирует: недостаточный уровень владения навыками проектно-экспертной деятельности; недостаточное знание методик и технологий в исследуемой области; посредственный анализ проектов своих предшественников в данной области; отсутствие самостоятельности в определении и осуществлении основных этапов проектирования; стилистические и речевые ошибки; посредственную защиту основных положений работы.

Оценка «*неудовлетворительно*» выставляется в том случае, если обучающийся демонстрирует: компилятивность работы; несамостоятельность анализа научного материала или этапов проектирования; грубые стилистические и речевые ошибки; неумение защитить основные положения работы.

Оценки объявляются обучающимся в день защиты. После объявления оценок и рекомендаций комиссии защита выпускных квалификационных работ объявляется на текущий день законченной.

После защиты секретарь государственной экзаменационной комиссии сдает ВКР в архив университета. Электронные версии успешно защищенных ВКР в виде одного файла (титульный лист, текст и приложения) в формате PDF передаются кафедрой в издательско-библиотечный центр в срок не позднее чем через 14 дней после защиты с сопровождающим актом передачи.

ВКР бакалавра, при защите которой было принято отрицательное решение, может быть представлена к повторной защите после ее переработки, но не ранее чем через один год и не позднее 5 лет. Обучающемуся, не защитившему ВКР бакалавра, выдается академическая справка установленного образца.

Выпускникам, полностью выполнившим индивидуальный план работы и успешно прошедшим итоговую государственную аттестацию, присуждается квалификационная академическая степень бакалавра и выдается диплом по направлению Агрономия.

Выпускникам, достигшим особых успехов в освоении учебного плана, сдавшим в течение срока обучения экзамены с оценкой

«отлично» не менее чем по 75% всех дисциплин учебного плана, а по остальным дисциплинам – с оценкой «хорошо», и прошедшим все виды итоговых государственных аттестационных испытаний с оценкой «отлично», выдается диплом бакалавра с отличием.

5. Правила оформления презентации

Презентация предполагает сочетание информации различных типов: текста, графических изображений, музыкальных и звуковых эффектов, анимации и видеофрагментов. Презентация должна быть выполнена в формате *Microsoft PowerPoint.* В презентации рекомендуется использовать стандартные шрифты *Arial Cyr, Times New Roman Cyr*.

Оформление слайдов. При оформлении слайдов необходимо соблюдать единый стиль, вспомогательная информация не должна преобладать над основной. Дизайн должен быть простым и лаконичным.

Фон слайдов должен быть приятным для глаз зрителя. На одном слайде рекомендуется использовать не более трех цветов (один для фона, один для заголовка, один для текста). Цвета для фона и текста должны быть контрастными. Лучший контраст – это чёрный текст (изображение) на белом фоне. Нельзя смешивать различные типы шрифтов в одной презентации.

Анимационные эффекты не должны отвлекать внимание от содержания слайда, звуковое оформление не должно быть громким.

Представление информации. Начало должно заинтересовать слушателей. Содержание раскрывать цель и задачи выпускной квалификационной работы. Текстовой материал должен быть понятным и построен таким образом, чтобы прослеживалась связь между излагаемыми понятиями. Выделение в тексте должно быть обусловлено необходимостью. Значение новых терминов должно быть разъяснено.

Каждый слайд должен иметь заголовок. Заголовки должны привлекать внимание аудитории. На слайдах должны быть тезисы – они сопровождают подробное изложение мыслей докладчика, но не наоборот.

Предпочтительно горизонтальное расположение информации. Для обеспечения разнообразия следует использовать различные виды слайдов: с диаграммами, с таблицами, с текстом.

У диаграммы должно быть название или таким названием может служить заголовок слайда, она должна занимать все место на слайде, линии и подписи должны быть хорошо видны.

Таблицы должны иметь название, хорошо читаться, шапка таблицы отличаться от основных данных.

Изображения должны быть четкими, не слишком оптимизированными. Недопустима их «размытость».

Наиболее важная информация должна располагаться в центре. Если на слайде присутствуют иллюстрации и таблицы они должны сопровождаться соответствующими подписями. Если изображение используется в качестве фона, то текст на нем должен быть хорошо читаем.

Презентация в среднем должна содержать 10-12 слайдов. Важно соблюдать правила орфографии, пунктуации, сокращений.

Примерная структура презентации

1-й слайд. Тема выпускной квалификационной работы студента, автор, руководитель.

2-й слайд. Цель и задачи работы (что поэтапно и конкретно сделано для достижения цели).

3-й слайд. Предмет и объект исследования.

4-й слайд. Место проведения и методика исследований.

5-й слайд – n-й слайд. Полученные результаты.

n + 1 слайд. Выводы и предложения, которые должны соответствовать цели работы.

После создания презентации и ее оформления, необходимо отрепетировать ее показ и свое выступление, проверить, как будет выглядеть презентация в целом (на экране компьютера или проекционном экране), насколько скоро и адекватно она воспринимается из разных мест аудитории, при разном освещении, шумовом сопровождении, в обстановке, максимально приближенной к реальным условиям выступления.

Рекомендуемая литература

1. Оформление курсовых и дипломных работ : методические рекомендации / сост. Петров А. М., Дулов М. И., Петрова С. С. [и др.]. – Самара, 2010. – 38 с.

2. Дунченко, Н. И. Основная образовательная программа как норма качества высшего профессионального образования : учебное пособие / Н. И. Дунченко, Е. А. Савенкова, А. А. Дробязько [и др.]. – М. : изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. – 250 с.

3. Положение о выпускной квалификационной работе по реализуемым программам ФГОС ВПО : СМК 04-46-2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://old.ssaa.ru/_np_doc/582rf/polog/-СМК_04-46-2014.pdf.

4. Положение об итоговой государственной аттестации выпускников : СМК-47-2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://old.ssaa.ru/_np_doc/582rf/polog/СМК_04-47-2014.pdf.

5. Положение о проверке на заимствование и контроля самостоятельности выполнения выпускных квалификационных работ : СМК 04-59-2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://old.ssaa.ru/_np_doc/582rf/polog/СМК_04-59-2014.pdf.

Приложения

Приложение 1

Образец оформления титульного листа ВКР

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

Агрономический факультет

_____

(кафедра)

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Дипломная работа

обучающегося:_____
на тему: _____
_____

Руководитель работы _____
(ученая степень, звание Фамилия И.О.)

Консультанты
1._____
2._____
3._____
(ученая степень, звание Фамилия И.О.)

К защите допускается

Зав. кафедрой _____
(подпись, Фамилия И.О.)

Кинель 20__

Приложение 2

Образец оформления реферата

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 56 страниц машинописного текста, включает 12 таблиц, 3 рисунка, 35 наименований использованной литературы и источников.

ПОЛИВИДОВЫЕ ПОСЕВЫ, ПЕРЕВАРИМЫЙ ПРОТЕИН, ЗЕРНОФУРАЖ, ЗЕРНОСЕНАЖ, РАСТИТЕЛЬНЫЙ БЕЛОК, КОРМОВАЯ ЦЕНОСТЬ.

Поливидовые посевы являются неотъемлемой частью современного растениеводства и важным фактором интенсификации земледелия. Целесообразность этого способа посева трудно поставить под сомнение. Смеси дают более устойчивый урожай, так как снижение продуктивности одной культуры восполняется другой, качественно улучшается кормовая масса, наиболее полно и рационально используются жизненные факторы. Использование преимуществ поливидовых посевов в растениеводстве, а также изучение закономерностей их формирования имеет существенное значение для их научного обоснования.

Приложение 3

Оформление использованной литературы и источников

Книга (1 автор)

Котов, В. П. Овощеводство открытого грунта / В. П. Котов. – 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 сахарной 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.

Приложение 4

Примерная тематика выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 35.03.04. Агрономия для профиля подготовки Полеводство

Кафедра «Растениеводство и земледелие»

1. Продуктивность яровой пшеницы при обработке семян препаратами в условиях лесостепи Самарской области.
2. Подбор сортов ячменя на зернофураж в Самарской области.
3. Сравнительная продуктивность сорта – и видосмесей ячменя и гороха на зерносенаж разных уровнях минерального питания.
4. Совершенствование приёмов возделывания ячменя и гороха на зернофураж в условиях лесостепи Среднего Поволжья.
5. Сравнительная продуктивность зернофуражных видо- и сортосмесей на разных уровнях минерального питания.
6. Изучение сортов ячменя и приёмы повышения качества зерносенажа в условиях лесостепи Среднего Поволжья.
7. Продуктивность нута при обработке семян на разных уровнях минерального питания в условиях лесостепи Самарской области.
8. Приемы предпосевной обработки семян сои в условиях лесостепи Среднего Поволжья.
9. Приемы борьбы с сорняками в посевах сои в условиях лесостепи Среднего Поволжья.
10. Конкурсное испытание сорго зернового селекции ПНИИСС им. П. Н. Константинова.
11. Характеристика сортов проса по комплексу хозяйственно-биологических признаков.
12. Влияние различных протравителей на устойчивость ячменя к болезням.
13. Влияние агротехнических приемов на напочвенных пауков в посевах яровой пшеницы.
14. Влияние агротехнических приемов на напочвенных жужелиц в посевах яровой пшеницы.
15. Эффективность протравителей в защите яровой пшеницы от корневых гнилей.
16. Распространение и вредоносность колорадского жука в Самарской области.
17. Сортовая устойчивость яровой пшеницы к вредителям и болезням.

18. Мухи-цветочницы в агроценозе яровой пшеницы в лесостепи Самарской области.
19. Альтернариоз картофеля в Самарской области.
20. Динамика численности и вредоносность пшеничного трипса в посевах озимой пшеницы.
21. Сравнительная оценка поражаемости клубней картофеля болезнями при вегетации и хранении в зависимости от сорта.
22. Влияние сортов яровой пшеницы на численность и вредоносность ростковой мухи в условиях лесостепи Самарской области.
23. Влияние фитоантиципинов на поражаемость яровой пшеницы вредными организмами в условиях лесостепи Самарской области.
24. Эффективность фунгицидов в защите яровой пшеницы от листовых болезней.

Кафедра «Землеустройство, почвоведение и агрохимия»

1. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы.
2. Влияние основной обработки почвы на урожай сои в лесостепи Заволжья.
3. Эффективность минимализации обработки почвы при возделывании яровой пшеницы в лесостепи Заволжья.
4. Влияние обработки семян препаратами ЖУСС на урожайность озимой пшеницы.
5. Эффективность ранневесенней подкормки озимой пшеницы различными формами азотных удобрений.
6. Влияние подкормки различными формами азотных удобрений и обработки препаратами ЖУСС на урожайность озимой пшеницы.
7. Влияние основной обработки почвы на урожайность ячменя.
8. Влияние регуляторов роста на продуктивность женьшеня обыкновенного.
9. Влияние хелатных форм минеральных удобрений на продуктивность картофеля.
10. Влияние хелатных форм минеральных удобрений на продуктивность озимого тритикале.
11. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на продуктивность подсолнечника.

Приложение 5

Форма заявления выпускника

Заведующему кафедрой

_____

(название кафедры)

от обучающегося _____

(Фамилия Имя Отчество)

курса, группы _____

_____ формы обучения

(очной, заочной)

по направлению подготовки

35.03.04 Агрономия,

профиль подготовки *Полеводство*

Заявление

Прошу разрешить мне подготовку выпускной квалификационной работы бакалавра по теме _____

_____

_____

(должность, ученая степень, ученое звание, Фамилия Имя Отчество)

_____ «____»_____20___г.

(подпись обучающегося)

Приложение 6

Форма заявки организации

З А Я В К А

(наименование организации, учреждения, предприятия)

_____ предлагает для подготовки выпускной квалификационной работы (дипломной работы) обучающегося,

_____

(наименование факультета, института)

_____

обучающегося по направлению подготовки _____

следующее направление исследований (тема ВКР) _____

_____

_____

Руководитель организации _____/_____/

(подпись) *(расшифровка подписи)*

МП

Ответственный исполнитель:

_____

(Ф.И.О., должность)

тел/факс:_____

Приложение 7

Форма заявления выпускника с предложением темы ВКР

Заведующему кафедрой

_____

(название кафедры)

от обучающегося _____

(Фамилия Имя Отчество)

курса, группы _____

_____ формы обучения

(очной, заочной)

по направлению подготовки

35.03.04 Агрономия,

профиль подготовки *Полеводство*

Заявление

Прошу утвердить тему моей выпускной квалификационной работы (дипломной работы) _____

_____

_____

_____

Данная тема является актуальной и выполняется в рамках задания

_____

(описывается обоснование темы)

_____,

тема соответствует профилю направления подготовки_____

наименование профиля и направления

Подпись студента _____/_____

(подпись) *(расшифровка подписи)*

Подпись руководителя ВКР _____/_____

(подпись) *(расшифровка подписи)*

Зав. кафедрой _____

_____/ _____ /

(подпись) *(расшифровка подписи)*

Приложение 8

Образец формы задания с план-графиком выполнения ВКР

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

Факультет Агрономический
Кафедра Растениеводство и земледелие
Направление подготовки 35.03.04 Агрономия
Профиль Полеводство

Утверждаю:
Зав. кафедрой
« _____ » _____ 20__г.

ЗАДАНИЕ

на ВКР студенту _____
1. Тема ВКР _____

Утверждена приказом по университету от « ____ » _____ 20___ г. № _____
Срок сдачи студентом законченной работы _____
2. Исходные данные к работе _____

3. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) _____

4. Перечень графического материала: _____

_____

_____

_____

5. Консультации с указанием к ним разделов:

Раздел	Консультант, Ф.И.О	Подпись, дата

Дата выдачи задания _____

Руководитель _____ Принял к исполнению _____

6. Календарный план-график выполнения ВКР:

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения этапов	Примечание
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Обучающийся _____

Руководитель _____

Приложение 9

Образец оформления отзыва

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

Факультет	Агрономический
Кафедра	Растениеводство и земледелие
Направление подготовки	35.03.04 Агрономия
Профиль	Полеводство

ОТЗЫВ

руководителя выпускной квалификационной работы обучающегося

_____,
(Фамилия И.О. обучающегося)

выполненный на тему:

_____

1. Актуальность работы: _____
2. Научно-техническая новизна: _____
3. Оценка содержания: _____
4. Положительные стороны: _____
5. Рекомендации по внедрению ВКР: _____
6. Оценка работы_____
7. Дополнительная информация для ГЭК: _____

Заключение:

ВКР обучающегося _____
(Фамилия И.О. обучающегося)

соответствует требованиям к профессиональной подготовке по данному направлению и может быть допущена к защите.

Руководитель _____ «___»_____20___ г.
(подпись)

Приложение 10

Форма заявления
о самостоятельности выполнения письменной работы

Заведующему кафедрой_____
_____
(наименование кафедры)
от обучающегося _____
(Фамилия Имя Отчество)
курса, группы_____
_____ формы обучения
(очной, заочной)
по направлению подготовки
35.03.04 Агрономия
профиль подготовки
Полеводство

Я заявляю, что в моей выпускной квалификационной работе на тему «_____»,
(название работы)
представленной в государственную экзаменационную комиссию для публичной защиты, не содержится элементов плагиата. Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее письменных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлен(а) с действующим в Университете положением (СМК 04-59-2014 Положение о проверке на заимствования и контроля самостоятельности выполнения выпускных квалификационных работ), согласно которому обнаружение превышающего уровня заимствований является основанием для отказа на право допуска ВКР к защите.

Дата Подпись и расшифровка подписи обучающегося

Приложение 11

Образец акта внедрения

АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Данным актом подтверждается, что результаты дипломной работы

_____

(название ВКР)

выполненной _____,

(ФИО студента)

выпускником по направлению подготовки _____

(шифр, наименование направления подготовки и профиля)

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» под руководством

_____

(ФИО руководителя, ученая степень, ученое звание)

внедрены в _____

_____

(название организации, где производится внедрение)

срок внедрения _____

(год, месяц)

форма внедренных результатов _____

_____

_____

_____

(программы, приборы, системы, технологические процессы и др.)

новизна внедренных результатов _____

_____

_____

Руководитель организации _____/_____/

(подпись) *(расшифровка подписи)*

Ответственный за внедрение _____/_____/

(руководитель отдела) *(подпись)* *(расшифровка подписи)*

МП организации

Приложение 12

Образец акта приема-передачи ВКР
в издательско-библиотечный центр

АКТ
приема-передачи ВКР в научную библиотеку

Заведующий кафедрой _____ с одной стороны и директор
(Фамилия И.О.)
научной библиотеки _____ с другой стороны, составили настоящий Акт о нижеследующем:

1. В соответствии с п. 5.12.2 Положения о выпускной квалификационной работе в научную библиотеку для размещения в ЭБС переданы ВКР в количестве ___:

№ п/п	Тема ВКР	Автор	Количество, шт.
1			
2			
…			
		Итого:	…

2. Настоящий Акт составлен в двух экземплярах, по одному экземпляру для каждой из Сторон.

Заведующий кафедрой _____ _____/_____/
(название кафедры) *(подпись)* *(расшифровка)*

Заведующий ИБЦ _____/_____/
(подпись) *(расшифровка)*

_____
(дата)

Оглавление

Предисловие 3

1. Общие положения 4

1.1. Характеристика профессиональной деятельности бакалавров 5

1.2. Требования к результатам освоения основных образовательных программ бакалавриата 7

1.3. Виды и требования к государственной итоговой аттестации бакалавров 9

2. Требования к выпускной квалификационной работе 10

2.1. Общие требования 10

2.2. Содержание и оформление выпускной квалификационной работы 11

3. Порядок выполнения и представления в ГЭК выпускной квалификационной работы 24

4. Порядок защиты выпускной квалификационной работы и критерии выставления оценок 28

5. Правила оформления презентации 32

Рекомендуемая литература 34

Приложения 35

Учебное издание

Васина Наталья Владимировна
Васин Василий Григорьевич

Подготовка выпускной квалификационной работы

Методические указания

Подписано в печать 28.03.2022. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 2,96; печ. л. 3,19.
Тираж 50. Заказ № 63.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр 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
«Самарский государственный аграрный университет»

Л. Н. Жичкина

Почвоведение

Учебное пособие

Учебное пособие содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке бакалавров по направлению 35.03.01 «Лесное дело» и рекомендуется Научно-методическим советом по лесному хозяйству для использования в учебном процессе

Кинель 2022

УДК 631.4 (075)
ББК 40.3я73
Ж75

Рецензенты:
д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Почвоведение, агрохимия и химия»,
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ,
А. Н. Арефьев;
д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Агрохимия, почвоведение
и агроэкология», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ,
С. Н. Зудилин

Жичкина, Л. Н.
Ж75 Почвоведение : учебное пособие / Л. Н. Жичкина. – Кинель :
ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 203 с.
ISBN 978-5-88575-673-0

В учебном пособии изложены основы общего почвоведения. Раскрыты вопросы генезиса и эволюции почвы, ее роль и функции в биосфере Земли. Дана характеристика факторов и процессов почвообразования, свойств и режимов почв и их влияние на формирование плодородия. Изложены принципы классификации, закономерности распространения почвенного покрова различных зон России. Даны представления о современном состоянии, мелиорации и охране почвенных ресурсов. Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Почвоведение». Издание адресовано студентам высших учебных заведений, специалистам в области сельского хозяйства, биологии, землеустройства, агроэкологии и др.

УДК 631.4 (075)
ББК 40.3я73

ISBN 978-5-88575-673-0

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Жичкина Л. Н., 2022

Предисловие

Функционирование биосферы невозможно без обеспечения благоприятной среды обитания для всех биотических сообществ во всем их биоразнообразии.

Почва – важнейший компонент биосферы, являющийся продуктом взаимодействия горных пород, слагающих земную кору, с поверхностными водами, растительными и животными организмами. Как компонент биосферы – области сосредоточения жизни, она находится в непрерывном взаимодействии с другими оболочками планеты и активно участвует в сложных процессах обмена и превращения вещества и энергии на земном шаре.

Основным свойством почвы является плодородие – способность удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их достаточным количеством воздуха и тепла. Развитие почв и почвенного покрова, как и формирование их плодородия, тесно связано с конкретным сочетанием природных факторов почвообразования и многообразным влиянием человеческого общества, с развитием производительных сил, экономических и социальных условий. Ценность почвы определяется не только ее хозяйственной значимостью для отраслей народного хозяйства, но и ее ролью для всех наземных биогеоценозов и биосферы Земли в целом.

Выполняя главную общепланетарную функцию, заключающуюся в обеспечении существования жизни на Земле, почва оказывает влияние на рост и развитие растений. Изучение свойств почв необходимо для развития лесного хозяйства, сельскохозяйственного производства, инженерно-строительного дела, разведки и добычи полезных ископаемых и т.д.

В России леса занимают около 809 млн га (8,09 млн км^2), что составляет около 20% от всех лесов мира. Покрывая обширные территории нашей страны леса влияют на природную среду, в том числе и почву, разнообразно. Лес, как мощная растительная формация, оказывает влияние на чистоту и состав атмосферы, на климат, на развитие водной и ветровой эрозии, на чистоту поверхностных и подземных вод. Взаимосвязь почвы со всеми компонентами леса была изучена В. Н. Сукачевым и отражена в его учении о биогеоценологии.

Наука почвоведение играет значительную роль при решении вопросов устойчивости биосферы. Почвы предопределяют состав, устойчивость, продуктивность и возобновление лесов, так как они обладают различным плодородием.

Цель учебного пособия «Почвоведение» – помочь обучающимся закрепить и систематизировать современные знания о почве, как самостоятельном естественно-историческом теле природы, базовом компоненте биосферы.

Учебное пособие состоит из девяти разделов и дает возможность изучить теоретические и практические основы почвоведения, закономерности развития, строения и распространения основных типов почв, их происхождения, эволюции, систему связей в биоценозах, процессы, приводящие к нарушению и деградации почв, методы рационального использования почв и почвенного покрова, приемы регулирования почвенного плодородия.

1. Почвоведение как отрасль естествознания: история, предмет, задачи

1.1. Почвоведение в системе наук. Понятие о почве

Почвоведение – наука о почве, ее строении, составе и свойствах, процессах образования, закономерностях географического распространения, взаимосвязях с внешней средой, путях и методах рационального использования. Предмет изучения почвоведения – почва.

Задачами почвоведения являются: эффективное использование земельного фонда страны, охрана почв от эрозии, засоления, загрязнения, заболачивания и других негативных процессов, сохранение и повышение почвенного плодородия.

В системе естественных наук почвоведение тесно связано с физико-математическими, химическими, биологическими, геологическими, географическими науками, использует их фундаментальные законы и методы исследований.

В настоящее время почвоведение дифференцировалось на ряд разделов в соответствии с методами изучения и практической направленностью знаний о почвах. Выделяют такие самостоятельные разделы как физика, химия, минералогия, биология, география, картография, классификация почв.

Развивается математическое моделирование почвенных процессов, изучаются баланс веществ и энергии в почвах как части экосистем. Наряду с химическими анализами широко применяются различные физические методы исследования химического и минералогического состава почв: спектральный, атомно-адсорбционный, полярографический, термический, рентгеновский, электронно-микроскопический и др. В картографии почв применяются методы дешифрирования аэроснимков, интерпретации почвенного покрова по спектрозональным снимкам с космических спутников, планомерно исследуются структуры почвенного покрова. Для составления карт используются компьютерные банки данных и геоинформационные системы.

В системе географических наук почвоведение тесно связано с общей физической географией – это география почв, с картографией – картография почв, с геоморфологией – учение о структуре

почвенного покрова и почвенно-геохимических катенах, с гидрологией и климатологией – гидрология и климатология почв, с палеогеографией – палеопочвоведение, с циклом экономико-географических наук – изучение и оценка почвенных ресурсов.

Оформились и крупные прикладные отрасли почвоведения, тесно связанные с сельским и лесным хозяйством, ирригацией, гражданским и промышленным строительством, транспортом, поисками полезных ископаемых, здравоохранением и охраной окружающей среды. Это агропочвоведение и агрохимия, лесное почвоведение, мелиоративное почвоведение, грунтоведение, экологическое почвоведение, мониторинг почв и др.

Почвенный покров Земли образуется, существует и развивается во времени как результат взаимодействия различных частей географической оболочки – атмосферы, гидросферы, литосферы и тонкой «пленки» живого вещества, сосредоточенной в основном у земной поверхности.

Почва является составной и главной функциональной частью биосферы – области распространения жизни на Земле. Она сформировалась на границе соприкосновения и взаимодействия планетарных оболочек и образует особую геосферу – педосферу и как всякое природное тело, имеет свое положение в пространстве, объем и границы.

Верхняя граница – это поверхность раздела между почвой и атмосферой. Нижняя граница почвы определяется глубиной, на которую произошло существенное изменение горной породы почвообразовательным процессом, почва постепенно переходит в почвообразующую породу.

Мощность почвы составляет 1-3 метра, однако может измеряться десятками сантиметров и даже отдельными сантиметрами.

По вертикали почвы разделяются на генетические горизонты, которые образовались в результате почвообразовательных процессов. Они характеризуются определенными морфологическими признаками, составом и свойствами. Совокупность генетических горизонтов образует почвенный профиль, который является характерным для каждой почвенной разности.

Почва является открытой системой, поскольку постоянно обменивается веществом и энергией с окружающей ее средой.

Почва – самостоятельное естественноисторическое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности Земли в

результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия (ГОСТ 27593-88 «Почвы. Термины и определения»).

Почва состоит из четырех фаз: твердой, жидкой, газовой и живой.

Твердая фаза почвы – это полидисперсная органо-минеральная система, состоящая из первичных, вторичных минералов и органических веществ растительного и животного происхождения, а также продуктов их взаимодействия. Минеральная часть преобладает и составляет 90-95% массы почвы, и только в торфяных почвах минеральная часть не превышает 15-20%. Твердая фаза наименее динамична и образует каркас для других фаз, характеризуется определенными морфологическими признаками, гранулометрическим, минералогическим и химическим составом.

Жидкая фаза почвы – это вода, занимающая часть порового пространства, поступающая в виде атмосферных осадков, из грунтовых вод, при конденсации водяных паров, содержащая растворенные органические и минеральные вещества, называемая почвенным раствором. Почвенный раствор является непосредственным источником питания растений, участвует в химических, биологических и биохимических процессах, протекающих в почвах в вертикальном и латеральном (боковом) переносе веществ. Жидкая фаза динамична, продукты ее функционирования обновляются в течение суток. Замерзая или испаряясь, почвенная вода переходит соответственно в твердую или газовую фазу.

Газовая фаза почвы – это почвенный воздух, заполняющий поровое пространство, свободное от воды. Почвенный воздух в основном состоит из азота, кислорода и углекислого газа. Скорость обновления продуктов функционирования газовой фазы в целом сопоставима со скоростью обновления жидкой фазы.

Вода и воздух в почве находятся в динамическом равновесии на основе антагонизма: чем больше воды, тем меньше воздуха и наоборот.

Живая фаза почвы (почвенная биота) – это населяющие почву организмы, участвующие в почвообразовательном процессе. К ним относятся различные микроорганизмы (бактерии, грибы

водоросли, актиномицеты), простейшие, насекомые, дождевые черви и др.

Все фазы почвы тесно соприкасаются между собой посредством множества процессов различной природы, скорости и интенсивности, сливающихся в единую совокупность динамических явлений.

Почва живет в суточных, годовых, многолетних и вековых гидротермических ритмах. В соответствии с ними изменяются скорость, а часто и направление почвенных процессов. Одни процессы усиливаются, другие ослабляются. Так, во влажные и теплые периоды активизируются процессы синтеза и разложения органического вещества, увеличивается скорость разрушения первичных минералов и кристаллизации ряда вторичных, усиливаются процессы растворения и выноса подвижных соединений.

1.2. Роль почвы в природе и обществе

Почва – это поверхностный горизонт земной коры, образующий небольшой по мощности слой. Процессы в почве включены в сложные круговороты вещества и энергии на Земле (геологический и биологический).

Большой геологический круговорот веществ – это процесс перемещения частиц и солей с суши на дно океана, а затем (после горообразования) возвращение их на поверхность суши. Этот круговорот веществ исчисляется тысячелетиями. Главным в этом процессе является постоянный, неуклонный вынос с суши самых необходимых для развития растений и жизни элементов питания.

Малый биологический круговорот веществ обусловлен жизнедеятельностью живых организмов, и прежде всего зеленых растений. Характерными чертами его являются: извлечение из материнской горной породы (а в дальнейшем из почвы) элементов питания, синтез биомассы и включение элементов питания в состав сложных, нерастворимых в воде органических соединений, возврат в формирующуюся почву этих соединений с ежегодным опадом отмирающей биомассы в виде наземного опада и корней.

Основным итогом биологического круговорота является биологическая аккумуляция элементов питания в корнеобитаемом слое почвы и их консервация, что и обуславливает постепенное

развитие плодородия.

Почва возникает в результате совместного воздействия на горные породы воды, воздуха, солнечной энергии, живых организмов, поэтому строение почвы отражает местные особенности природных условий – это неотъемлемая часть наземных биогеоценозов.

Находясь в состоянии непрерывного обмена веществом и энергией с атмосферой, гидросферой, литосферой, почвенный покров выступает как незаменимое условие поддержания между всеми ее сферами сложившегося на Земле равновесия, столь необходимого для развития и существования жизни на нашей планете во всех ее многообразных формах.

Почвенный покров и растительность представляют собой неразделимое единство – мировую почвенно-экологическую систему. Почвенный покров является очистителем планеты. В почве завершается разрушение и накопление органических, минеральных и органо-минеральных соединений.

Для почв характерна сложная пространственная организация и дифференциация признаков, свойств, процессов.

Почва – незаменимый аккумулятор биологической энергии в биосфере, регулятор биосферных процессов. В итоге биологического преобразования растительных и животных остатков в почвах происходит накопление особых органических веществ – почвенного гумуса.

Почва тесно связана с жизнью и хозяйственной деятельностью человека: размещением жилья, хозяйственных и промышленных построек, прокладкой дорог выращиванием культурных растений, т.е. производством биологической продукции.

Почва – основное и незаменимое средство производства, богатство любой страны, так как обеспечивает человека продуктами питания, промышленность – сырьем, животных – кормами.

Почвоведение изучает почву не только как особое природное тело, но и как средство производства, как предмет труда и как продукт труда. Это связано с тем, что главным функциональным свойством почвы является плодородие, обеспечивающее жизнь на Земле и являющееся результатом жизни.

Плодородие зависит от состава и свойств почвы, формируется и развивается вместе с развитием факторов почвообразования, поддается количественной оценке и регулированию.

В настоящее время благодаря почвенному плодородию человечество получает 98% продуктов питания, а также древесину, несинтетические продукты для разнообразных производств и многое другое.

Изменяя почву как средство производства, человек существенно изменяет почвообразование, влияя как непосредственно на свойства почвы, ее режимы и плодородие, так и на природные факторы, определяющие почвообразование. Посадка и вырубка лесов, возделывание сельскохозяйственных культур изменяют облик естественной растительности; осушение и орошение меняют режим увлажнения и т.п.

1.3. Краткая история развития почвоведения

В качестве самостоятельной отрасли естествознания наука о почвах сформировалась не многим более ста лет тому назад. Основоположником научного почвоведения, определившим его предмет и основные методы исследования, был русский ученый *Василий Васильевич Докучаев* (1846-1903). Ранее почвоведение рассматривалось только лишь как часть агрономии или геологии.

Чтобы понять значение трудов В. В. Докучаева в становлении и развитии почвоведения, необходимо познакомиться с представлениями о почвах и почвоведении, которые существовали в «додокучаевский период».

Толчком к развитию почвоведения послужила практическая деятельность людей. Самый верхний слой земли, на котором человек жил, строил жилища и выращивал урожай, стал объектом труда и средством производства на много тысяч лет раньше, чем возникло научное представление о почве.

В середине XIX века в Европе одновременно существовало два различных представления о почве (агрономическое и геологическое). Геологи рассматривали почву как землистую горную породу, содержащую примесь органических веществ и были вынуждены исследовать ее агрономические свойства. В результате этого сформировалось агрогеологическое направление.

Почвоведение в России развивалось иным путем. Особое внимание российских естествоиспытателей и экономистов второй половины XVIII-XIX вв. привлекал русский чернозем –

плодороднейшая почва, источник богатств страны: на нем выращивалась пшеница, являвшаяся одним из главных предметов торговли России с Европой.

Одна из первых научных гипотез о происхождении чернозема была высказана еще в 1763 г. *Михаилом Васильевичем Ломоносовым* (1711-1765) в книге «О слоях земных», где он приходит к заключению: «Из доказательных обстоятельств заключили мы, что чернозем из согнития животных и растущих тел происходит». Именно эта идея нашла через сто лет свое подтверждение и развитие в трудах В. В. Докучаева.

Накопленные к этому периоду материалы и статистические данные, собранные опросным путем, легли в основу составления *Константином Степановичем Веселовским* (1819-1901) и *Василием Ивановичем Чаславским* (1834-1878) почвенных карт Европейской России. Обе эти карты имели определенную ценность в то время, но им недоставало общей руководящей идеи, которая помогла бы раскрыть основные закономерности распространения картируемых объектов.

Наиболее известным и ярким представителем агрономического почвоведения этого периода был профессор Лесного института *Павел Андреевич Костычев* (1845-1895) – автор первого учебника «Почвоведение», изданного в 1886 г. Он связывал свойства почв, прежде всего, с жизнедеятельностью растений и микроорганизмов. В центре его внимания находились плодородие почв, способы его сохранения и повышения, а особое внимание уделялось черноземам. В работе «Почвы черноземной области России» им рассмотрены факторы и процессы образования гумуса, хорошей водопрочной структуры черноземов и изложена система мероприятий по сохранению и увеличению плодородия этих почв.

Несмотря на внимание к черноземам со стороны агрономов и ряда крупных естествоиспытателей, свойства, распространение, истинное происхождение и ухудшение их свойств, при длительной распашке и бессменной культуре оставались почти неизвестными. В связи с эти была организована в 1876 г. специальная Черноземная комиссия, в состав которой был приглашен молодой геолог, работавший на кафедре геологии и минералогии Петербургского университета, В. В. Докучаев.

В 1881 г. В. В. Докучаев завершил исследование черноземов, а в 1883 г. была опубликована его монография «Русский

чернозем». В результате проведенных исследований он не только выяснил происхождение черноземов, их свойства, изменчивость в пространстве и пределы распространения, но и пришел к новым представлениям о почвах, вообще заложил основы особого, сравнительного почвенно-географического метода исследований.

Разработанный В. В. Докучаевым комплексный сравнительно-географический метод исследования почв и поныне является руководящим при изучении генезиса и географии почв и составлении почвенных карт. За четверть века научной деятельности в области почвоведения В. В. Докучаевым была создана новая наука о почвах с развитой фундаментальной теорией, со своими методами исследований, нашедшая уже в те времена огромное практическое применение. Из поколения докучаевцев вышел ряд крупных российских ученых с мировым именем не только в почвоведении, но и в ряде смежных областей естествознания.

Николай Михайлович Сибирцев (1860-1900) – русский ученый, научные исследования которого касаются вопросов геологии, географии, почвоведения и агрономии. Фундаментальным трудом Н. М. Сибирцева стал курс «Почвоведение», вышедший в 1899 г. В нем впервые систематически были изложены основы докучаевского почвоведения для учебных целей.

Гавриил Иванович Танфильев (1857-1928) – русский географ, автор ряда известных трудов в области физической географии, геоботаники и почвоведения. Его главными научными трудами являются: «Пределы лесов на юге России», «Болота и торфяники Полесья», «География России, Украины и прилегающих к ним с запада территорий» и др. В книге «Пределы лесов на юге России» на основании детального рассмотрения взглядов на причины безлесья степей, описания главных свойств почв и растительности черноземной степи и отношения леса к степи выдвигается новый и оригинальный для того времени взгляд, объясняющий безлесье степей засоленностью (карбонатностью) лессовых грунтов.

Георгий Николаевич Высоцкий (1865-1940) – русский ученый-лесовод, исследователь-географ, расширивший и углубивший сравнительно-географический метод В. В. Докучаева в области геоботаники, почвоведения и физической географии. Научные труды Г. Н. Высоцкого о значении водного режима в образовании различных почв, типах водно-солевого профиля степных и лесных почв, роли рельефа в развитии почвенного покрова.

Константин Дмитриевич Глинка (1867-1927) – русский ученый-почвовед, географ, развивший петрографическое и географическое направления в почвоведении. Автор фундаментального учебного руководства по почвоведению. Широко известны его работы по выветриванию, генезису и классификации почв.

Владимир Иванович Вернадский (1863-1945) – академик, русский ученый-естествоиспытатель и мыслитель. Он является основателем современной геохимии – учения о биосфере – крупнейшего обобщения в области современного естествознания. Главные научные труды В. И. Вернадского – «История минералов земной коры», «Биосфера», «Размышления натуралиста», «Научная мысль как планетарное явление», «Проблемы биогеохимии».

Константин Каэтанович Гедройц (1872-1932) – ученый-почвовед и физико-химик. Основной его заслугой является введение в почвоведение точных химических и физико-химических методов исследования свойств почв. Его научные труды – «Учение о поглощающей способности почвы», «Почвенный поглощающий комплекс и почвенные поглощенные катионы как основа генетической почвенной классификации» открыли новый этап в развитии докучаевского почвоведения, а их результаты легли в основу современных взглядов на физико-химическую сущность процессов почвообразования и различных способов повышения продуктивности почв.

Сергей Семенович Неструев (1874-1928) – ученый-географ, почвовед и геолог. Его основные научные труды – «Почвы и циклы эрозии», «Элементы географии почв» содержат ценнейшие сведения и выводы географического характера. В своих работах он выдвигал и разрабатывал проблемы и вопросы из области почвоведения, геоморфологии, палеогеографии и физической географии.

Борис Борисович Полынов (1877-1952) – академик, русский ученый-почвовед, географ и геохимик. Разработал методологию и методику системного анализа взаимосвязи и взаимодействия в ландшафтах на основе изучения миграции и аккумуляции в их компонентах (породах, почвах, водах, растениях) химических элементов. Геохимическое изучение всех компонентов ландшафта как единой системы позволило ему развить новое направление в ландшафтоведении – геохимию ландшафта, что нашло отражение в его трудах «Кора выветривания», «Геохимические ландшафты» и др.

Леонид Иванович Праслов (1875-1954) – ученый-почвовед и географ, сыгравший важную роль в развитии географического почвоведения. Ему принадлежит ряд фундаментальных региональных-географических трудов – «Почвенные области европейской России», «О черноземе Приазовских степей», «Земельный фонд для растениеводства в СССР». Л. И. Праслов установил важные почвенно-генетические и почвенно-географические закономерности. В частности, он обосновал представления о почвенных провинциях и других единицах почвенно-географического районирования.

Иннокентий Петрович Герасимов (1905-1985) – академик, почвовед и географ, чья научная, научно-организационная и педагогическая деятельность имела большое значение для развития географии почв, физической географии, палеогеографии, четвертичной геологии и геоморфологии. В почвоведении он известен как один из главнейших создателей факторно-генетической классификации почв и инициатор совершенствования этой классификации путем введения в число критериев выделения таксономических единиц не только факторов, но и процессов почвообразования. Основные научные труды И. П. Герасимова – «Ледниковый период на территории СССР», «Новые пути в геоморфологии и палеогеографии», «Некоторые общие проблемы палеогеографии внеледниковых районов СССР».

Виктор Абрамович Ковда (1904-1982) – член-корреспондент, ученый-почвовед, организатор науки. Вся его научная деятельность была направлена на решение современных проблем рационального природопользования, охраны почв и почвенного покрова планеты. Одним из направлений научной деятельности была разработка теории соленакопления в аридных ландшафтах. Результаты этих исследований послужили основой для осуществления ряда крупных мелиоративных проектов и практических мероприятий по предотвращению вторичного засоления орошаемых почв. Основные научные труды В. А. Ковды – «Солонцы и солончаки», «Аридизация суши и борьба с засухой», «Основы учения о почвах», «Биосфера, почвы и их использование», «Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана», «Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты».

Взаимоотношению между почвой и лесом уделяли внимание А. Ф. Рудзкий, Г. Ф. Морозов, Г. Н. Высоцкий, В. Н. Сукачев

и другие исследователи.

Александр Фелицианович Рудзкий (1838-1901) предложил делить лесные насаждения на отделы, получившие в дальнейшем наименование типов леса, в зависимости от естественно-исторических условий (местоположение и почвы). Это предложение открыло путь к более детальному изучению лесных почв.

В 1892 г. по инициативе В. В. Докучаева была организована особая экспедиция Лесного департамента, в задачи которой входила разработка мероприятий по организации водного и лесного хозяйства на юге России. В связи с этим были созданы научные стационары. Стационар в Каменной степи возглавил известный в последствии лесовод Г. Ф. Морозов, а в Велико-Анадольском лесничестве – Г. Н. Высоцкий. С их именами связано становление лесного почвоведения России.

Георгий Федорович Морозов (1867-1920) писал – «учение В. В. Докучаева сыграло решающую роль и внесло в мою деятельность такую радость, такой свет и дало такое нравственное удовлетворение, что я не представляю себе жизнь без основ докучаевской школы в воззрениях ее на природу. Природа сомкнулась для меня в единое целое». На основании исследований связи леса и почвы им было создано учение о типах насаждений, под которыми он понимал «совокупность насаждений, объединенных в одну обширную группу общностью условий местопроизрастания или почвенно-грунтовых условий».

Владимир Николаевич Сукачев (1880-1967) – выдающийся ботаник, лесовод, географ и биогеоценолог. Он автор учения о типах леса и связях его с почвами, создатель биогеоценологии – учения о связях и взаимодействии всех природных компонентов. Под его руководством развивалось лесное почвоведение, особенно его агролесомелиоративное направление.

Контрольные вопросы

1. Что изучает наука почвоведение?
2. Дайте определение понятию «почва».
3. Перечислите и охарактеризуйте фазы, из которых состоит почва.
4. Какую роль играет почвенный покров в жизни Земли и человека?
5. Какие научные и практические задачи решает почвоведение?
6. Кто является основоположником научного почвоведения?
7. Назовите ученых, внесших значительный вклад в развитие науки почвоведение.

2. Образование почв

2.1. Факторы почвообразования

Современная природа поверхности Земли представляет собой сложную материальную систему, в которой все ее части взаимодействуют друг с другом, взаимообусловлены и существовать отдельно друг от друга не могут.

Для почвы характерен обмен материей и энергией как внутри компонентов почвы, самостоятельного природного образования, так и между почвой и внешней средой.

Учение о факторах почвообразования создал В. В. Докучаев, который показал, что почва формируется под влиянием следующих факторов: климат, растительный и животный мир (биологический фактор), почвообразующая порода, рельеф местности и возраст почв. При этом он считал факторы равнозначными и незаменимыми. В дальнейшем В. Р. Вильямс выделил еще один фактор почвообразования – производственную деятельность человека (антропогенный фактор).

2.1.1. Атмосфера и климатические условия как фактор почвообразования

В результате неравномерного поступления солнечной радиации от экватора в сторону южного и северного полюсов происходят закономерные, хотя и не вполне последовательные, изменения температуры и количества выпадающих осадков. Непоследовательность широтных изменений определяется различиями в геоморфологии континентов, удаленностью или близостью территории от океана, высотой местности над уровнем моря и другими факторами.

Климатические условия проявляются как поступление на поверхность Земли световой и тепловой энергии, а также воды, без которых немыслимы жизненные процессы и экзогенное преобразование поверхности континентов.

Климат связан с атмосферой Земли, которая, как и другие сферы, образующие нашу планету, функционирует по своим законам, в то же время во взаимосвязи с океаном, литосферой, корой выветривания, почвами, живым веществом биосферы.

Функционирование атмосферы отражается на всех оболочках Земли, в частности на почвах при их образовании и эволюции.

Климат является многоаспектным фактором, который, так или иначе, управляет практически всеми явлениями почвообразования. Климатические условия формирования почв выражаются в количестве солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, и в уровне увлажненности почвы, определяемом количеством атмосферных осадков. Кроме того, климатическим закономерностям подчиняется обмен газами и твердыми частицами между почвой и атмосферой (пылью и солями).

Солнечная радиация – это основной источник энергии для большинства процессов, происходящих в географической оболочке, в том числе в почвенном покрове. От величины лучистой энергии Солнца при достаточном увлажнении зависят интенсивность выветривания и синтеза почвенных минералов, темпы и направленность разложения органических остатков, состав и характер разложения внутрипочвенной биоты.

По годовой сумме среднесуточных температур выше 10°С сушу Земли разделяют на биоклиматические пояса (табл. 1).

Таблица 1

Биоклиматические пояса Земли

Биоклиматические пояса	Годовая сумма температур выше 10°С	Площадь, млн км^2	Биомасса суши, % от общей
Полярный (полярный и субполярный)	0,5-800	5,9	1
Бореальный (умеренный)	800-1800	15,7	18
Суббореальный (умеренно-теплый)	1800-4000	17,7	12
Субтропический	4000-6000	16,8	14
Тропический	6000-14000	50,9	56

Климатический фактор определяет поступление *атмосферных осадков* в почву. От их годовой суммы, распределения по сезонам и величины испаряемости зависят степень промачиваемости почвы, запасы в ней продуктивной (доступной растениям) влаги, а также влагообеспеченность микробиологической деятельности.

Количество выпадающих осадков не всегда свидетельствует об уровне увлажнения территорий, поэтому используют различные коэффициенты, учитывающие температурные условия. Наиболее распространенным является коэффициент увлажнения (КУ),

показывающий отношение количества выпадающих осадков к расходу влаги на испарение и транспирацию (табл. 2).

Таблица 2

Шкала классификации климата по условиям влагообеспеченности

Области по обеспеченности влагой	Почвенно-растительные зоны	КУ (Высоцкого-Иванова)
Избыточно влажные (экстрагумидные)	Тундра, тайга с глееподзолистыми почвами	> 1,33
Влажные (гумидные)	Таежные и лиственные леса с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами	1,33-1,0
Полувлажные (семигумидные)	Лесостепь с серыми лесными почвами и лесостепными черноземами	1,0-0,77
Полузасушливые и засушливые (субаридные)	Черноземы обыкновенные и южные степной зоны	0,77-0,44
Очень засушливые (субаридные)	Сухие степи с темно-каштановыми и каштановыми почвами	0,44-0,33
Полусухие и сухие (семиаридные)	Полупустыни со светло-каштановыми и бурыми пустынно-степными почвами	0,33-0,12
Очень сухие (аридные)	Пустыни с серо-бурыми почвами и такырами	< 0,12

Почвенный покров является приемником значительных масс вещества, вовлекаемого в региональный и глобальный атмосферные переносы. Так, с атмосферными осадками кроме воды в почву поступают растворенные в ней органические и минеральные соединения, аэрозоли, пыль.

Важным фактором почвообразования является также *газообмен* между почвой и атмосферой. Кислород атмосферного воздуха, проникая в почву, обеспечивает дыхание корней, течение процессов окисления и распада органических веществ. Из почвы в атмосферу выделяется воздух, насыщенный углекислым газом и другими газообразными продуктами жизнедеятельности почвенной биоты.

Интенсивность газообмена в системе атмосфера-почва зависит от давления атмосферного воздуха, силы ветра, температуры и влажности почвы. Избыток или недостаток того или иного компонента в почвенном воздухе (кислорода, углекислого газа) сказывается на направленности внутрипочвенных процессов, состоянии почвенной экосистемы.

2.1.2. Основные функции биологического фактора в почвообразовании

Деятельность растений, животных и микроорганизмов является неотъемлемой частью процесса формирования почв. Почвы не могут существовать вне биологического воздействия. В познание биологической сущности почвообразования особый вклад внесли В. Р. Вильямс и В. И. Вернадский. Многие живые организмы и продукты их функционирования непосредственно входят в состав почвы.

Высшие зеленые растения являются основными продуцентами и поставщиками органического вещества в почву. Образуясь у поверхности земли в процессе фотосинтеза, растительная масса после отмирания в виде наземных и корневых остатков поступает в почвенную толщу, где разлагается под воздействием различных агентов. Часть растительного опада превращается в простые соединения – углекислоту, воду, оксиды азота, и либо выносится из почвы, либо вовлекается в новые циклы жизнедеятельности биоты.

В процессе разложения освобождаются также элементы минерального питания растений (зольные элементы). Другая часть органических остатков трансформируется в соединения специфической природы – гумусовые вещества, которые накапливаются в почве, придавая ей определенные химические и физические свойства.

В почвенном гумусе аккумулируется энергия, ассимилированная в растениях при фотосинтезе. Гумусовые кислоты, воздействуя на первичные и вторичные минералы почв, вызывают их распад и способствуют образованию органо-минеральных веществ. Благодаря гумусовым соединениям отдельные частицы почвы склеиваются в структурные агрегаты.

Количество и характер наземных и корневых остатков, направленность гумусообразования и свойства гумусовых веществ в значительной мере зависят от типа растительности и гидротермических условий ее произрастания. Различные характеристики биологической продуктивности основных типов растительности приведены в таблице 3.

Между различными типами растительности отчетливо отмечается разница в структуре биологической продуктивности. Наибольшая биомасса характерна для лесной растительности

(до 4000-5000 ц/га), минимальная общая биомасса отмечается в полярных и тропических пустынях (43-60 ц/га).

Таблица 3

Биологическая продуктивность основных типов растительности (по Л. Е. Родину и Н. И. Базилевич)

Типы растительности	Биомасса, ц/га				Годовой прирост, ц/га	Истинный годовой прирост, ц/га	Лесная подстилка или степной войлок, ц/га
	общая	зеленая часть	многолетняя надземная	корни			
Арктические тундры	60	15	10	35	10	0,5	35
Кустарниковая тундра	280	32	17	231	25	1	835
Сосняки северной тундры	807	62	567	178	33	-	462
Сосняки южной тайги	2800	140	2024	635	61	14	448
Ельники северной тайги	1000	80	700	220	45	10	300
Ельники южной тайги	3300	165	2400	735	85	30	350
Дубравы	4000	40	3000	960	90	25	150
Степи луговые	250	80	0	205	137	-	120
Степи умеренно засушливые	250	45	0	205	112	-	62
Степи сухие	100	15	0	85	42	-	15
Пустыни полукустарниковые	43	1	4	38	12,2	0,2	-
Пустыни эфемерово-полукустарниковые	125	18	3	104	95	1	-
Субтропические лиственные леса	4100	120	3160	820	245	35	100
Саванны сухие	268	29	126	113	73	5	13
Саванны	666	83	544	39	20	13	0,2
Влажные тропические леса	5000	400	3700	900	325	20	0,1

В лесной зоне велика доля наземной биомассы, значительная часть растительных остатков накапливается в подстилке на поверхности почвы. В степных, тундровых, пустынных фитоценозах основное количество биомассы приходится на корневые системы,

при их отмирании органическое вещество поступает непосредственно в толщу почвы.

Высшие зеленые растения воздействуют на почву не только посредством отмерших органических остатков. При жизни они выделяют разнообразные органические и минеральные компоненты, попадающие в почву. Корневые системы выделяют в окружающую среду органические кислоты, ионы OH^-, H^+, HCO_3^-, углекислый газ. Заметное количество химических элементов вымывается атмосферными осадками из живых надземных частей растений (хвои, листьев). В основном это катионы кальция, магния, калия.

Прижизненные выделения веществ из растений в почву имеют обменную основу. Обогащая почвы теми или иными соединениями, растения через тончайшие корневые волоски поглощают из почвенных растворов эквивалентное количество элементов минерального питания – кальция, магния, калия, фосфора, серы и др. Корни могут получать необходимые компоненты и из твердой фазы почв, разрушая кристаллические решетки первичных и вторичных минералов. Поглощенные химические элементы поступают в живые растительные ткани и принимают участие в физиологических процессах. После того как растения целиком или отдельные его части отмирают, химические элементы вновь возвращаются в почвенную толщу.

Высшие растения влияют на передвижение влаги в почвах. При нагревании надземных частей растений, главным образом листьев, с их поверхности испаряется влага (процесс транспирации). Внутри растений создается всасывающее давление, в результате чего корни поглощают влагу из верхней части почв. Это в свою очередь приводит к тому, что в почвах благодаря появлению градиента сосущей силы возникают восходящие токи влаги – из нижних, более влажных, слоев к верхним, более сухим.

Растения оказывают и другие воздействия на почву. Они затеняют ее поверхность, участвуя в формировании микроклимата. Ослабляют силу ветра непосредственно у земли, препятствуя эрозии и дефляции почв. С корневыми системами растений связано формирование структуры почв, возникновение в ней пористости.

Весьма многообразны функции *микроорганизмов*, плотность населения которых в почвах весьма велика. Они рассеяны по всей толще почвы, но основная их масса сосредоточена в верхнем

корнеобитаемом, богатом отмершими растительными остатками слое. Так, в приповерхностном слое почвы (20-25 см) общая масса микроорганизмов может достигать 10 т/га и более.

Самая обильная и разнообразная группа почвенных микроорганизмов – бактерии. В 1 г почвы содержится несколько сотен миллионов особей бактерий. Содержание других групп микроорганизмов (актиномицетов, грибов, водорослей) достигает десятков и сотен тысяч на 1 г почвы.

Численность и активность микроорганизмов в почвах изменяется в значительных пределах в зависимости от климатических условий, характера почвообразующей породы и типа растительности (табл. 4).

Таблица 4

Количество микроорганизмов в почвах
(по данным прямого подсчета под микроскопом)

Ландшафтная зона, почвы	Общее количество, млн/г почвы (по Е. Н. Мишустину)	Водоросли, тыс./г почвы (по Э. А. Штина)
Средняя тайга, подзолы	300-600	5-30
Смешанные леса, дерново-подзолистые почвы	600-1000	12-220
Умеренно засушливые степи, черноземы	2000-2500	5-120
Полупустыни, сероземы, бурые пустынно-степные почвы	1200-1600	95

Одна из главнейших функций микроорганизмов в почвах – разложение растительных и животных остатков. В процессе своей жизнедеятельности микроорганизмы выделяют различные ферменты-катализаторы, которые ускоряют превращение отмершего органического вещества в гумусовые кислоты и простые соединения типа H_2O, H_2S, CO_2 и др. При участии микроорганизмов в почвах происходит окисление и восстановление соединений железа и марганца, процессы нитрификации и денитрификации, сульфуризации и десульфуризации. Гидролиз и полный распад минералов в почвах идут также под непременным воздействием микроорганизмов, которые выделяют в окружающую среду различные агрессивные органические вещества кислотной и щелочной природы, комплексообразователи и реагенты, обладающие сильными окислительными или восстановительными свойствами.

Микроорганизмы также синтезируют разнообразные новые минеральные образования в почвах. Такой синтез осуществляется путем непосредственного захвата микроорганизмами минеральных веществ из среды обитания и построение из этих элементов скелетов, которые после отмирания и минерализации органического вещества остаются в почве в виде особых биогенных минералов – биолитов (например, кремниевых скелетов диатомовых водорослей). Ряд вторичных минералов (гидроксиды железа, марганца и др.) концентрируются в результате жизнедеятельности микроорганизмов в микробных колониях. Это наблюдается у железобактерий и некоторых других специализированных почвенных микроорганизмов.

Важной функцией микроорганизмов в почвах является фиксация атмосферного азота. Микроорганизмы азотфиксаторы (особенно специализированные бактерии, а также некоторые грибы и сине-зеленые водоросли) способствуют накоплению в почвах одного из главных элементов питания растений – азота.

Животные, населяющие почву, оказывают влияние на разложение органических остатков, перемешивают и разрыхляют почву, участвуют в образовании структуры.

В почве обитают многие тысячи видов животных, значительно различающиеся по размерам, формам жизнедеятельности и воздействию, оказываемому на почву.

Они представлены:

- нанофауной – простейшими организмами, живущими во влажной среде;
- микрофауной – ногохвостки, клещи, нематоды, тихоходки, коловратки;
- мезофауной – мокрицы, пауки, многоножки, мелкие моллюски;
- макрофауной – дождевые черви, змеи, грызуны и др.

В цепи внутрипочвенных превращений органических остатков фауна выполняет важную функцию разрушения и измельчения растительной массы и остатков животного вещества. При прохождении через кишечный тракт животных почвенная масса подвергается обработке ферментами, ускоряющими гидролиз и окисление, в ней интенсифицируются органо-минеральные взаимодействия, она обогащается продуктами животного метаболизма и приобретает структурность.

По типу пищевого потребления почвенная фауна делится:

- на фитофагов, которые используют в пищу ткани живых растений (нематоды, грызуны);
- сапрофагов – питаются тканями мертвых растений (черви, муравьи многоножки);
- некрофагов – поедают трупы животных (жуки, личинки мух);
- хищников – питаются живыми особями (клещи, скорпионы, простейшие);
- копрофагов – специализируются на выбросах других животных (микроартроподы, мухи, некоторые жуки).

Значительны масштабы механической работы почвенных животных. Вследствие изменения термических условий и условий увлажнения, в поисках пищи и для закладки нор многочисленные представители фауны мигрируют в почве, перемешивая ее массу, создавая в ней пустоты различных размеров, участвуя в агрегации органического и минерального материалов. Объем почвенной массы вертикально перемещаемой, например, грызунами, – сотни кубических метров на 1 га/год.

Многие свойства почвы, отличающие ее от исходной породы, возникают в значительной степени благодаря роющей деятельности почвенной фауны. Так в почвах значительно ослабляется литогенная слоистость, изменяется характер распределения каменистых компонентов, улучшается аэрация и водопроницаемость толщи.

2.1.3. Горные породы и их влияние на почвообразование

Почва образуется при взаимодействии биологических и климатических агентов почвообразования на горные породы. Горные породы, которые выходят на земную поверхность и в толще которых развивается почва, называют *почвообразующими,* или *материнскими, породами.*

Верхние горизонты горных пород, в которых протекают процессы физического, химического и биологического выветривания, называются *корой выветривания*. Почвообразование приурочено к верхней части коры выветривания.

Роль почвообразующей породы, как фактора почвообразования, заключается в том, что она служит субстратом, на котором впоследствии формируется почва.

Почвообразующие породы обуславливают минералогический и химический составы почвы. Плотность и рыхлость пород определяют характер сложения почв. С породами связана мощность почвы, особенности ее строения, тепловые и водно-физические свойства почвы. Эти свойства непосредственно влияют на характер почвообразовательного процесса, минерализацию и гумификацию растительных остатков, скорость передвижения веществ в почвенной толще.

Исходные характеристики материнской породы в разной степени преобразуются в процессе почвообразования, одни из них практически без изменений наследуются почвой (наиболее устойчивые минералы, каменистые компоненты, гранулометрический состав), другие трансформируются значительно, в результате чего почва приобретает своеобразные свойства. Почвы молодого возраста близки по составу и строению к материнским породам. Чем старше почвы, тем дольше в них идут процессы почвообразования и выветривания, тем больше возникает различий между почвами и исходными почвообразующими породами.

Различный состав горных пород является одной из причин разнообразия почв в природе. В одних и тех же биоклиматических и геоморфологических условиях почвы могут быть разными, если они приурочены к неодинаковым породам. Это объясняется тем, что на породах с различными свойствами воздействие однотипных климатических и биологических агентов выражается в разных явлениях почвообразования. Свойства исходных горных пород определяют условия произрастания растений.

По происхождению почвообразующие породы подразделяются на две группы: *четвертичные* – молодые осадочные породы и *дочетвертичные*, или *коренные*, – древние массивно-кристаллические, магматические, метаморфические и осадочные породы, образовавшиеся до четвертичного периода.

Магматические горные породы образовались при застывании магмы в недрах (интрузивные, глубинные) или на поверхности Земли (из лавы – эффузивные). Магматические горные породы называются первичными.

В зависимости от процентного содержания в исходном магматическом расплаве SiO_2 магматические горные породы подразделяются на пять групп:

- ультракислые (> 75%),
- (кислые (65-75%),
- средние (52-65%),
- основные (45-52%),
- ультраосновные (< 45%).

Основные представители интрузивных магматических горных пород – габбро, дунит, гранит, диорит, сиенит. Основные представители эффузивных магматических горных пород – липарит, трахит, базальт, кимберлит, пемза, обсидиан.

Метаморфические горные породы образовались в процессе метаморфизма (преобразования, превращения под действием высокой температуры и давления) из осадочных или магматических горных пород. Основными представителями метаморфических горных пород являются гнейсы, сланцы, кварцит, мрамор.

Осадочные горные породы образуются в условиях поверхностных температур и давления из продуктов выветривания и разрушения горных пород любого состава, образовавшихся на поверхности или в недрах Земли, или на дне океанов и морей. Осадочные горные породы подразделяются на три типа: обломочные, хемогенные, органогенные.

Обломочные горные породы представляют собой обломки различной величины (глыбы, валуны, галечник, пески, лессы и др.).

Хемогенные горные породы представлены химическими осадками, образовавшимися на дне морей и океанов или в прибрежной зоне – на мелководье (каменная соль, сильвинит, карналлит, известняк, гипс и др.).

Органогенные осадочные горные породы образовались из растительных и животных организмов (известняк-ракушечник, каменный уголь, торф и др.).

Все осадочные горные породы относятся к вторичным образованиям. Большая группа осадочных горных пород, представленная землистыми массами, образовалась в результате неоднократного физического выветривания плотных магматических и метаморфических горных пород.

Горные породы состоят из характерных для них минералов. Минералы представляют собой природные тела с определенным химическим составом, образующиеся в результате природных физико-химических процессов и обладающие определенными физическими, химическими и механическими свойствами.

Современное почвообразование происходит, преимущественно, в рыхлых четвертичных отложениях – продуктах разрушения горных пород, образовавшихся в результате экзогенных процессов.

Четвертичные отложения представлены различными генетическими типами: элювием, делювием, пролювием, аллювием, моренами, флювиогляциальными отложениями, лессами и лессовидными породами, торфом и сапропелью, вулканогенными, хемогенными, органогенными породами, антропогенными и техногенными отложениями.

Элювий – продукты выветривания горных пород, накапливающиеся на месте их образования. Характерные признаки элювия: залегание на месте образования, смесь механических угловатых частиц мелкозема и обломков породы, обломки неокатанные и имеют сходство с коренной породой.

Делювий – наносы, образующиеся на нижних частях пологих склонов в результате смыва продуктов выветривания атмосферными осадками и талыми водами с верхних частей склонов. Делювиальные отложения не однородны: в вершинной части шлейфа наблюдается более грубый материал (песчаный, мелко щебнистый), в нижних частях преобладает супесчаный, суглинистый и глинистый материал.

Пролювий – отложения, образованные в результате деятельности временных водных потоков в горной местности. Пролювиальные отложения имеют форму конусов выноса обломочного материала из горных ущелий. В вершине конуса накапливается грубообломочный материал (слабо окатанная галька, гравий, щебень), по мере удаления от вершины конуса выноса появляется более мелкий обломочный материал (пески, супеси, суглинки, глинистые частицы), а в периферической части конуса – лессы.

Аллювий – осадочные отложения, образовавшиеся в результате геологической деятельности постоянных водотоков – рек, ручьев. Спецификой почвообразования почв в поймах рек является постоянный рост почвенного профиля снизу вверх.

Аллювиальные отложения, как правило, обогащены элементами питания для растений, поэтому почвы на аллювиальных отложениях обладают повышенным плодородием.

Озерные отложения представляют собой донные отложения озер. Они сложены наиболее тонкими частицами мелкозема – глинами и илами с хорошо выраженной слоистостью (ленточные глины), отражающие сезонные и многолетние процессы их формирования. Илы с высоким содержанием органических веществ (15-20%) называются сапропелем.

Ледниковые отложения распространены в областях с холодным и умеренным климатом. Они представлены моренами, флювиогляциальными отложениями, озерно-ледниковыми отложениями.

Морена – обломочный материал, перенесенный ледником. Отложения представляют собой несортированный грубообломочный материал, состоящий из глины, суглинков, супесей, песков красно-бурого цвета с включением гальки, камней разного размера и валунов. Моренные отложения широко распространены в качестве почвообразующих в таежно-лесной зоне и на севере лесостепной в европейской части России.

Флювиогляциальные (водно-ледниковые) отложения образованы талыми ледниковыми водами. Они представлены рыхлыми галечно-песчаными, песчаными породами, супесями и суглинками. Флювиогляциальные отложения менее сортированы и окатаны по сравнению с аллювиальными отложениями, характеризуются слоистостью.

Озерно-ледниковые отложения накапливаются в приледниковых озерах и по своему составу чаще всего представлены тонкослоистыми (ленточными) отложениями с чередованием песчаных и глинистых слоев. Такое чередование связано с колебаниями климатических условий по сезонам.

Покровные суглинки относятся ко внеледниковым отложениям и рассматриваются как отложения мелководных приледниковых разливов талых вод. Они покрывают морену сверху слоем 3-5 м, откуда и получили название. Покровные суглинки имеют желтобурую окраску, хорошо отсортированы, не содержат камней и валунов. Почвы на покровных суглинках, особенно легко- и среднесуглинистые разновидности, обладают более высоким плодородием по сравнению с такими же почвами на моренных отложениях.

Лессы и лессовидные суглинки характеризуются окраской светло-желтого (палевого) цвета, неслоистые, пористые, содержат карбонаты кальция, гипс и водорастворимые соли. Они отличаются однородным гранулометрическим составом.

Эоловые отложения по своему происхождению являются продуктами перевевания ветром тонкозернистых и илистых отложений рек, морей, озер, элювиальных образований. Среди эоловых отложений выделяют: глинистые (лесовидные суглинки), пылеватые (лессы), песчаные. Эоловые пески тонкозернистые. Они отличаются хорошей сортированностью, окатанностью и полированностью зерен. Почвы, формирующиеся на песках, обладают слабой водоудерживающей способностью и низким плодородием.

Морские отложения формируются в результате перемещения береговой линии морей, явлений трансгрессии и регрессии, которые неоднократно наблюдались в четвертичный период. Морские отложения отличаются слоистостью, сортированностью и большой аккумуляцией солей. Выходя местами на поверхность, эти породы приводят к образованию засоленных почв.

На обширной таежно-лесной территории широко распространены: несортированные обломочные породы, представленные валунными суглинками и валунными супесями бескарбонатной морены, галечные наносы, покровные пылеватые суглинки и супеси, ленточные глины (ледниковых озер), флювиогляциальные озерно-ледниковые и древнеаллювиальные пески, современные аллювиальные наносы.

В лесостепной зоне распространенными почвообразующими породами являются: лессы и лессовидные суглинки, древнеаллювиальные песчаные отложения, современные аллювиальные наносы, аллювиально-озерные, часто лессовидные суглинистые наносы.

В пределах степной зоны почвообразующими породами являются: лессы и лессовидные суглинки, тяжелые лессовидные глины, элювиально-делювиальные суглинки, древние и современные аллювиальные отложения.

В зоне сухих степей широко развиты лессовидные суглинки и глинистые породы, песчаные древнеаллювиальные отложения с барханно-бугристыми и грядовыми песками. Общей характерной чертой почвообразующих пород этой зоны является их в той или

иной степени засоленность легкорастворимыми солями, гипсоносность, карбонатность.

Почвообразующими породами зоны пустынных степей и пустынь являются древние и современные аллювиальные отложения и пески пустыни древнеаллювиального происхождения, а также пылевато-суглинистые лессы и лессовидные суглинки пролювиально-делювиального происхождения.

2.1.4. Рельеф, как фактор почвообразования

Рельеф формируется в результате взаимодействия внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) геологических процессов. На крутых или равнинных участках, повышенных или пониженных элементах рельефа почвообразование протекает по-разному.

Благодаря наличию рельефа в значительной мере перераспределяется на земной поверхности радиационная энергия солнца. Определенную роль в местном увеличении или уменьшении солнечной радиации играет экспозиция склонов.

На склонах южной экспозиции вследствие большего притока тепла интенсивнее происходят: прогревание почвы, испарение влаги, дольше сохраняются биологически активные температуры.

На склонах северной экспозиции, напротив, почва может быть сильнее промерзшей, с более продолжительным снежным покровом она будет развиваться в условиях, в большей мере способствующих накоплению влаги.

От экспозиции склонов, влияющих на величину притока солнечной радиации, зависят густота и состав растительного покрова, длительность вегетационного периода, а также условия жизни почвенной фауны.

В различных природных зонах экспозиционные эффекты почвообразования обуславливаются конкретным соотношением поступающих в почвенную толщу тепла и влаги. Особенно велики экспозиционные эффекты в горной местности, где уклоны поверхности достигают наибольших значений. Перераспределение тепла – лишь одна из функций рельефа как фактора почвообразования. Не менее важную роль в формировании почвенного покрова играет рельеф как перераспределитель воды и растворенных веществ. Если поверхность имеет тот или иной наклон, создаются условия для стока части атмосферных осадков вниз по склону.

Это явление приводит к тому, что в одной и той же климатической обстановке почвы склонов, а также локальных повышенных элементов рельефа, как правило, получают меньше атмосферных осадков, чем почвы равнинных и особенно пониженных элементов рельефа.

Результатом такой дифференциации оказывается различный водный режим почв склонов, плоских повышений и понижений. На наклонных поверхностях особенно большой крутизны дефицит влаги может приводить к иссушению почв либо к неглубокой промачиваемости, что, безусловно, будет отражаться на состоянии биоты, химических и других процессах, протекающих в почвах.

Процессы перераспределения вещества между почвами различных элементов рельефа при определенных условиях приобретают форму значительных денудационно-аккумулятивных явлений. С поверхности одних почв под воздействием воды и ветра массы вещества сносятся, а на поверхность других почв откладываются.

Масштабы денудации (водной и ветровой) зависят от ряда факторов (климатических условий, характера пород и др.). Наиболее выраженная эрозия почв (смыв и размыв их) имеет место в местностях с сильно расчлененным рельефом, где земная поверхность образована склонами большой крутизны и обособленными локальными повышениями.

Вызванная особенностями строения рельефа денудация может достигать таких размеров, что верхняя часть почвы будет постоянно размываться (или развеваться), а почвообразование охватывать все новые и новые слои материнской породы.

С точки зрения плодородия почв этот процесс имеет резко негативное значение, поскольку при сильной эрозии почва лишается наиболее важных для произрастания растений компонентов и гумуса, обычно сосредотачивающихся в верхней части почвенной толщи.

2.1.5. Время почвообразования и возраст почв

Эволюция почв связана с соотношением процессов выветривания и разрушения пород и почв (физической дезагрегацией, химическим выветриванием горных пород и минералов,

разложением органического вещества, его минерализацией), выноса продуктов разрушения и процессов аккумуляции.

Возраст почв занимал внимание ученых на всех этапах развития почвоведения. В. В. Докучаев рассматривал деятельность процессов, «возраст страны», как важное условие совместно взаимодействующих факторов почвообразования. В. Р. Вильямс предложил понятия относительного и абсолютного возраста почв.

Относительный возраст применялся для определения различных типов быстроты и энергии биологических процессов как конкретное выражение влияния среды на темпы почвообразования, как замедление или ускорение почвообразовательного процесса под воздействием разных материнских пород, неодинакового рельефного положения почв и т.д. Относительный возраст не мог быть выражен определенными временными датами.

Понятие абсолютного возраста почв представляет разные категории: возраст типов почвообразования на планете Земля; возраст почвообразования на конкретной территории от начальных примитивных почв на исходной породе через рад стадий до актуальный почвы; возраст современных почв на данной территории, исключая предшествующие почвенные стадии; возраст становления почвы или время ее превращения от горной породы в полноразвитую почву, вступившую в равновесие с окружающей средой.

Разнообразие природных систем, ландшафтов, типов почв, которое мы наблюдаем на нашей планете – это результат длительного исторического развития, усложнения и дифференциации отдельных компонентов земной поверхности.

Менялись условия почвообразования, сочетания факторов-почвообразователей, появлялись новые типы почв. Прогрессивное усложнение почвенного покрова – характерная черта развития типов почвообразования. И это развитие почвообразования тесно связано с эволюцией всей жизни на Земле.

Появление новых растительных сообществ, новых групп растений, новых сочетаний растительных формаций с другими природными факторами приводили к появлению новых типов почв и новых типов почвообразования.

С большой достоверностью можно указать абсолютное время существования того или иного типа почвообразования, абсолютный возраст ряда типов почв, не как реальных почвенных тел,

масс, а как время, начиная с которого могли появиться почвы на нашей планете.

В конце силурийского периода с появлением растений псилофитов возникли болотные почвы. В конце девонского периода псилофиты исчезают, повсюду распространяются папоротники и хвощи, под лесами с этой растительностью формировались почвы, похожие на красные и желтые ферралитные влажных тропических и субтропических лесов.

Однако настоящие красные и желтые ферралитные почвы возникли вместе с появлением современных гелей уже в третичном периоде. Остатки таких почв на Земле редки. Они известны как красноцветные коры выветривания.

Голосеменные хвойные растения появляются в юрском периоде, вместе с хвойными лесами начинают формироваться подзолистые почвы. Дубравы и близкие к ним широколиственные леса типичны для третичного периода, вместе с ними распространились буролесной и серолесной типы почвообразования.

В конце третичного периода оформились как самостоятельные природно-географические сообщества луговые степи, разнотравно-злаковые сухие степи и вместе с ними черноземные и каштановые почвы, а также почвы болотные торфяные верховые со сфагновыми мхами.

Таким образом, от группы иловато-болотных почв началось развитие почвенного покрова суши, который насчитывает сейчас около двухсот типов.

Современные почвы имеют различный возраст возможного начала почвообразования и возникли в разные геологические эпохи. Они появлялись и исчезали на Земле, суша занималась морями, морское дно становилось сушей, пустыни замещались лесами, ледники выпахивали громадные площади. Однако почвообразовательные процессы следовали за растительными формациями, исчезая и возникая вновь, сменяя друг друга вместе с изменением всей географической среды.

Абсолютный возраст почвообразования на конкретной территории предполагает период от начала почвообразовательного процесса до сегодняшних дней.

На значительной территории почвенный покров Земли отличается сравнительной геологической молодостью, которая проявляется в наличии в почвах обломков пород и маловыветренных

минералов, в литологической слоистости почв и материнских пород и в небольшой мощности почвенного покрова в ряде районов суши. Наиболее молодые почвы характерны для горных территорий. В результате смыва и переотложения идет постоянное омолаживание почв. Очень молодые почвы на аллювиальных и приморских равнинах.

Абсолютный возраст почв для территорий оледенения 5-12 тыс. лет, для других участков суши – 10-30 тыс. лет. Возраст современного почвообразования на Русской равнине на покровных отложениях 8-10 тыс. лет.

Таким образом, на поверхности суши абсолютный возраст почвообразования в современных почвах исчисляется в очень широких пределах от менее 100 лет и до более миллиона лет. Однако преобладают на Земле относительно молодые почвы с абсолютным возрастом менее 10-30 тыс. лет.

Процесс превращения горной породы в почву совершается довольно быстро в масштабах геологического времени. На обнаженных горных породах почвы в довольно короткий исторический срок (500-1500 лет) приобретают уровень полной генетической зрелости профиля.

Почвообразование предполагает развитие почв через ряд стадий. Современные почвы в прошлом были иными, так как неизбежно меняются биоклиматические и геоморфологические условия. При изменении факторов почвообразования некоторые признаки почв становятся несоответствующими этим факторам и приобретают свойства реликтовости, т.е. сохраняют информацию о былых состояниях факторов почвообразования.

2.1.6. Локальные и антропогенные факторы почвообразования

К локально действующим факторам, оказывающим влияние на формирование почв, относят почвенно-грунтовые и грунтовые воды, режим и химический состав которых часто оказывает влияние на почвенные процессы.

К самостоятельным локальным факторам почвообразования относятся в ряде случаев поверхностные воды половодий и паводков, периодически затопляющие поймы речных долин и дельты рек. В дельтах рек, впадающих в моря и океаны, и на низменных

морских побережьях в качестве местного фактора развития почв выступают и морские воды.

В областях действующих вулканов, периодические извержения которых сопровождаются выбросами в атмосферу вулканических пеплов с последующим их осаждением на поверхность почв, в качестве локального фактора почвообразования рассматривается вулканический фактор.

Все перечисленные локальные факторы оказывают влияние на развитие почв. В пределах ограниченных территорий они могут решающим образом определять направленность почвообразования.

Еще В. В. Докучаев упоминал об особой роли в почвообразовании антропогенного воздействия. В условиях современности хозяйственная деятельность человека превращается в мощный глобальный фактор почвообразования. Это связано с химизацией сельского и лесного хозяйства, осуществлением проектов орошения и осушения территорий, развитием промышленности, транспорта. Даже районы, удаленные от центров хозяйственной деятельности, в том числе, заповедные земли, не могут быть изолированными от атмосферного поступления техногенных химических веществ, вовлеченных в глобальный и региональный переносы воздушных масс.

Антропогенный фактор может реализовываться путем видоизменения форм рельефа (образование терриконов, карьеров, насыпей), характера почвообразующих субстратов (отвалы горных выработок, рекультивационные наносы), особенностей гидротермических условий (глобальный парниковый эффект, изменение микроклимата почв, связанное с орошением), типа биоты (лесопосадки, посевы культурных растений).

2.2. Процессы почвообразования

Почвообразование совершается под вилянием солнечной энергии при взаимодействии живых организмов и продуктов их распада с корой выветривания, содержащей воду и воздух.

Почвообразовательный процесс начинается с того момента, когда на рухляке горной породы поселяются живые организмы и происходит накопление органического вещества.

2.2.1. Почвообразование как природный процесс

Почвообразовательный процесс, или *почвообразование* – это сложный природный процесс образования почв из слагающих земную поверхность горных пород, их развития, функционирования и эволюции под воздействием комплекса факторов почвообразования в природных или антропогенных экосистемах Земли.

В основе почвообразовательного процесса лежит совокупность процессов взаимодействия почвенных фаз (твердой, жидкой, газовой и живой), а также обмен веществами и энергией между почвой, с одной стороны, и другими природными телами (растительность, атмосфера, грунтовые воды, почвообразующие породы) – с другой.

Специфичность почвообразования определяется набором особых почвенных горизонтов. Почва представляет собой систему генетических горизонтов. В процессе почвообразования материнская порода дифференцируется на ряд взаимосвязанных горизонтальных слоев.

Для почвы специфическим является то, что в системе почвенных горизонтов верхним является органогенный горизонт. Необходимой составной частью почвообразования является накопление специфического органического вещества, почвенного гумуса. Никакой другой процесс, кроме почвообразования, не может обеспечить такую систему специфических горизонтов.

Затем в процессе почвообразования почвенная масса приобретает особую организацию, формируется структура, которая по форме и размерам агрегатов также является специфическим почвенным признаком и не встречается в других природных образованиях.

В почве формируются специфические новообразования, которые характерны для почвенного тела, причем в такой форме и с такими размерами в других природных объектах они не встречаются. Следует отметить, что новообразования могут встречаться в породах и иметь геологическое происхождение, но они будут отличаться составом и свойствами.

Почвообразование начинает проявляться вслед за процессами выветривания или идет одновременно с ними. Процессы выветривания в той или иной степени подготавливают породу для почвообразования. Происходит ее дробление, разрыхление,

приобретаются черты сложения, появляется пористость, водоемкость и воздухоемкость, формируются вторичные минералы. Приобретение данных свойств способствует развитию специфических особенностей почвы в толще породы в результате почвообразования.

Когда выветриваемая почвообразующая порода охватывается процессами почвообразования, почвообразующий субстрат получает качественно новые свойства, главными из которых являются следующие:

- в почве накапливается специфическое органическое вещество (гумус);
- в почве накапливаются биофильные элементы, в том числе азот (в геологических отложениях азот не накапливается, а органического азота в породах вообще нет);
- появляется специфическая организация почвенной массы (горизонтальное строение, формируется почвенная структура).

Благодаря этому почва приобретает такие качества, как водоудерживающая способность, формируется анизотропность почвенной массы, т. е. различное изменение свойств по вертикали и горизонтали. Эти почвенные качества являются результатом специфического процесса почвообразования.

2.2.2. Стадии почвообразования

Сущность процесса почвообразования меняется во времени. Он по-разному проявляется на разных стадиях почвообразования. В почвообразовательном процессе выделяют ряд стадий:

1. Начальное почвообразование. Эта стадия протекает на самых ранних этапах, когда почвенный процесс только начинает затрагивать почвообразующую породу. Когда начальная стадия протекает на плотных породах, ее называют первичным почвообразованием.

На стадии начального почвообразования формируется примитивный почвенный профиль, в котором нет полного набора генетических горизонтов. Затем почвообразование развивается, охватывает все новые слои почвообразующей породы и переходит на новую стадию.

2. Стадия развития почвы. На этой стадии почвенный профиль увеличивает свою мощность, формируются новые

горизонты, соответствующие экологической обстановке в том или ином ландшафте.

Движущей силой почвообразования являются факторы почвообразования, внешние по отношению к почве, и почвообразование на этой стадии продолжается до тех пор, пока почва не придет в равновесие с внешними факторами. В результате наступает стадия равновесия.

3. Стадия равновесия. На этой стадии почва может находиться длительное время, пока сложившееся равновесие не будет нарушено воздействием каких-либо внешних факторов (биологических, климатических и др.). При этом почва переходит на другую стадию своего развития – стадию эволюции.

4. Стадия эволюции. Эволюция почв происходит в результате изменения факторов почвообразования (например, тектонические поднятия и понижения, изменение уровня грунтовых вод, или смена растительности в результате климатических или антропогенных изменений). В отдельных случаях эволюция почв может происходить и при стабильных факторах почвообразования, за счет собственных почвенных процессов, таких, например, как элювиально-гумусовый, Al-Fe-гумусовый и др.

2.2.3. Процессы, определяющие почвообразование

Сущность почвообразовательного процесса определяют два противоположных и взаимосвязанных комплекса биохимических, химических, физических, физико-химических процессов – поглощение живыми организмами минеральных веществ из окружающей среды и воздействие на окружающую среду живых организмов, продуктов их жизнедеятельности и распада.

В порядке усложнения и генетической результативности почвообразовательные процессы объединяются в следующие три группы: *микропроцессы*, *мезопроцессы*, или *элементарные почвенные процессы, макропроцессы*.

К *микропроцессам* относят процессы превращения и переноса вещества и энергии, составляющие в совокупности биогеохимические круговороты. Они протекают как в почвах, так и в различных наземных и водных экосистемах и живых организмах.

Согласно классификации А. А. Роде выделяют три группы микропроцессов.

Первая группа объединяет процессы обмена веществами и энергией между почвой и другими природными телами:

- газо-, водо-, теплообмен в системе атмосфера-почва-растение-порода;
- обмен биофильными элементами в системе почва-растение-порода;
- гидрогенная аккумуляция элементов в почве – геохимический вынос элементов из почвы;
- поступление в почву органического вещества, синтезированного высшими растениями.

Во вторую группу входят процессы превращения веществ и энергии, происходящие в почвенном профиле:

- разложение и синтез органических веществ, минералов, органо-минеральных производных;
- растворение-осаждение веществ;
- азотфиксация-нитрификация-денитрификация;
- окисление-восстановление элементов с переменной валентностью;
- пептизация-коагуляция коллоидов;
- набухание-усадка;
- увлажнение-иссушение;
- замерзание-оттаивание и др.

Третья группа включает процессы передвижения веществ и энергии в почвенном профиле:

- передвижение почвенного воздуха и водяного пара;
- передвижение растворов;
- передвижение тепла и др.

Многие из этих процессов имеют циклический характер. Выделяют суточные, сезонные, годовые, многолетние, вековые циклы почвообразования. Данные процессы являются общими почвообразовательными микропроцессами, поскольку они происходят во всех почвах, хотя в разном качественном и количественном проявлении, в разнообразных сочетаниях.

Микропроцессы сочетаются в определенных комбинациях, взаимодействуют между собой и образуют качественно новые более сложные мезопроцессы.

Мезопроцессы, или *элементарные почвенные процессы* определяют образование в профиле специфических почвенных горизонтов, их состав, строение и особенности почвенного профиля.

Они происходят в разных типах почв, при этом каждому генетическому типу присущ свой набор основных и дополнительных элементарных почвенных процессов (ЭПП), обуславливающих различие почв на уровне подтипов, родов и видов.

Б. Г. Розановым была предложена следующая классификация ЭПП. Все ЭПП сгруппированы по двум признакам: по балансу вещества и по качеству и составу тех соединений, которые накапливаются или выносятся из горизонта. Всего в системе выделяется девять групп элементарных почвенных процессов:

1. Биогенно-аккумулятивные ЭПП – процессы, протекающие в почве под влиянием организмов, в результате которых в профиле почв образуются биогенные органо-минеральные горизонты:

- *гумусообразование* – процесс образования гумусовых веществ в результате трансформации органических остатков – зависит от количества, качества и характера поступления в почву органического вещества и условий его преобразования;

- *гумусонакопление* – процесс аккумуляции гумуса в поверхностном горизонте почвы в результате разложения растительных остатков и гумусообразования при сочетании гумусообразования и некоторого его перемещения вниз с постепенным пропитыванием им почвенной массы;

- *подстилкообразование* – формирование на поверхности почвы органогенного слоя лесной подстилки или степного войлока;

- *торфообразование* – процесс накопления медленно гумифицирующихся и слабо минерализующихся растительных остатков, протекающих в анаэробной среде при избыточном увлажнении;

- *дерновый процесс* – это интенсивное гумусообразование и гумусонакопление под воздействием травянистой растительности, в составе которой существенную роль играют дерновинные злаки, сопровождающиеся образованием изогумусового профиля с поверхностным темным комковатым или зернистым гумусовым горизонтом;

- *биогенный синтез глинных минералов* – это процесс вторичного глинообразования в почвах, протекающий в результате взаимодействия освобождающихся при разложении растительных остатков простых соединений или ионов;

- *реградация (проградация)* – процесс вторичного обогащения гумусом и другими соединениями верхних горизонтов деградированных или оподзоленных почв.

2. Иллювиально-аккумулятивные ЭПП – процессы, сопутствующие элювиальным процессам и проявляющиеся в аккумуляции продуктов выноса в средней и нижней части почвенного профиля:

- *глинисто-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления вторичной глины, выносимой из элювиального горизонта в неразрушенном состоянии;
- *гумусово-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления гумуса, выносимого из элювиального горизонта;
- *железисто-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления оксидов железа, выносимого из элювиального горизонта в ионной, коллоидной или связанной с органическим веществом формах;
- *глиноземно-гумусово-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления аморфных оксидов алюминия вместе с гумусом, вынесенных сверху из элювиального горизонта;
- *железисто-гумусово-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления аморфных оксидов железа вместе с гумусом, вынесенных сверху из элювиального горизонта;
- *подзолисто-иллювиальный процесс* – это процесс иллювиального накопления глинистых частиц и аморфных полуторных оксидов в профиле подзолистых почв, вынесенных сверху из подзолистого горизонта;
- *карбонатно-иллювиальный процесс* – это процесс иллювиального накопления карбонатов кальция, вынесенных сверху, в средней или нижней части профиля;
- *солонцово-иллювиальный процесс* – это процесс иллювиального накопления глины, аморфных полуторных оксидов и гумуса в солонцовом горизонте солонцов или солонцеватых почв при существенном участии натрия в составе обменных катионов этого горизонта.

3. Гидрогенно-аккумулятивные ЭПП – группа процессов, проявляющихся в аккумуляции веществ в почвенном профиле под воздействием грунтовых вод:

- *засоление* – процесс накопления водорастворимых солей в почвенном профиле при выпотном или деструктивно-выпотном водном режиме в условиях минерализованных грунтовых вод;
- *загипсование* – процесс вторичной аккумуляции гипса в почвенной толще при отложении его из минерализованных

грунтовых вод, насыщенных сульфатом кальция;

- *окарбоначивание* – вторичная аккумуляция в почвенном профиле карбонатов кальция и магния в форме различных новообразований под влиянием грунтовых вод;

- *оруденение* – процесс гидрогенной аккумуляции в почвенном профиле оксидов железа и марганца разной степени гидратации из кислых грунтовых вод;

- *окремнение* – процесс гидрогенного накопления кремнезема и цементации им почвенных слоев, имеющий распространение в областях циркуляции щелочных растворов;

- *олуговение* – аккумулятивный процесс, связанный с воздействием грунтовых вод (или их капиллярной каймы) на нижнюю часть профиля при хорошем общем дренаже, что приводит к повышению общей увлажненности почвы без ее заболачивания;

- *тирсификация* – процесс, в результате которого почва чернеет вследствие образования черного гидроморфного гумуса с крупными молекулами, комплексирующими железо, с деградацией почвенной структуры;

- *латериация* – процесс как древнего, так и современного ожелезнения, обусловливающий вывод из круговорота значительных количеств алюминия и железа, приводимый к образованию ожелезненных внутрипочвенных прослоев конкреционного или панцирного строения различной структуры и с различным соотношением Si, Al и Fe путем аллохтонного накопления железа из грунтовых или почвенных вод при их боковом перемещении в аккумулятивных ландшафтах;

- *плинтификация (плинтиобразование)* – процесс образования ферралитизированного материала путем отложения из поднимающихся грунтовых вод оксидов железа на ферралитной основе;

- *отложение наилка* – это гидрогенный, подводный или делювиальный процесс аккумуляции минерального вещества на поверхности почвы при его осаждении из водного потока.

4. Элювиальные ЭПП – группа процессов образования элювиальных горизонтов, сущность которых заключается в разрушении или преобразовании почвенного материала и выносе из него продуктов разрушения или трансформации нисходящими или боковыми токами воды за пределы почвенного горизонта или профиля:

- *выщелачивание* – процесс обеднения горизонта основаниями в результате растворения и выноса за пределы элювиального

горизонта или почвенного профиля;

- *декарбонизация* – это частный случай процесса выщелачивания, относящийся к разрушению и выносу карбонатов кальция (или магния) из содержащих его почвообразующих пород;

- *кислотный гидролиз глинистых силикатов* – это процесс полного распада глинистых минералов в условиях влажного климата (умеренного) с накоплением в элювиальном горизонте аморфного кремнезема и выносом оксидов алюминия;

- *оподзоливание* – процесс разрушения минералов кислотами в условиях промывного водного режима и выноса продуктов разрушения в нижележащие горизонты или грунтовые воды;

- *псевдооподзоливание* – процесс образования осветленного горизонта в верхней части профиля почв в результате совместного действия лессивирования и поверхностного оглеения;

- *лессивирование (лессиваж, иллимеризация)* – процесс пептизирования, отмывки илистых частиц с поверхности зерен грубозернистого материала или из микроагрегатов и выноса их в неразрушенном состоянии из элювиального горизонта;

- *осолодение* – разрушение минеральной части почвы щелочными растворами с накоплением остаточного аморфного кремнезема;

- *псевдооглеение* – процесс внутрипочвенного, поверхностного и подповерхностного оглеения под воздействием периодического переувлажнения верховодкой;

- *сегрегация* – процесс образования внутрипочвенного осветленного горизонта путем стягивания соединений железа и марганца из общей почвенной массы в центры концентрации без существенного выноса за пределы горизонта;

- *ферролиз (элювиально-глеевый процесс)* – процесс разрушения глинистых силикатов при оглеении с последующим выносом или сегрегацией продуктов разрушения и остаточным накоплением кремнезема;

- *элювиально-гумусовый процесс* – это процесс образования и накопления гумуса, в составе которого существенную роль играют подвижные соединения, слабо закрепляемые катионами металлов;

- *Al-Fe гумусовый процесс* – это процесс мобилизации железа и алюминия минеральных пленок кислыми гумусовыми веществами и их последующего выноса с образованием элювиально-иллювиального профиля без глубокого разрушения минеральной

части в элювиальном горизонте в отличие от подзолообразования;

- *коркообразование* – процесс образования поверхностной сильнопористой, обогащенной кремнеземом обессоленной корочки в аридных и полуаридных почвах;

- *рассоление* – процесс выноса легкорастворимых солей из первоначально засоленных почв, противоположный процессу засоления;

- *деградация* – сложный процесс изменения поверхностного горизонта изогумусовых почв под влиянием залесения, увеличения увлажнения или других причин, приводящий к ухудшению их свойств и обеднению.

5. Метаморфические ЭПП – процессы трансформации породообразующих минералов без элювиально-иллювиального перераспределения в почвенном профиле (внутрипочвенное выветривание), преобразования первичных минералов во вторичные:

- *сиаллитизация* – процесс внутрипочвенного выветривания алюмосиликатов с образованием и аккумуляцией вторичной глины сиаллитного состава;

- *монтмориллонитизация* – процесс внутрипочвенного выветривания первичных алюмосиликатов с образованием и накоплением вторичной глины монтмориллонитного состава;

- *гумуссиаллитизация* – процесс преобразования минеральной массы под воздействием нейтральных и слабокислых гумусовых веществ, способствующих частичному выносу оснований (при хорошем дренаже) и формированию дернинно-гумусированного глинисто-щебнистого профиля почв; процесс проходит под горно-луговой и горно-лугово-степной растительностью;

- *ферралитизация* – процесс внутрипочвенного выветривания первичных алюмосиликатов с образованием и аккумуляцией вторичной глины фералитного состава;

- *феррсиаллитизация* – процесс накопления подвижных форм железа в виде $Fe(OH)_3$ и Fe_2O_3 на фоне оглинения, обусловленного декарбонизацией;

- *рубефикация (ферритизация, ожелезнение)* – процесс необратимой коагуляции и последующей кристаллизации оксидов железа в почвенном профиле в результате периодического подсыхания почвы в сухой и жаркий периоды года после привноса их и отложения в течение влажного периода;

- *оглеение* – процесс метаморфического преобразования

минеральной почвенной массы под воздействием восстановительных процессов при переувлажнении;

- *оливизация* – процесс, в результате которого почвенная масса приобретает оливковую или зеленоватую окраску, устойчивую в окислительной среде, что связано с образованием в условиях периодического чередования переувлажнения и просыхания глинистых минералов, содержащих трехвалентное железо;

- *слитизация* – процесс обратимой цементизации монтмориллонитово-глинистых горизонтов в условиях периодического чередования интенсивного увлажнения и просыхания;

- *оструктуривание* – процесс разделения почвенной массы на агрегаты разного размера и формы, последующего упрочнения их и формирования внутреннего строения структурных отдельностей;

- *отвердевание (панцреобразование, кирасообразование)* – процесс необратимого изменения ожелезненных или окремнелых поверхностных горизонтов в результате дегидрации и кристаллизации оксидов железа или кремнезема;

- *фраджипэнообразование* – процесс формирования внутрипочвенного горизонта, характеризующегося оглинением, сильным уплотнением и высокой твердостью, большой хрупкостью и малой пластичностью;

- мраморизация – процесс специфического преобразования морфологического облика почвенных горизонтов в результате действия различных почвенных процессов.

6. Криогенные ЭПП – группа процессов в почвах, связанная с воздействием длительного промораживания почвенной массы в условиях холодного полярного и высокогорного климата при наличии или отсутствии постоянного мерзлого слоя в почвенном профиле:

- *криогенное засоление* – процесс засоления почвы при отсутствии выноса освобождающихся в процессе выветривания солей за ее пределы вследствие отсутствия нисходящих и боковых водных потоков при господстве низких температур;

- *криогенное окарбоначивание* – процесс аккумуляции карбонатов в почве вследствие их образования, при освобождении оснований из выветривающейся породы в условиях отсутствия нисходящих и боковых водных потоков при господстве низких температур;

- *криогенное ожелезнение* – процесс аккумуляции и выделения в почве оксидов железа, освобождающихся при выветривании породы в условиях отсутствия их выноса за пределы почвы вследствие того, что нет нисходящих или боковых водных потоков при господстве низких температур;

- *Al-Fe-гумусово-криогенный процесс* – процесс мобилизации алюминия и железа, освобождающихся при выветривании первичных минералов подвижными гумусовыми кислотами, вследствие чего образуется надмерзлотный аккумулятивный горизонт, прокрашенный гумусом и железом;

- *ретинизация гумуса* – процесс аккумуляции коагулированного промораживанием гумуса в надмерзлотных слоях, в результате которого формируется специфический надмерзлотный гумусово-аккумулятивный горизонт бурого или буровато-красного цвета с невыраженной или творожистой структурой, со слабой цементацией минеральной массы.

7. Антропогенные ЭПП – включают процессы почвообразования, которые возникают и идут в разных почвах под влиянием человеческой деятельности и приводят к тем или иным изменениям как в общем направлении почвообразования, так и в морфологии почвенного профиля:

- *образование пахотного горизонта* – процесс обособления в верхней части почвенного профиля особого горизонта в результате периодической обработки почвы;

- *образование подплужного горизонта* – процесс пахотно-иллювиального накопления глины, гумуса и полуторных оксидов непосредственно под пахотным горизонтом длительно обрабатываемых на одну и ту же глубину почв, с последующим уплотнением;

- *кольматаж (заиливание)* – процесс отложения на поверхности почвы суспендированного в ирригационной воде материала и наращивание вверх почвенной толщи;

- *вторичное засоление* – процесс засоления почвы в результате подъема минерализованных грунтовых вод при орошении или накоплении солей из оросительных вод;

- *осолонцевание* – процесс появления свойств солонца или солонцеватости при длительном орошении почв слабоминерализованными водами, содержащими свободную соду;

- *деградационное оглеение* – специфический процесс,

развивающийся в поверхностном горизонте почв рисовых полей при культуре риса с затоплением, когда почва постоянно насыщена водой в вегетационный сезон и просыхает в межвегетационные периоды;

8. Педотурбационные ЭПП – группа процессов механического перемешивания почвенной массы под влиянием разнообразных факторов и сил:

- *самомульчирование* – процесс образования рыхлого мелкоглыбистого поверхностного горизонта при растрескивании в процессы обсыхания слитых горизонтов почв;

- *растрескивание* – процесс интенсивного сжатия почвенной массы на значительную глубину при ее обсыхании с образованием вертикальных и горизонтальных трещин;

- *криотурбация* – процесс морозного механического перемещения одних почвенных масс в отношении других в пределах какого-либо горизонта или всего профиля с образованием специфического криотурбационного строения;

- *вспучивание* – процесс образования крупноглыбистого поверхностного слоя солончаковых кор в пустынях при обсыхании сульфатных солончаков;

- *биотурбация* – процесс перемешивание почвенной массы роющей деятельностью почвенной фауны;

- *лесные валы* – процесс перемешивания почвенной массы различных горизонтов почв при ветровальных вывалах в лесах, особенно характерных для таежной зоны с избыточно увлажненными почвами;

- *обработка почвы* – процесс перемешивания почвы простыми или механическими сельскохозяйственными орудиями в практике земледелия.

9. Деструкционные (деструктивные) ЭПП – группа процессов поверхностного механического разрушения почв динамическими силами атмосферных агентов – воды и ветра:

- *эрозия* – процесс поверхностного смыва или размыва почвы под действием поверхностного стока атмосферных осадков;

- *дефляция* – процесс механического разрушения или перемещения почвы под действием ветра.

Приведенный перечень элементарных почвенных процессов не исчерпывает всего их разнообразия в почвенном покрове нашей планеты.

Макропроцессы, или *почвообразовательные процессы*, формируются при определенном сочетании ЭПП, протекающих в условиях специфического проявления биогеохимического круговорота веществ и обуславливают формирование типов почв (подзолистых, дерново-подзолистых, болотных и др.).

При этом типы почвообразовательных процессов могут включать довольно большое количество элементарных почвенных процессов. Например, подзолистый процесс включает подстилкообразование, оподзоливание, лессиваж.

Контрольные вопросы

1. Назовите факторы почвообразования.
2. Какое влияние оказывает каждый фактор почвообразования на почвенные процессы?
3. В чем заключается влияние антропогенного фактора на почвообразование?
4. Почему биологический фактор важен в почвообразовании?
5. Что называется почвообразовательным процессом?
6. Перечислите стадии почвообразования.
7. Какие изменения в горных породах произошли под влиянием первичного почвообразовательного процесса?
8. Что такое микро-, мезо- и макропроцессы почвообразования.
9. Перечислите группы элементарных почвенных процессов.

3. Состав и свойства твердой, жидкой, газовой и живой фаз почвы

3.1. Происхождение и состав минеральной части почв

Минеральная часть почв в подавляющем большинстве случаев составляет 55-60% ее объема и до 90-97% массы. Общее число минералов, находящихся в почвах и почвообразующих породах, исчисляется сотнями.

В минералогический состав почвообразующих пород и почв входят первичные и вторичные минералы. Всего известно более 3,5 тыс. минералов, а в породах и почвах наибольшее распространение получило около 50 минералов.

Минералогический состав почв определяется составом материнской породы и условиями, в которых формируются почвы. Первичные и вторичные минералы составляют главную массу почвообразующих пород и твердой фазы почвы, оказывают влияние на ее физико-химические свойства, в том числе и на плодородие.

Первичные минералы (кварц, полевые шпаты, слюды и др.) образовались в глубоких слоях земной коры при высоких температурах и давлении. Только из них состоят магматические породы.

Первичные минералы не устойчивы в условиях земной поверхности и подвергаются процессам выветривания. Они представлены частицами, размер которых больше 0,001 мм, в большинстве почв они преобладают над вторичными.

В почвах и почвообразующих породах наиболее распространены следующие группы первичных минералов.

Полевые шпаты – большая группа относительно устойчивых к выветриванию минералов. Они составляют около 60% массы земной коры, в почвах их содержится около 10-15%. К ним относятся: ортоклаз, альбит, анортит и плагиоклазы.

Силикаты в литосфере содержатся в количество около 20%, представлены оливином, авгитом, роговой обманкой и др.

Кварц – один из наиболее распространенных минералов многих магматических пород, осадочных отложений и почв. Это типичный остаточный минерал древних кор выветривания кварцсодержащих пород и элювиальных горизонтов почв. Преобладание

кварцевых минералов в почвах обуславливает их низкое плодородие.

Слюды занимают 3% от общего объема пород, являются важнейшими источниками питания растений калием, так как разрушаются сравнительно быстро. В числе слюд отмечаются мусковит и биотит.

Апатит – очень прочный минерал изверженных пород, в состав которого входят фосфор, кальций, фтор, хлор. Главнейший первоисточник фосфора в биосфере.

Первичные минералы влияют на физические свойства почв, являются источником зольных элементов, от них зависит направленность процессов почвообразования.

Вторичные минералы по происхождению делят на две группы: вторичные, связанные с постмагматическими и метаморфическими, преимущественно гидротермальными процессами; вторичные, связанные с гипергенными процессами. Они образовались из первичных и более устойчивы к процессам выветривания, так как образовались в термодинамических условиях земной поверхности.

Вторичные минералы (минералы простых солей, оксиды и гидрооксиды железа и алюминия, глинистые минералы и др.) представлены частицами менее 0,001 мм.

Минералы простых солей образуются при выветривании первичных минералов, а также в результате почвообразовательного процесса. К ним относятся кальцит, магнезит, доломит, гипс и др. Они способны накапливаться в почвах в больших количествах в условиях сухого климата. Качественный и количественный состав их определяет степень и характер засоления почв.

Оксиды и гидрооксиды железа и *алюминия* образуются в виде гидратированных высокомолекулярных гелей. Представлены бемитом, гидраргилитом, гематитом, гетитом и гидрогетитом.

Глинистые минералы составляют основную часть вторичных минералов. К наиболее распространенным относятся минералы группы монтмориллонита, каолинита, гидрослюд и др. Преимущественно определяют минералогический состав глин. Важнейшая роль глинистых минералов состоит в том, что в силу присущей им поглотительной способности они определяют емкость поглощения почв и наряду с гумусом являются основным источником поступления минеральных элементов в растения.

Вторичные минералы определяют поглотительную способность почв, являются источником основных элементов питания, играют важную роль в образовании водопрочной структуры.

Почва наследует минералогический состав почвообразующей породы, а процесс почвообразования не оказывает существенного влияния на минералогический состав, если не применяются такие приемы, как известкование, гипсование, пескование, глинование и др. Главным отличием почвообразующих пород от почв является отсутствие органических веществ, источником которых являются живые организмы.

3.2. Гранулометрический состав почв

Твердая фаза почвы состоит из механических элементов различного происхождения. *Механические элементы* – это разнообразные по величине обломки минералов и горных пород, органические вещества и органо-минеральные соединения.

Механические элементы в основном достаются почве в наследство от материнской породы, но они не остаются неизменными в процессе почвообразования. Так как в почве постоянно происходят разнообразные явления: дробление, растворение, гидролиз, осаждение, гумификация и др. Наблюдаются также процессы перемещения тонких механических элементов по профилю многих почв, обеднение ими верхних горизонтов и обогащение нижних.

Механические элементы неодинаковы по размеру. В России принята классификация, разработанная Н. А. Качинским (табл. 5)

Таблица 5

Классификация механических элементов

Название механических элементов	Диаметр элементов, мм
Скелет почвы	
камни	более 3
гравий	1-3
Мелкозем почвы	
песок	1-0,05
пыль	0,001-0,05
ил	менее 0,001
Песок физический	более 0,01
Глина физическая	менее 0,01

Почвы с содержанием скелетных механических элементов называются каменистыми. Они могут быть валунными, галечниковыми и щебнистыми. Классифицируются почвы по каменистости следующим образом (табл. 6).

Таблица 6

Классификация почв по каменистости

Степень каменистости	Содержание скелетных элементов, %
Не каменистые	менее 0,5
Слабокаменистые	0,5-5,0
Среднекаменистые	0,5-10,0
Сильнокаменистые	более 10,0

Гранулометрический состав – содержание в мелкоземе почвы механических элементов (фракций) различной крупности. Почвы классифицируются по гранулометрическому составу в зависимости от содержания физического песка (частицы крупнее 0,01 мм) или физической глины (частицы менее 0,01 мм) (табл. 7).

Таблица 7

Классификация почв по гранулометрическому составу

Название почвы по гранулометрическому составу	Содержание физической глины (частиц размером менее 0,01 мм), %		
	подзолистый тип почвообразования	степной тип почвообразования краснозем и желтозем	солонцы и солонцеватые почвы
Песок рыхлый	0-5	0-5	0-5
Песок связный	5-10	5-10	5-10
Супесь	10-20	10-20	10-15
Суглинок легкий	20-30	20-30	15-20
Суглинок средний	30-40	30-45	20-30
Суглинок тяжелый	40-50	45-60	30-40
Глина легкая	50-65	60-75	40-50
Глина средняя	65-80	75-85	50-65
Глина тяжелая	более 80	более 85	более 65

В основу разделения гранулометрических фракций положены различия главным образом в водно-физических свойствах. Так, каменистая часть почвы или почвенный скелет почти не обладают способностью удерживать влагу, просачивающуюся в почву, а также поднимать ее вверх, например, до уровня грунтовых вод по капиллярам. Песок характеризуется слабой водоудерживающей и водоподъемной способностью. Напротив, пыль очень хорошо

удерживает воду и обладает хорошей водоподъемной способностью. Ил имеет плохую водопроницаемость и меньшую, чем у пылеватых частиц, водоподъемную способность.

Чем больше физической глины в твердой фазе почвы, тем она тяжелее. К тяжелым почвам относятся глинистые и тяжелосуглинистые, почвы легко- и среднесуглинистые менее тяжелые по гранулометрическому составу, легкими называют супесчаные и песчаные почвы.

Скелетные (каменистые и щебнистые) почвы, как правило, свидетельствуют о молодости в развитии почвенного покрова территории, о сравнительно недавних процессах разрушения предшествующих почвенных масс в результате различных экзогенных процессов (эрозия, дефляция, оползни и т.д.), об отсутствии накопления мелкоземлистых осадков.

Поскольку соотношение механических элементов в «физическом песке» и «физической глине» в разных почвах варьирует, введено понятие преобладающих фракций: гравелистая (3-1 мм), песчаная (1,0-0,05 мм), крупнопылеватая (0,05-0,01 мм), пылеватая (0,01-0,001 мм), илистая (< 0,001 мм). Принято к основному названию почвы по гранулометрическому составу прибавлять название преобладающей фракции (ставится на последнее место).

Гранулометрический состав является фундаментальным свойством почвы, определяющим уровень ее плодородия, оказывает влияние на процессы почвообразования.

3.3. Химический состав почв

Минеральная часть литосферы в основном состоит из кислорода и кремния. В сумме эти два элемента дают почти 75% литосферы, далее в убывающем порядке идут алюминий и железо, кальций и калий, натрий и магний.

Доля этих восьми элементов составляет 99% минеральной части почвообразующих пород и около 97% минеральной части почв. Оставшаяся доля (около 1-3%) приходится на фосфор, титан, марганец, серу, хлор, водород и углерод, которые относятся к макроэлементам.

Очень незначительную часть почвообразующих пород занимают микроэлементы: медь, цинк, молибден, бор, кобальт, йод,

фтор и др. При этом в почвах их содержится в 2-12 раз меньше, чем в почвообразующих породах. Но, несмотря на низкое содержание в почвах, они играют важную физиологическую и биохимическую роль в жизни организмов. Их недостаток в почвах нарушает физиологическое состояние растений и приводит к снижению продуктивности растений.

Почвообразующие породы и почвы имеют близкий химический состав, а такие важные для питания растений элементы, как углерод, азот, частично водород, сера, фосфор, содержатся в основном в составе органических соединений. В почвах в 20 раз больше углерода и в 10 раз больше азота, что связано с их биологическим накоплением в составе органических веществ в результате жизнедеятельности микроорганизмов.

Почва состоит из минеральных, органических и органоминеральных веществ. В почвах содержатся практически все элементы периодической системы Д. И. Менделеева. Больше в почве содержится кислорода, водорода, кремния, меньше алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия, что является результатом выветривания и почвообразовательного процесса.

Химические элементы в почве находятся в форме различных соединений, отличающихся строением, составов, степенью устойчивости к выветриванию, растворимостью и др.

Кислород входит в состав первичных и вторичных минералов, является элементом органических веществ и воды.

Кремний входит в состав силикатов и алюмосиликатов как первичных, так и вторичных минералов.

Алюминий находится в почве в составе первичных и вторичных минералов в форме органо-минеральных комплексов и в поглощенном состоянии в кислых почвах.

Железо в почвах встречается в составе первичных и вторичных минералов-силикатов, в виде гидроокисей и окисей, простых солей, в поглощенном состоянии, а также в составе органоминеральных комплексов.

Основная масса *азота* почв сосредоточена в органическом веществе. Валовое количество азота (N) в почвах варьирует от 0,1 до 0,5%. В почвообразующих породах азота почти нет. Почвенный азот находится в основном в составе гумуса. Накопление азота в почве обусловлено биологической аккумуляцией его из

свободного азота атмосферы. Растениям доступен только минеральный и легкогидролизуемый органический азот.

Фосфор, поглощаясь в больших количествах растениями, аккумулируется в верхних горизонтах почвы. Фосфор в почве в органических и минеральных соединениях. Содержание валового фосфора (P_2O_5) в почвах составляет 0,05-0,25%. Основными источниками фосфора в почвах служат труднорастворимые минералы группы апатита. Основная часть как органических, так и минеральных соединений фосфора в почвах недоступна растениям. Растениям доступен только подвижный фосфор.

Калий входит в состав кристаллической решетки как первичных (полевые шпаты, слюды), так и вторичных минералов (вермикулит, глауконит) в труднодоступной для растений форме. Валового калия (K_2O) в почвах больше, чем азота и фосфора вместе взятых – 1,5-2,5%. Основным источником доступного для растений калия является обменный, который находится в составе почвенно-поглощающего комплекса. Обменный калий составляет 0,5-2,5% от валового содержания.

Натрий в почве присутствует в составе первичных минералов, преимущественно в натрийсодержащих полевых шпатах. В засоленных почвах в значительных количествах может присутствовать в виде хлоридов или входить в поглощающий комплекс.

Титан присутствует в почве в составе первичных устойчивых к выветриванию титансодержащих минералов (ильменита, рутила, сфена), в связи с чем при выветривании наблюдается его относительное накопление.

Сера присутствует в почве главным образом в составе различных органических соединений, как растительного, так и животного происхождения. В крупных фракциях почвы сера присутствует в составе сульфидов.

Кальций и *магний* находятся в кристаллической решетке минералов в обменно-поглощенном состоянии и в форме простых солей разной степени растворимости. Среди обменных катионов кальций в большинстве почв занимает первое место.

Наряду с перечисленными макроэлементами в почве присутствуют микроэлементы. Валовое содержание этих элементов в основном связано с содержанием в почве первичных минералов, отчасти глинистых минералов и органического вещества.

Основные микроэлементы почв: бор, марганец, медь, цинк, молибден, кобальт. Они выполняют важные биофизические и биохимические функции в процессах жизнедеятельности живых организмов. Валовое содержание микроэлементов в основном определяется составом почвообразующих пород, биологическим накоплением, типом водного режима, антропогенными и техногенными факторами. Источники микроэлементов почвы: почвообразующая порода; газы атмосферы; дымы вулканов; метеоритные осадки; пестициды.

В целом химический состав почвы наследуется от материнской горной породы, которая в процессе почвообразования преобразуется, обогащается химическими элементами органического вещества, а также минеральными элементами-биофилами. Поэтому особой спецификой химического состава отличаются верхние гумусоаккумулятивные горизонты.

Химический состав почв оказывает влияние на их плодородие, как непосредственно, так и определяя те или иные свойства почвы, имеющие решающее значение в жизни растений.

3.4. Органическое вещество почв

Органическое вещество почв представлено органическим остатками живых организмов, продуктами их метаболизма, а также специфическими органическими соединениями, носящими название почвенного гумуса.

По современным представлениям все органические вещества, находящиеся в почвенной массе генетических горизонтов, делятся на две группы:

- *неспецифические* – вещества не почвенного происхождения, а имеющие фито- и зоо-, микробиоценотическую природу и поступающие в процесс почвообразования как отмирающая биомасса (органические остатки) и как продукты жизнедеятельности живых организмов;

- *почвенный гумус* или *специфические органические вещества* почвенно-генетической природы, которые присущи только почвам.

Органическая часть почвы составляет лишь несколько процентов всей массы почвы, но она играет исключительно важную

роль в формировании стабильного плодородия, в питании растений, в создании благоприятных свойств почв.

Основным источником органического вещества являются отмершие части растений в виде корней и наземного опада. Меньшее значение имеют почвенные микроорганизмы и остатки почвенных животных (0,7-1,5 т/га).

Количество и химический состав органических веществ, поступающих в почву и на ее поверхность, определяются не только типом растительности, ее возрастом, но и условиями произрастания. Вместе с органическими остатками в почву поступают зольные элементы, а также микроэлементы.

Разложение поступивших растительных остатков происходит под воздействием воды и воздуха, животных и микроорганизмов, обитающих в почве, но основная роль в этом процессе принадлежит микроорганизмам. Поступающие в почву органические остатки под воздействием почвенных микроорганизмов, подвергаясь сложным и разносторонним процессам превращения, теряют свое анатомическое строение.

В результате биохимических процессов, под воздействием ферментов, выделяемых микроорганизмами, растительные остатки разлагаются на более простые, так называемые промежуточные продукты разложения.

В дальнейшем часть этих соединений подвергается минерализации – процессу разложения органического вещества до углекислоты, воды и простых солей.

В этом процессе участвует до 80-90% органических остатков, а продукты минерализации переходят в почвенные растворы и в значительной степени используются новыми поколениями зеленых растений как источник питания, так как вновь включаются в биологический круговорот.

Другая часть промежуточных продуктов разложения органических остатков используется гетеротрофными микроорганизмами для питания. В результате формируются вторичные белки, углеводы, жиры и т.п., образующие новые поколения микроорганизмов.

Третья часть промежуточных продуктов разложения подвергается *гумификации,* т. е. биохимическим и физико-химическим процессам, в результате которых органические вещества индивидуальной природы превращаются в специфические соединения – *гумус*.

В состав гумуса входят три группы соединений, различающихся между собой качественными и количественными показателями:

- вещества исходных органических остатков, к которым относятся белки, углеводы, лигнин, липиды, смолы и т. п. (не более 10-15% общей массы перегноя);

- промежуточные продукты разложения органических остатков включают аминокислоты, моносахара, органические кислоты, полифенолы, спирты и т. п. (их количество не превышает 5-10% массы перегноя);

- гумусовые вещества, являются важнейшей и специфической частью перегноя (составляют 80-90% его массы и определяют все основные свойства гумуса).

В состав гумусовых веществ входят гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумины.

Главные продукты гумификации, от которых непосредственно зависит формирование разных свойств почв и типов почвообразования, представлены гуминовыми и фульвокислотами. Элементарный состав гуминовых и фульвокислот приведен в таблице 8.

Таблица 8

Элементарный состав гумусовых веществ, % на сухую беззольную навеску

Кислоты	C	H	O	N
Гуминовые	52-62	3-5,5	30-33	3,5-5,0
Фульвокислоты	44-49	3,5-5,0	44-49	2,0-4,0

Гуминовые кислоты (ГК) – это темноокрашенные высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты. Они нерастворимы в минеральных и органических кислотах, но хорошо растворяются в растворах едкого натра, аммиака, соды с образованием коллоидных растворов темно-вишневой или коричнево-черной окраски. Из растворов гуминовые кислоты осаждаются солями алюминия, железа, кальция и магния в виде студнеобразного осадка. При взаимодействии с катионами щелочных и щелочноземельных металлов гуминовые кислоты образуют соли – гуматы.

ГК составляют наиболее ценную часть гумуса. Они увеличивают поглотительную способность почвы, способствуют накоплению элементов почвенного плодородия и образованию водопрочной структуры.

Фульвокислоты (ФК) – это желтоокрашенные высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты. В них, в отличие от гуминовых кислот, содержится меньше углерода, но больше кислорода и водорода. Все соли фульвокислот (фульваты калия, натрия, кальция и магния) растворимы в воде и слабо закрепляются в почвах. ФК обладают сильнокислой реакцией, энергично разрушают минеральную часть почвы, вызывая развитие подзолообразовательного процесса.

Гумин – инертная часть почвенного гумуса, находящаяся в прочных связях с минеральной частью почвы, особенно с глинистыми минералами. В состав гуминов входят углистые частицы в виде инертных включений, не участвующие в почвенных процессах. Количество и состав гумуса в почвах зависит от условий увлажнения, воздушного и теплового режимов, состава растительных остатков и жизнедеятельности микроорганизмов.

Гумус почвы – динамическая система, постоянно обновляющаяся за счет поступления и гумификации новых органических остатков и минерализации ранее образовавшегося гумуса.

Закреплению гумуса в почвах способствует определенный состав минеральной части почв. В почвах, содержащих повышенное количество кальция и магния, особенно в форме карбонатов, гумусовые кислоты нейтрализуются, насыщаются щелочноземельными катионами и закрепляются в почвах в малоподвижных формах гуматов кальция и магния. В почвах, богатых железистыми минералами и свободными полуторными оксидами, в условиях нейтральной или слабокислой среды также происходит закрепление гумусовых веществ в органо-минеральных формах. В почвах, бедных основаниями, при низком содержании в растительных остатках зольных компонентов образуется «кислый гумус» с большим количеством неусредненных агрессивных фульвокислот.

Ф. Дюшофур выделяет главные типы гумуса на основании различий в его морфологии, соотношении органической и минеральной частей, биологии и активности участвующих в гумификации организмов:

I. Гумус, образующийся в условиях аэрации:

1) *мор* – ничтожное или слабое смешивание органической и минеральной частей почвы, слабая трансформация опада, производимая главным образом грибами, актиномицетами;

2) *модер* – неполное смешивание органической части с минеральной, неясная граница между подстилкой и гумусовым горизонтом, отсутствует образование глинисто-гумусового комплекса, в основе микроструктуры находятся органические микроагрегаты, прилипшие к минеральным частицам, сильная биологическая трансформация под влиянием артропод в сочетании с влиянием грибов и бактерий;

3) *мюлль* – полное включение органической части в минеральную с образованием глинисто-гумусового комплекса. Подстилка отсутствует, в основе микроструктуры находятся глинисто-гумусовые агрегаты размером от 0,1 до 1 мм, сильная биологическая трансформация под влиянием дождевых червей и бактериальной микрофлоры.

II. Гумус, образующийся в условиях анаэробиозиса:

1) *торф* – ничтожное, или слабое, включение органической части в минеральную, волокнистая структура, биохимическая трансформация очень слабая, гумифицировано менее 30% органического вещества;

2) *анмоор* – не сплошное, но заметное включение органической части в минеральную, ощущаемое до глубины 10-20 см, структура массивная, биохимическая трансформация сильная, развивающаяся под влиянием перемежающегося воздействия аэробных и анаэробных организмов, гумификация интенсивная, более 30% органического вещества гумифицировано.

Роль гумуса в почве разнообразна. В нем содержатся основные элементы питания растений и различные микроэлементы. Эти элементы в процессе постепенной минерализации становятся доступными для питания растений.

Гумусовые вещества служат пищей для гетеротрофных почвенных организмов, играют важнейшую роль в формировании почвенного профиля, оптимизируют физическое состояние почв.

3.5. Жидкая фаза почв

Воде принадлежит важнейшая роль во многих процессах, протекающих в почвах. *Почвенная влага* – одна из важнейших и весьма мобильных составных частей почвы. При участии воды совершаются процессы выветривания, гумификации

и минерализации органических остатков.

Почвенная влага является основой жизни микроорганизмов и высших растений. При участии почвенной влаги происходит перемещение веществ внутри почвенного профиля и обособление генетических почвенных горизонтов, а также вынос части вещества за пределы почвенного профиля. От состояния влажности почвы изменяются ее физические свойства.

Влага в почве может находиться в твердом, газообразном и жидком состоянии. *Формы,* или *категории воды* в почве – это части воды, которые обладают одинаковыми свойствами. Выделяют пять форм воды: химически связанная, твердая, парообразная, сорбированная (физически связанная), свободная.

Химически связанная вода делится на конституционную (представлена гидроксильной группой ОН химических соединений) и кристаллизационную (входит в состав почвенных минералов целыми водными молекулами кристаллогидратов). Она входит в состав твердой фазы почв и не обладает свойствами воды. Может выделяться из почв только при повышенных температурах – от 100°С до 500°С и выше. Растениям недоступна.

Твердая вода – лед – периодически проявляется в верхних горизонтах сезоннопромерзающих почв и постоянно присутствует в нижних горизонтах почв с вечной мерзлотой. Является потенциальным источником жидкой влаги, в том числе доступной для растений.

Парообразная вода содержится в порах в почвенном воздухе. Относительная влажность почвенного воздуха близка к 100%. Вода перемещается в порах при изменении температуры и вместе с током почвенного воздуха может конденсироваться и сорбироваться твердой фазой почвы. Конденсат может усваиваться растениями.

Сорбированная (физически связанная) вода подразделяется на прочносвязанную и рыхлосвязанную.

Прочносвязанная сорбированная вода образуется в результате сорбции почвенными (преимущественно коллоидными) частицами водяных паров из воздуха.

Прочносвязанная влага обладает свойствами, отличающими ее от свободной воды: она имеет повышенную плотность (1,1-1,7 г/см^3), не замерзает при температуре до -78°С, не растворяет растворимые в свободной воде вещества, не способна

растворять электролиты и проводить электрический ток, недоступна растениям и обладает механическими свойствами, сближающими ее с твердыми телами (модулем сдвига и пределом текучести). При адсорбции первых слоев воды выделяется теплота смачивания. Гигроскопическая влага удерживается на поверхности почвенных частиц силами молекулярного притяжения настолько прочно, что удалить ее можно только путем перевода в парообразное состояние при нагревании почвы свыше 100°С в течение 4-5 часов.

Максимальное количество прочносвязанной (гигроскопической) влаги в почве является водно-физической константой и называется *максимальной гигроскопичностью (МГ).*

Максимальная гигроскопичность, т. е. количество влаги, которое она может поглотить из воздуха, выражается в процентах от веса почвы. Величина максимальной гигроскопичности (МГ) изменяется от 2-3% в почвах легкого гранулометрического состава до 12-15% в тяжелых почвах с большим содержанием гумуса.

Рыхлосвязанная сорбированная (пленочная) вода представлена полимолекулярной пленкой толщиной в несколько десятков или сотен диаметров молекул воды. Ее основной признак – ориентированное расположение молекул воды. Наибольшее количество рыхлосвязанной (пленочной) воды может в 2-4 раза превышать величину максимальной гигроскопичности.

Это дополнительное количество влаги, удерживаемой силами молекулярного притяжения, почва не может поглотить даже из насыщенной водяными парами атмосферы, рыхлосвязанная влага сорбируется только при соприкосновении почвенных частиц с жидкой влагой.

В отличие от прочносвязанной рыхлосвязанная способна к передвижению от одной почвенной частицы к другой: от частиц с более толстыми пленками к частицам с менее толстыми.

Рыхлосвязанная влага отличатся от обычной жидкой влаги, находящейся в почве, лишь несколько пониженной концентрацией растворенных веществ и температурой замерзания (при понижении температуры до -15°С количество незамерзшей воды близко к величине максимальной гигроскопичности). Наибольшее количество воды, которое может быть удержано в почве силами молекулярного притяжения, называется *максимальной молекулярной влагоемкостью (ММВ).* ММВ в глинистых почвах достигает

43-44%, в большинстве суглинистых почв она составляет 7-15%.

Свободная вода не связана с почвенными частицами сорбционными силами и передвигается под действием капиллярных и гравитационных сил. Разделяется на две формы: капиллярную и гравитационную воду.

Капиллярная вода находится в капиллярах почвы, в капельно-жидком состоянии, доступна растениям. Это наиболее благоприятная для растений форма почвенной влаги. Различают капиллярно-подвешенную и капиллярно-подпертую воду.

Капиллярно-подвешенная вода образуется при увлажнении почвы с поверхности (дождевая вода, талые воды, оросительные).

Наибольшее количество подвешенной влаги, остающееся в верхних горизонтах почв после их смачивания сверху, называется *наименьшей влагоемкостью (НВ)* или *полевой влагоемкостью (ПВ).*

Наименьшая влагоемкость зависит от гранулометрического состава почв, их агрегатности и пористости. В большинстве почв НВ составляет 20-30% почвенной массы.

Капиллярно-подпертая вода образуется при поступлении воды снизу, т. е. при подъеме воды по капиллярам от грунтовых вод.

Максимальное количество капиллярно-подпертой воды, которое может удерживаться в слое почвы над зеркалом грунтовых вод (в пределах капиллярной каймы), называется *капиллярной влагоемкостью (КВ).*

Капиллярная влагоемкость зависит от скважности почвы и материнской породы, глубины залегания грунтовых вод.

Гравитационная вода занимает все крупные некапиллярные промежутки между агрегатами (поры, пустоты) в почве, вытесняя воздух.

Передвигается свободно под действием силы тяжести (гравитации), способна растворять и переносить соли, коллоиды, суспензии по профилю почвы, доступна растениям.

Подразделяется на два вида: просачивающаяся влага и влага водоносных горизонтов.

Просачивающаяся влага находится в состоянии нисходящего движения по крупным порам и полостям некапиллярного размера под влиянием силы тяжести, что наблюдается при влажности почвы больше наименьшей влагоемкости.

Влага водоносных горизонтов – грунтовые, почвенно-

грунтовые и почвенные воды, удерживаемые вследствие наличия водонепроницаемого подстилающего слоя. Эти воды могут быть застойными или при наличии разности гидравлических напоров стекающими в направлении уклона водоупорного слоя.

Максимальное количество гравитационной воды, которое может вместить почва при заполнении всех пустот, кроме пор, занятых воздухом (5-8% общей пористости), называется *полной влагоемкостью (ПВ).*

В состоянии увлажнения, равном полной влагоемкости, почвы находятся при отсутствии или затруднении стока гравитационной влаги.

Основные водные свойства почвы: водопроницаемость, водоудерживающая, водоподъемная и испаряющая способности почвы.

Водопроницаемость – способность почв и грунтов впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности.

При поступлении воды в почву выделяют два этапа: впитывание (заполнение пор) и фильтрацию. С водопроницаемостью связано использование водных ресурсов.

Способность к передвижению влаги вниз появляется в почвах, влажность которых превышает величину наименьшей влагоемкости. Водопроницаемость зависит от гранулометрического состава, структурности, сложения почв, а также от состава катионов.

Водопроницаемость измеряется расходом влаги (мм) за определенное время (ч) при постоянном гидростатическом давлении сверху (5 мм водного столба).

Если влага поступает в относительно сухую почву, то в начальные моменты увлажнения расход воды очень велик за счет впитывания влаги в верхний рыхлый и влагоемкий гумусовый горизонт почвы, затем расход воды постепенно уменьшается и устанавливается постоянная скорость просачивания, или фильтрации, воды через насыщенную ею почву.

Выделяют хорошо водопроницаемые почвы, средне проницаемые почвы и слабо водопроницаемые почвы.

Почвы считаются хорошо водопроницаемыми, когда вода в течение первого часа проникает в почву на глубину до 15 см; средне водопроницаемыми, если в первый час пропускают воду на глубину 5-15 см; слабо водопроницаемыми, если пропускают воду до 5 см (табл. 9).

Водоудерживающая способность – способность твердой

фазы почвы при участии сорбционных и капиллярных сил удерживать почвенную влагу от стекания (под влиянием силы тяжести). Наибольшее количество воды, удерживаемое почвой теми или иными силами, называется *влагоемкостью*.

Таблица 9

Классификация водопроницаемости почв (по Н. А. Качинскому)

Водопроницаемость	Объем воды, мм*	Водопроницаемость	Объем воды, мм*
Провальная	> 1000	Хорошая	100-70
Излишне высокая	1000-500	Удовлетворительная	70-30
Наилучшая	500-100	Неудовлетворительная	< 30

Примечание. * – в первый час впитывается почвой при напоре 5 см и температуре воды 10°С.

Способность твердых частиц поглощать из воздуха парообразную влагу называется *гигроскопичностью* почвы.

Количество гигроскопической воды, которое может быть поглощено данной почвой, зависит от относительной упругости водяного пара в воздухе, соприкасающегося с почвой, и от ее механического состава.

Водоподъемная способность – свойство почвы вызывать восходящее передвижение влаги в ней за счет капиллярных сил. В природе над зеркалом грунтовых вод создается кайма капиллярно-подпертой влаги. Содержание влаги в кайме уменьшается снизу вверх от почти полной влагоемкости до наименьшей.

Высота и скорость подъема зависят от гранулометрического состава, структуры и пористости почвы.

Высота капиллярного подъема возрастает от песков через супеси к лессовидным суглинкам, а при переходе к грунтам более тяжелого гранулометрического состава снова начинает уменьшаться вследствие того, что сила трения в тонких капиллярах становится очень большой, а тонкие поры сплошь заполняются связанной пленочной влагой. Высота капиллярной каймы находится в обратной зависимости от степени минерализации воды.

Капиллярно-подвешенная влага также может передвигаться кверху в направлении испаряющей поверхности в пределах всей промоченной толщи. По мере испарения жидкости близ поверхности образуется слой с максимальным содержанием растворимых веществ.

Подъем воды в капиллярах наиболее интенсивен при диаметре пор 0,1-0,003 мм. Высота подъема воды по капиллярам

изменяется от 0,5-0,8 м (в песчаных почвах) до 2,5-6 м (в суглинистых и глинистых) (табл. 10).

Таблица 10

Водоподъемная способность почв (по В. А. Ковде)

Гранулометрический состав	Высота подъема воды, м	Гранулометрический состав	Высота подъема воды, м
Песок крупный	< 0,5	Суглинок средний	2,5-3,0
Песок средний	0,5-0,8	Суглинок тяжелый	3,0-3,5
Супесь	1,0-1,5	Глина тяжелая	4,0-6,0
Супесь пылеватая	1,5-2,0	Лессы	4,0-5,0

С передвижением и испарением капиллярно-подвешенной влаги восходящее движение почвенной влаги кверху при определенном пределе влажности прекращается, а именно когда капилляры разрываются и исчезает сплошность свободной влаги.

Значение влажности, при котором движение кверху подвешенной влаги прекращается, называется *влажностью разрыва капилляров (ВРК)*. Величина ВРК при прочих равных условиях изменяется в зависимости от структурного состояния почвы.

Бесструктурные почвы теряют воду за счет ее передвижения к слоям иссушения значительно больше, чем почвы структурные. Подвижная вода в почвах тяжелого гранулометрического состава в случае их полной бесструктурности может быть представлена не столько капиллярной, сколько рыхлосвязанной (пленочной) водой.

Испаряющая способность почвы зависит от гранулометрического состава, физических свойств, крутизны и экспозиции склона, характера растительного покрова, влажности воздуха и др.

Испарение влаги возрастает с увеличением скорости ветра, сухости воздуха, высокой температуры. Южные склоны теряют воды больше, чем северные.

Водный режим почвы – это совокупность протекающих в почве процессов поступления, передвижения, сохранения и потерь воды. Поступление воды в почву и ее расход характеризуются водным балансом.

Статьи прихода воды в почву: атмосферные осадки, грунтовые воды, конденсация из паров воды, поверхностный боковой приток, внутрипочвенный боковой приток.

Статьи расхода воды из почвы: испарение, транспирация, фильтрация (грунтовый сток), поверхностный сток, внутрипочвенный боковой сток. Все величины прихода и расхода

воды выражаются в мм или в $м^3$/га.

Типы водного режима почв выделяют по величине приходно-расходных статей водного баланса. Применительно к различным природным условиям установлены следующие типы водного режима.

Мерзлотный (застойный) тип распространен в тундре, где многолетняя мерзлота является водоупором. В этих условиях верхний горизонт почвы в летний период насыщен водой.

Промывной тип характерен для таежно-лесной зоны, где количество осадков превышает испаряемость. Почвы и породы ежегодно весной и осенью промываются водой до грунтовых вод.

Периодически промывной тип распространен в лесостепной зоне, где в сухие годы осадки увлажняют почвенно-грунтовую толщу, не достигая грунтовых вод (*непромывной режим*), а во влажные годы происходит сквозное промачивание (*промывной режим*).

Непромывной тип характерен для степной, сухостепной и пустынной зон, где испаряемость превышает сумму атмосферных осадков. Осадки распространяются только в верхних горизонтах и не достигают грунтовых вод.

Выпотной тип характерен для участков с близким залеганием грунтовых вод в зоне сухих степей, полупустынь и пустынь, где испаряемость сильно превышает сумму выпадающих осадков.

При высоком содержании солей в грунтовых водах с восходящим током воды в почву поступают легкорастворимые соли и почва засоляется.

Ирригационный тип характерен чередованием промывного и непромывного режимов. При поливе создается промывной тип, который затем сменяется непромывным. В почве периодически наблюдаются то нисходящие, то восходящие токи воды.

Регулирование водного режима достигается мелиоративными и агротехническими приемами с учетом конкретных почвенно-климатических условий.

Для устранения избыточного увлажнения утраивают открытый или закрытый дренаж. Водный режим с временным избыточным увлажнением можно улучшить такими агротехническими приемами, как гребневание и бороздование. Гребни увеличивают испарение, а по бороздам происходит сток воды. В засушливых районах необходимы мероприятия по накоплению влаги

(снегозадержание и др.) и рациональному ее использованию (бороздование, щелевание и др.). В полупустыне и пустыне основной способ улучшения водного режима – орошение.

3.6. Газовая фаза почв

Газовая фаза почв, или почвенный воздух – это смесь газообразных веществ, занимающая поровые пространства почвы и находящаяся в свободном, растворенном или адсорбированном состоянии.

Газовая фаза – важная и наиболее мобильная составная часть почв, изменчивость которой отражает биологические и биохимические ритмы почвенных процессов.

Почвенный воздух формируется:

- путем заполнения поровых пространств воздухом из приземного слоя атмосферы;
- в результате диффузных процессов, как следствие различия парциальных давлений отдельных газов почвенной газовой фазы и атмосферы;
- как продукт почвенных биохимических и химических процессов, включая дыхание почвенных организмов.

Благодаря протекающим в почве биологическим и биохимическим процессам почвенный воздух, по сравнению с атмосферным, несколько обеднен кислородом и значительно обогащен углекислотой. Большое значение в потреблении кислорода и накоплении углекислоты в почвенном воздухе имеют микроорганизмы и растения. При дыхании корней расходуется кислород и выделяется углекислота, содержание которой в почвенном воздухе вблизи корней выше, чем в остальном объеме.

Микроорганизмы-гетеротрофы потребляют значительное количество кислорода и продуцируют углекислоту при разложении органических остатков.

Некоторые микроорганизмы, разлагая углеводы, образуют углекислоту и метан. Чем обильнее и активнее микробное население почвы, тем больше потребляется кислорода и выделяется углекислоты.

Кислород расходуется также на окисление при процессах внутрипочвенного выветривания минералов, содержащих

двухзарядные серу, марганец, железо и другие элементы с переменной зарядностью. Поэтому содержание углекислоты в почвенном воздухе всегда выше, чем в атмосферном: в атмосфере концентрация углекислого газа составляет 0,03%, в почвенном воздухе – 0,2-0,5%, часто увеличиваясь до 1%, а в тяжелых по гранулометрическому составу почвах при переувлажнении их и заболачивании возрастает до 5-10%.

Содержание кислорода в почвенном воздухе, наоборот, ниже, чем в атмосферном, и составляет 10-20%. При содержании 10-12% кислорода в почвенном воздухе растения при 18°С развиваются еще нормально, при более высокой – плохо. Чем выше температура, тем больше требуется кислорода для нормального роста растений. При падении содержания кислорода в переувлажненных заболоченных почвах до 1-2% рост корней замедляется, поглощение воды и питательных веществ ослабевает, прекращается рост надземных частей.

В некоторых почвах, развивающихся при затрудненном воздухообмене с приземной атмосферой, в почвенном воздухе накапливаются газообразные продукты разложения органических остатков: аммиак, сероводород, фосфористый водород, метан, атомарный водород, азот и др.

В почвенном воздухе обычно присутствуют летучие органические соединения, представляющие продукты жизнедеятельности некоторых анаэробных микроорганизмов. Значение летучих органических соединений в почвах велико. Они способны непосредственно усваиваться аэробными микроорганизмами и корнями растений.

В почвенном воздухе также содержатся водяные пары в количестве, близком к полному при данной температуре насыщению воздуха влагой.

Процессы обмена почвенного воздуха и его составляющих с приземной атмосферой объединяются понятием «аэрация почвы».

Факторами, регулирующими скорость, направление и объем воздухообмена, являются:

- изменение температуры почвы и атмосферы;
- изменение влажности почвы;
- изменение барометрического давления;
- действие ветра.

Снижение температуры сопровождается сжатием газов,

а повышение – их расширением. Поэтому при понижении температуры почвы в нее из атмосферы поступают новые порции воздуха, при нагревании почвы и расширении газов идет обратный ток воздуха из почвы в атмосферу. Эти процессы имеют суточный ритм, следуя суточному ходу изменения температуры почвы, и охватывают лишь верхние горизонты, где колебания температуры более значительны.

Поступление воды в почву и заполнение пор сопровождается вытеснением из почвы воздуха, при просыхании почвы в освободившиеся поры устремляется воздух атмосферы. Этот фактор имеет большое значение в орошаемых и периодически затопляемых почвах.

Понижение или повышение барометрического давления приводит к смене направления воздушного потока из почвы в атмосферу и, наоборот, из атмосферы в почву. Воздушный поток имеет значение лишь при существенных перепадах давления.

Ветер играет некоторую роль в воздушном обмене, так как может изменить у земной поверхности градиент атмосферного давления.

Обновление почвенного воздуха зависит от густоты растительного покрова (в той или иной степени предохраняющего поверхность почв от непосредственного воздействия ветра).

Перечисленные факторы воздухообмена играют определенную роль, но все же менее значительны, чем процессы газообмена между почвенным воздухом и атмосферой, возникающие вследствие диффузии газов. Диффузия газов – это процесс перемещения молекул газа или пара в направлении убывания концентрации или парциального давления.

Наряду со свободным почвенным воздухом значительное количество кислорода и углекислоты находится в сорбированном твердыми частицами состоянии и в почвенном растворе.

Каждое понижение и повышение температуры вызывает переход части газов из почвенного воздуха в раствор и обратно.

Переход молекулярно-коллоидно-растворенных веществ из жидкой фазы в твердую связан также с изменениями концентрации растворов: повышением ее при испарении и усиленной транспирации в теплые периоды и понижением – во влажные и прохладные сезоны года. При увеличении концентрации растворов начинается коагуляция коллоидов, кристаллизация

легкорастворимых солей.

Для роста и развития растений требуется газообмен между почвой и атмосферой. Почва постоянно в течение теплого сезона поглощает кислород и выделяет углекислый газ. Основными потребителями кислорода в почве являются корни растений, аэробные микроорганизмы, почвенная фауна, и незначительная часть его расходуется на химические процессы.

Основные свойства газовой фазы почв: воздухоемкость, воздухопроницаемость и высокая динамичность воздухообмена и химического состава.

Воздухоемкость – способность почвы содержать определенное количество воздуха. Выражается в процентах к объему почвы. Зависит от пористости и влажности почвы, гранулометрического состава и структуры почвы. Если воздухоемкость превышает 15% объема почвы, то аэрация почвы считается нормальной.

Воздухопроницаемость – способность почвы пропускать через себя воздух. Она зависит от гранулометрического состава, структуры почвы, объема пор между агрегатами.

В естественных условиях воздухопроницаемость изменяется от нуля до 1 л/с и выше. Воздух в почве передвигается по порам, не заполненным водой и не изолированным друг от друга. Чем крупнее поры аэрации, тем лучше воздухопроницаемость. В структурных почвах, где наряду с капиллярными порами имеется достаточное количество крупных некапиллярных пор, создаются наиболее благоприятные условия для воздухопроницаемости.

Газообмен почвенного воздуха с атмосферным происходит под действием ветра, диффузии, изменения температуры и давления, а также в результате изменения количества влаги в почве при выпадении осадков, орошении и испарении.

Поступление в почву влаги с осадками или при орошении вызывает сжатие почвенного воздуха, его выталкивание наружу и засасывание атмосферного воздуха.

Между почвенным и атмосферным воздухом происходит постоянный газообмен. Имеются сведения, что более 90% углекислого газа воздуха имеет почвенное происхождение. Глобальная роль почвенного покрова заключается в регулировании состава атмосферного воздуха.

Воздушный режим почв включает все процессы поступления, передвижения, изменения состава и физического состояния

воздуха, а так же газообмен почвенного и атмосферного воздуха. Он подвержен суточной, сезонной, годовой и многолетней изменчивости и находится в прямой зависимости от различных свойств почв, погодных условий, характера растительности.

Сезонная динамика состава почвенного воздуха отражает биологические ритмы. Концентрация диоксида углерода имеет в верхней толще четко выраженный максимум в период наивысшей биологической активности. В это время происходит насыщение почвенной толщи углекислотой.

По мере затухания биологической деятельности происходит отток углекислого газа за пределы почвенного профиля. Динамика концентрации кислорода имеет обратную зависимость.

Почва является поглотителем, сорбирующим токсичные промышленные выбросы газов, очищающим атмосферу от техногенного загрязнения.

3.7. Биологическая фаза почв

Изучение биологии почв позволяет устанавливать закономерности распределения и активности организмов и их метаболитов в зависимости от свойств почв и почвенных процессов, является теоретической базой для их применения в диагностике и мониторинге почв.

Важную роль в круговороте веществ в природе, почвообразовании, плодородии почв играют животные. В глобальном масштабе видовое разнообразие фауны беспозвоночных составляет примерно треть от общего числа известных видов. В одном местообитании встречается до нескольких сотен видов беспозвоночных, относящихся к одной размерной группировке.

Например, количество видов раковинных амеб в лесной почве составляет 60-70, число видов гамазовых клещей – 70-75 видов, криптостигматных клещей – 25-53, количество видов насекомых, относящихся к группе мезофауны – 20-150.

В почве обитает огромное количество видов простейших, червей, насекомых, многоножек, клещей, мокриц и др. Величина биомассы животных в почве варьирует в пределах от сотен миллиграммов до сотен граммов в 1 м^2.

В разных типах почв и растительных ассоциациях показатели

обитания почвенных животных кардинально различаются. Наиболее разнообразны комплексы беспозвоночных в лесных почвах умеренного и тропического пояса и луговых степей с оптимальным для животных сочетанием тепла и влаги.

В разложении мертвой органики основную роль играют беспозвоночные животные. В огромном количестве в почве обитают простейшие (корненожки, жгутиконосцы и инфузории). Их численность достигает миллионов и даже миллиардов особей на 1 $м^2$, а биомасса – 2-20 $г/м^2$. Польза почвенных простейших заключается в выделении ими биологически активных веществ, стимулирующих рост тех же микроорганизмов, корней растений, повышающих всхожесть семян, подавляющих активность вредных для растений грибов.

Множество микроскопических или просто очень мелких животных (обычно до 1 мм), относящихся к нематодам, энхитреидам, коловраткам, тихоходкам и некоторым другим группам, постоянно обитают в пленках воды вокруг почвенных частиц. Они разлагают органические остатки, имеют значение в регуляции группового состава и активности микрофлоры.

В естественных почвенных скважинах живут многие группы мезофауны (размеры от 0,1 до 2-3 мм), из которых можно особо выделить панцирных клещей и ногохвосток. Они являются наиболее активными разрушителями растительных остатков среди организмов почвенной микрофауны.

Исключительная роль в почвообразовании принадлежит дождевым червям. В наиболее благоприятных местах (широколиственные леса) численность червей достигает 500-800, а биомасса – 290 $г/м^2$. В процессе пищеварения в кишечнике червей происходит разложение клетчатки и частичная минерализация растительных тканей опада и другой органики, которой они питаются.

В широколиственных лисах черви ежегодно возвращают в почву около 100 кг азота на 1 га. Они стимулируют развитие микроорганизмов. Скорость разложения дубовой подстилки в отсутствии земляных червей замедляется в 3-10 раз в зависимости от времени года. Сама почва обогащается ферментами, что активизирует ряд важных элементов питания растений. Кроме того дождевые черви перемешивают слои почвы, а их многочисленные ходы способствуют проникновению в почву и равномерному распределению в ней воды, воздуха, что особенно важно для тяжелых почв.

Из других крупных беспозвоночных животных важную роль в почвообразовательных процессах играют диплоподы (кивсяки). Они многочисленны как на открытых степных равнинах, так и в лесной зоне. Их биомасса достигает 100-200 кг/га. Питаются кивсяки исключительно мертвыми органическими остатками, вовлекая в почву листовой опад и способствуя его гумификации. Экскременты этой группы беспозвоночных становятся мелкими структурными элементами почвы.

Наземные брюхоногие моллюски в некоторых местообитаниях также играют заметную роль в разложении опада листьев и валежника деревьев и различных травянистых растений. Некоторые виды рассматриваются как основные потребители органики в лесах и горных лугах, где они достигают высокой численности.

В гумусовом слое почвы, а также под корой пней и колод концентрируются наземные подстилочные мокрицы. Они употребляют в пищу в основном листовой опад и погибшую древесину.

Жизненные процессы 98% видов класса насекомых в течение хотя бы короткого периода связаны с почвой. Насекомые, как взрослые, так и личинки, являются постоянными компонентами во всех типах почв, нередко достигая здесь высоких показателей численности и биомассы. Преобладают среди этих насекомых сапрофаги. Сапрофаги усваивают 30-40% потребляемых отмерших растительных тканей. В их кишечнике происходит механическое и химическое разрушение органического вещества, разрушение клеточной структуры растительного материала и частичная минерализация органического вещества. Сапрофаги ускоряют разложение растительных остатков не только как потребители опада, но и как стимуляторы деятельности микроорганизмов.

В структуре животного населения четко выражена приуроченность отдельных форм к определенным генетически горизонтам. Основная масса почвенных животных обитает в корнеобитаемом горизонте, где они связаны с корневым опадом, живыми корнями, микрофлорой.

Многие почвенные животные являются эффективными индикаторами почвенных свойств и плодородия, на чем основано использование животных для зоологической индикации почв.

Микроорганизмы обнаруживаются в окружающей природной среде практически повсеместно. Однако из всех известных сред

обитания наиболее богаты как количественно, так и качественно почвы, в одном грамме которых может находиться до 10 млрд микробов и более.

Особенностью почвы как среды обитания микроорганизмов является ее гетерогенность. Микрозоны разделены здесь в пространстве и во времени, поэтому почва представляет собой множество экологических ниш. Основными представителями почвенной микрофлоры являются бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы и водоросли.

Бактерии представляют собой мельчайшие организмы, обладающие клеточным строением. Максимальной численности достигают в органических средах и почве. Бактерии способны быстро размножаться. Большинство почвенных бактерий относится к сапрофитам.

Актиномицеты широко распространены в природе. В основном относятся к сапротрофам, растут медленно и разлагают многие труднодоступные для остальных вещества.

Почвенные грибы представляют самую крупную экологическую группу организмов, участвующих в минерализации органических остатков растений и животных и в образовании гумуса.

Они являются основными деструкторами таких стойких соединений, как лигнин, хитин, дубильные вещества, целлюлоза, гумус, делая возможным дальнейшее их использование другими организмами. Распространение грибов в почве и их активность объясняются их большей по сравнению с другими микроорганизмами устойчивостью к изменяющимся условиям окружающей среды.

Почвенные водоросли специфичный и неотъемлемый компонент почв. Они первыми заселяют горные породы и входят в состав любого фитоценоза. Почвенные водоросли – единственная группа продуцентов наземных экосистем, у которой продукция в несколько раз превышает биомассу.

Почвенные микроорганизмы быстрее всех реагируют на внешние изменения среды и могут использоваться для ранней диагностики антропогенного воздействия, особенно загрязнения.

Из многочисленных показателей биологической активности почвы большое значение имеют почвенные ферменты. Их разнообразие и богатство делают возможным осуществление последовательных биохимических превращений поступающих в почву органических остатков.

Источниками почвенных ферментов служит все живое вещество почв: растения, микроорганизмы, животные, грибы, водоросли и т.д. Активность почвенных ферментов может служить дополнительным диагностическим показателем почвенного плодородия и его изменения в результате антропогенного воздействия.

3.8. Поглотительная способность почв

Поглотительной способностью называют способность почвы поглощать твердые взвешенные частицы, целые молекулы веществ или их часть и удерживать их в себе.

Носителем поглотительной способности почв является *почвенно-поглощающий комплекс (ППК)* – вся совокупность почвенных компонентов, способных участвовать в процессах поглощения и обмена. Главную часть его составляют почвенные коллоиды.

По способу образования почвенные коллоиды разделяются на *минеральные, органические* и *органоминеральные*.

Минеральные коллоиды образуются в результате процессов выветривания при измельчении горных пород. К ним относятся глинистые минералы, оксиды железа и алюминия, коллоидные формы кремнезема.

Органические коллоиды накапливаются в почве в результате разложения растительных остатков. Это гумусовые вещества, состоящие из гуминовых кислот, фульвокислот и гумина.

Органоминеральные коллоиды образуются при взаимодействии глинистых минералов с органическим веществом почвы.

Количество коллоидов в почве зависит от гранулометрического состава и содержания гумуса. Так, в песчаных почвах их количество составляет 1-2%, а в глинистых – до 30-40% к массе почвы.

К. К. Гедройц выделил пять видов поглотительной способности почв, каждый из которых играет определенную роль в почвообразовании и формировании свойств почвы: *механическая, биологическая, химическая, физическая и физико-химическая (обменная).*

Механическая поглотительная способность – способность почвы как всякого пористого тела задерживать взвешенные твердые частицы из фильтрующихся суспензий крупнее почвенных пор. Она напрямую зависит от гранулометрического состава и

сложения почвы.

Биологическая поглотительная способность почвы обусловлена жизнедеятельностью растений и микроорганизмов почвы, которые поглощают из нее необходимые для жизни элементы и переводят их в органические соединения своего тела.

Химическая поглотительная способность – способность почвы закреплять нерастворимые соединения, образующиеся в результате химических обменных реакций в почвенном растворе или при взаимодействии с твердой частью почвы.

Физическая поглотительная способность – способность адсорбировать пары воды, газы и растворимые вещества за счет поверхностной энергии твердых частиц почвы (твердая поверхность почвенных частиц).

Физико-химическая (обменная) поглотительная способность почв – это способность почвы поглощать из раствора различные катионы или анионы, отдавая в обмен эквивалентное количество ионов твердой фазы (из диффузного слоя мицеллы).

Общее количество поглощенных (обменных) катионов, которые могут быть вытеснены из почвы, называется *емкостью поглощения*, или *емкостью катионного обмена (ЕКО)*, т.е. максимальное количество катионов, удерживаемых почвой в обменном состоянии. Свойства почвы в значительной степени зависят от состава обменных катионов.

Поглотительная способность почвы регулирует питательный режим почвы, обуславливая накопление многих элементов питания растений и микроорганизмов, она же регулирует реакцию почвы, степень ее буферности, водно-физические свойства. Интенсивность накопления продуктов почвообразования и формирование гумусово-аккумулятивных горизонтов в значительной степени обусловлена поглотительной способностью почвы.

3.9. Кислотность и щелочность почв

Жидкая фаза почвы представлена *почвенным раствором*, содержащим растворенные газы, минеральные и органические соединения.

Почвенный раствор – активный компонент почвообразовательного процесса, перемещающий растворенные минеральные и

органические вещества по профилю почвы. Состав и концентрация почвенного раствора зависят от почвообразующих пород и климатических условий.

Наряду с концентрацией почвенного раствора важное значение имеет соотношение в нем свободных ионов H^+ и OH^-. Если в почвенном растворе концентрации этих ионов одинаковы, то реакция среды будет нейтральной, если ионов H^+ больше, чем OH^- – кислой, меньше – щелочной.

Почвенный раствор с нейтральной реакцией имеет pH=7, с кислой pH < 7, с щелочной pH >7 (табл. 11).

Таблица 11

Уровни кислотности и щелочности почв

pH	Кислотность и щелочность почв	Почвы
< 4,5	сильнокислая	болотные, болотно-подзолистые, подзолистые, красноземы, тропические
4,6-5,0	кислая	подзолистые, дерново-подзолистые, красноземы, тропические
5,1-5,5	слабокислая	подзолистые, дерново-подзолистые, красноземы, тропические
5,6-6,0	близкая к нейтральной	окультуренные дерново-подзолистые красноземы, серые лесные
6,1-7,1	нейтральная	серые лесные, черноземы
7,2-7,5	слабощелочная	черноземы южные, каштановые, сероземы с признаками солонцеватости
7,6-8,5	щелочная	солонцы, солончаки
> 8,5	сильнощелочная	содовые солонцы, солончаки

Реакция среды имеет существенное значение для направленности почвенных процессов и уровня почвенного плодородия. Кислотно-щелочные условия зависят от типов почв, их подтиповых, родовых различий и могут колебаться в широких пределах.

Черноземы характеризуются нейтральными условиями. Щелочная реакция наблюдается у солонцов и солонцеватых почв. Кислые условия типичны для почв влажных лесов (подзолистые, серые и бурые лесные, красноземы, желтоземы и др.).

Кислотность почвы обусловлена наличием в ней органических и минеральных кислот и коллоидов, обладающих кислотными свойствами.

Различают два вида почвенной кислотности: *актуальную*

и потенциальную.

Актуальная кислотность почвы – это кислотность почвенного раствора, связанная с содержанием свободных ионов H^+.

Потенциальная кислотность почвы – это кислотность твердой фазы почвы, обусловленная обменными ионами H^+ и Al^{3+} в ППК. В этом виде кислотности выделяют *обменную* и *гидролитическую.*

Обменная кислотность проявляется при взаимодействии почвы с раствором нейтральной соли, *гидролитическая кислотность* проявляется при взаимодействии почвы с раствором гидролитически щелочной соли.

Щелочность почвы – способность почвы нейтрализовать компоненты кислой природы и подщелачивать воду. Она обуславливается присутствием солей в почвенном растворе и поглощенных катионов Na^+. Щелочность почв снижает плодородие почв в большей степени, чем кислотность. Различают *актуальную* и *потенциальную щелочность почв.*

Актуальная щелочность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей.

Потенциальная щелочность обусловлена наличием в ППК обменного натрия, который может вытесняться водородом углекислоты, а образующаяся в почвенном растворе сода подщелачивает его. Щелочность почв принято оценивать только по значениям актуальной щелочности.

В создании определенной реакции среды велика роль органических остатков. Лесная подстилка подзолистых и серых лесных почв имеет обычно pH 3,5-5,0. Гумусовые вещества, образующиеся в этой подстилке, более кислы – pH 3,0-3,5. Особенно кислы продукты разложения мхов – pH 2,5-3,0. При разложении растительного опада в лесных биогеоценозах образуются и свободные органические кислоты типа уксусной, щавелевой, лимонной и др.

3.10. Структура, общие физические и физико-механические свойства почв

Совокупность агрегатов различной величины, формы и качественного состава называется *структурой почвы*. От нее зависят общие физические, физико-механические, водные, воздушные

и тепловые свойства почв, окислительно-восстановительные условия и другие свойства и режимы почв. Способность почвы распадаться на агрегаты называется *структурностью*.

Распределение структурных агрегатов в массе почвы в соответствии с их размерами называется структурным составом почвы.

Хорошо оструктуренной считается почва, если она содержит более 55% водопрочных пористых агрегатов размером 0,25-10 мм.

К общим физическим свойствам почвы относятся: плотность почвы, плотность твердой фазы, пористость, удельная поверхность.

Плотность почвы – масса сухого вещества почвы в единице ее объема ненарушенного естественного сложения, выражается в г/см^3 или т/м^3, обозначается символом d_v:

$$d_v = \frac{m}{V},$$

где d_v – плотность почвы, m – масса сухого вещества почвы, V – объем ненарушенного естественного сложения.

Плотность зависит от гранулометрического и минералогического состава почвы, структуры почвы, содержания органического вещества. Она варьирует от 0,9 до 1,8 г/см^3.

Оптимальная плотность для большинства культур 1,0-1,25 г/см^3. При этих значениях создаются наиболее благоприятные условия для корневой системы растений, интенсивного развития микробиологических процессов, поглощения влаги и газообмена в почве.

Плотность твердой фазы почвы – это отношение массы твердой фазы почвы к массе равного объема воды при температуре +4°С, т.е. это масса сухого вещества почвы в единице объема твердой фазы почвы без пор. Измеряется в г/см^3 или т/м^3. Обозначается символом *d*.

Плотность твердой фазы почвы – более стабильный показатель характеристики почвы, зависит от плотности веществ, из которых состоит почва, изменяется от 2,4 до 2,8 г/см^3. С увеличением содержания гумуса в почве, количества растительных остатков плотность твердой фазы почвы снижается и доходит до 1,4-1,6 г/см^3 на торфяных почвах.

Водно-воздушный режим почв тесно связан с их плотностью. Плотность является показателем, который можно учесть

сравнительно просто, поэтому ее используют как основной количественный показатель оценки качества почвы в отношении ее физических свойств.

Пористость (скважность, порозность) – это суммарный объем пор между частицами твердой фазы почвы, занятый воздухом и водой.

Выражается в % от общего объема почвы; вычисляется по показателям плотности почвы (d_v) и плотности твердой фазы (d):

$$P = (1 - \frac{d_v}{d}) \cdot 100,$$

где P – пористость, d_v – плотность почвы, d – плотность твердой фазы почвы.

Пористость почв зависит от гранулометрического состава, сложения и структуры. Почвы тяжелого гранулометрического состава имеют большую пористость, чем песчаные; чем структурнее почва и рыхлее ее сложение, тем выше пористость, и наоборот.

Общую пористость оценивают по шкале Н. А. Качинского, согласно которой оптимальная пористость составляет 55-65% общей пористости (табл. 12).

Таблица 12

Оценка пористости почв (по Н. А. Качинскому)

Общая пористость для суглинистых и глинистых почв, %	Качественная оценка пористости
>70	Почва вспушена – избыточно пористая
65-55	Культурно-пахотный слой – отличная
55-50	Удовлетворительная для пахотного слоя
<50	Неудовлетворительная для пахотного слоя
40-25	Характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов – чрезмерно низкая

Пористость почвы – величина динамичная, генетически присущая тем или иным почвам. Поры в почве образуются между отдельными механическими элементами (или агрегатами) и внутри агрегатов.

Поэтому общую пористость различают: *агрегатную (капиллярную)* и *межагрегатную (некапиллярную).* Поры могут быть заполнены водой и воздухом.

Капиллярная пористость соответствует объему пор, занятых водой, которая удерживается менисковыми силами капилляров и является доступной для растений.

Некапиллярная пористость равна объему промежутков между почвенными агрегатами, которые заняты обычно почвенным воздухом.

Для создания устойчивого запаса влаги и хорошего воздухообмена (аэрации) необходимо, чтобы некапиллярная пористость составляла 55-65% общей пористости.

Пористость аэрации должна составлять не менее 15-20% объема в минеральных почвах и 30-40% в торфяных.

Регулирование пористости проводят обработками почвы, внесением рыхлящих почву материалов (торфа, соломы, компостов).

Удельная поверхность – это суммарная поверхность (внутренняя и внешняя) всех частиц почвы. Она выражается в $м^2/г$ и варьирует от 1,5-2,0 $м^2/г$ в песчаных почвах до 300-400 $м^2/г$ в суглинистых и глинистых почвах.

Удельная поверхность позволяет судить о степени дисперсности почвы и ее адсорбционной способности.

К физико-механическим свойствам относятся:

- деформационные (сжимаемость),
- реологические (пластичность, липкость, усадка, набухание),
- прочностные (связность, твердость, сопротивление при обработке).

Сжимаемость почвы – это уменьшение ее объема (уплотнение) под действием внешнего давления. Характеризуется коэффициентом уплотнения, измеряется в $см^2/кг$. Сжимаемость почв определяется их гранулометрическим и минералогическим составом, характером пористости и трещиноватости, структурой и ее прочностью, влажностью и гидрофильностью коллоидной фракции.

Пластичность почвы – это способность ее во влажном состоянии склеиваться, лепиться и сохранять полученную форму. Пластичность почвы изменяется в зависимости от гранулометрического состава, она уменьшается от глинистых почв к суглинистым и супесчаным. Песчаные почвы не пластичны.

Измеряется пластичность условной величиной, которая называется числом или коэффициентом пластичности, выражается в %. Так, число пластичности глинистых почв > 17%, суглинистых

7-17%, супесчаных 1-7%. Почвы, пластичные во влажном состоянии, обладают связностью в сухом.

Липкость почвы – это ее свойство прилипать к другим телам. Она определяется силой, требующейся для отрыва металлической пластинки площадью в 1 $см^2$, и выражается в $г/см^2$. Липкость почв обусловлена гранулометрическим составом, содержанием гумуса и составом обменных катионов.

Наибольшей липкостью обладают глинистые почвы, наименьшей – песчаные почвы. По липкости почвы подразделяют (по Н. А. Качинскому): на предельно вязкие (> 15 $г/см^2$), сильновязкие (5-15 $г/см^2$), средневязкие (2-5 $г/см^2$) и слабовязкие (< 2 $г/см^2$).

Усадкой почвы называется уменьшение ее объема при ее высыхании. Она выражается в процентах к первоначальному объему почвы. Усадка зависит от минералогического состава илистой фракции, гранулометрического состава, степени гидрофильности коллоидов.

Набухание почвы – увеличение объема при увлажнении. Измеряется в процентах к исходному объему почвы. Подобно усадке набухание зависит от минералогического и гранулометрического состава и состава поглощенных катионов. Наибольшему набуханию подвержены глинистые почвы монтмориллонитового состава и почвы, насыщенные натрием.

Практически целесообразно использовать следующие разделения почв по набухаемости:

- при увлажнении объем почвы увеличивается менее, чем на 10% – слабо набухающие почвы;
- объем увеличивается от 10 до 20% – средне набухающие почвы;
- объем увеличивается от 20 до 30% – сильно набухающие почвы;
- объем увеличивается более чем на 30% – очень сильно набухающие почвы.

Связностью почвы называют ее способность противостоять внешнему усилию, направленному к разъединению частиц путем раздавливания или сдвига, выражается в $г/см^3$.

Связность почвы измеряется величиной той нагрузки, которую надо приложить к единице объема высушенной почвы, чтобы ее раздавить. Она зависит от гранулометрического состава,

содержания гумуса, состава поглощенных катионов, влажности, структуры почвы.

Твердость почвы – сопротивление, которое она оказывает проникновению в нее какого-либо тела (шара, конуса, цилиндра и др.) под давлением. Измеряется в кг/см^2.

Твердость почвы зависит от влажности, гранулометрического состава, структуры, содержания гумуса и изменяется в очень широких пределах – от 5 до 45 кг/см^2.

Удельное сопротивление почвы – усилие, затраченное на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность. Выражается в кг/см^2 поперечного сечения пласта почвы, поднимаемого плугом.

Удельное сопротивление зависит от гранулометрического состава (легкие и тяжелые почвы), физико-химических свойств, содержания гумуса, структуры почвы и влажности, состояния корневых систем растений. Оно наименьшее при содержании влаги около 15-25%. В различных почвах варьирует от 1,1 до 0,4 кг/см^2.

Для измерения твердости почв и удельного сопротивления служат твердомеры и динамографы. Физико-механические свойства почв важны при решении вопросов, связанных с обработкой почв, подборе материалов для рабочих частей сельскохозяйственных машин, при строительстве и др. Физико-механические свойства имеют значение и в жизни растений: они часто оказывают решающее влияние на распределение корневых систем.

3.11. Тепловые свойства и тепловой режим почвы

Температура почвы наряду с влажностью существенно влияет на рост высших растений, жизнедеятельность микроорганизмов, на растворимость различных минеральных веществ, а также кислорода и углекислоты в почвенной влаге. От температуры почвы зависит скорость газообмена между почвенным воздухом и приземной атмосферой.

Температура почвы тесно связана с температурой приземного слоя атмосферы. Между почвой и приземной атмосферой происходит энергообмен. Особенно большое значение он имеет летом в ночное время суток, когда нагретая за день почва является мощным инерционным источником тепла и обогревает воздух

и растения. Сильное выхолаживание почвы в ночное время приводит к конденсации на поверхности росы.

Под влиянием градиентов температуры передвигается парообразная и жидкая влага в почвах; перепады температур, особенно при переходе через 0°С, обуславливают ряд важных процессов физико-химического и физического порядка.

Приток лучистой энергии к поверхности почвы зависит от широты и рельефа местности, состояния поверхности почвы, времени года и суток и состояния атмосферы.

Главными тепловыми свойствами почв, регулирующими ее температурный режим, являются: теплоемкость, температуропроводность и теплопроводность, теплопоглотительная (отражательная) способность.

Теплоемкость почвы – это количество тепла, которое надо затратить для нагревания 1 г или 1 см^3 почвы на 1°С. Объемная теплоемкость составляет 2,0-2,5 Дж/см^3.

Теплоемкость почвы зависит от теплоемкости входящих в ее состав минералов, количества органического вещества (чем его больше, тем теплоемкость почвы больше) и состояния влажности почвы (чем выше влажность почвы, тем большее ее теплоемкость). Следовательно, теплоемкость почвы резко изменяется в зависимости от степени увлажнения. Чем влажнее почва, тем больше тепла требуется на ее нагревание.

Теплопроводность – это скорость передачи тепла в почвах. От нее зависит скорость передачи тепла от одного слоя другому, а, следовательно, и способность почвы быстрее или медленнее нагреваться или охлаждаться в определенной толще ее профиля. Она зависит от влажности почвы и содержания в ее порах воздуха. Чем влажнее почва, тем выше ее теплопроводность, а чем рыхлее, тем ниже.

Коэффициент теплопроводности – это количество тепла, передаваемое от поверхности вглубь почвы (или в обратном направлении) через единицу протяженности (см) в единицу времени (1 с) при градиенте температур 1°С. Измеряется в Вт/(м °С).

Температуропроводность – это изменение температуры 1 см^3 почвы, вызванное поступлением некоторого количества тепла, протекающего за 1 с через 1 см^2 поперечного сечения при разности температур 1°С на расстоянии 1 см.

Теплопроводность и теплоемкость связаны уравнением:

$$K = \frac{\lambda}{Соб},$$

где K – температуропроводность почвы, λ – теплопроводность почвы, *Соб* – объемная теплоемкость.

Теплопередача в почве осуществляется разными путями:

- от частицы к частице через разделяющую среду (воздух, вода),
- через непосредственные контакты твердых частиц,
- излучением от частицы к частице,
- конвекцией через газ и жидкость.

Поэтому величина теплопроводности зависит от ряда факторов: теплопроводности входящих в ее состав минералов, содержания органических веществ, величины пористости и степени увлажнения почв.

Минеральные вещества обладают большей теплопроводностью, чем органические. Влажные почвы обладают значительно большей теплопроводностью, чем сухие.

Горизонты почв, богатые органическим веществом и имеющие большую пористость, в сухом состоянии обладают очень плохой теплопроводностью: в районах распространения вечной мерзлоты в почвах, имеющих на поверхности слой торфа, вечная мерзлота лежит ближе к поверхности, чем в почвах незаторфованных.

Почвы обладают лучепоглотительной, лучеотражательной и лучеиспускальной способностями.

Лучепоглотительная и *лучеотражательная способности* изменяются в зависимости от цвета почв и формы поверхности. Темные почвы значительно больше поглощают лучей, чем почвы светлые. Почвы с гладкой поверхностью обладают лучшей отражательной способностью, чем почвы шероховатые.

Теплопоглотительная (отражательная) способность почв – это способность почв поглощать (отражать) долю падающей на ее поверхность солнечной радиации. Характеризуется значением альбедо – долей коротковолновой солнечной радиации, отражаемой поверхностью почв, выраженной в процентах к общей солнечной радиации.

Альбедо почв изменяется в широких пределах – от 15% (темные почвы) до 40-45% (белый песок). Черноземные почвы, занятые растительностью, имеют альбедо 17-20%, открытые участки – 7-8%.

Лучеиспускательная способность почв, или способность их выделять тепловые лучи, зависит в значительной мере от влажности, от состояния и температуры поверхности и от величины теплопроводности почв. Почвы влажные, с шероховатой поверхностью и относительно более теплопроводные обладают наибольшей лучеиспускательной способностью.

Комплекс тепловых свойств почв обуславливает их температурное состояние, что в свою очередь влияет на скорость и интенсивность биохимических и химических процессов в почвах и имеет непосредственное значение для развития растений.

Совокупность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла называют *тепловым режимом почвы*. Основным показателем теплового режима почвы, который характеризует ее тепловое состояние, является температура генетических горизонтов почвенного профиля.

Температура почвы сильно влияет на растворимость в воде различных соединений, кислорода и углекислого газа, скорость поступления в растения питательных элементов и влаги, а также на жизнедеятельность почвенной биоты. Оптимальные условия для большинства почвенных микроорганизмов создаются при 25-35°С.

В зависимости от среднегодовой температуры и длительности промерзания почвы выделяют четыре типа температурного режима почв (по В. Н. Димо): *мерзлотный, длительно сезоннопромерзающий, сезоннопромерзающий и непромерзающий.*

Мерзлотный тип характерен для местностей, где среднегодовая температура профиля почвы имеет отрицательный показатель. В таких почвах преобладает процесс охлаждения, сопровождающийся промерзанием почвенной влаги до верхней границы многолетнемерзлых пород.

Длительно сезоннопромерзающий тип проявляется на территориях, где преобладает положительная среднегодовая температура почвенного профиля. Глубина проникновения отрицательных температур не менее 1 м, но смыкание сезоннопромерзающей толщи с многолетнемерзлыми породами не наблюдается. Длительность промерзания не менее 5 месяцев.

Сезоннопромерзающий тип отличается положительной среднегодовой температурой почвенного профиля. Промерзание профиля длится менее 5 месяцев. Подстилающие породы не мерзлые.

Непромерзающий тип характерен для территорий, где промерзание профиля и морозность не проявляются.

Длительно сезоннопромерзающий и сезоннопромерзающий типы температурного режима почв свойственны большей части территории России.

Возможно регулирование теплового режима почв агротехническими, мелиоративными и лесомелиоративными приемами с учетом почвенно-климатических и погодных условий.

Контрольные вопросы

1. Назовите первичные и вторичные минералы, входящие в состав почвы.
2. Что такое гранулометрический состав почв? От чего он зависит?
3. Перечислите основные источники органического вещества в почве.
4. Что такое гумус? Дайте характеристику состава и свойств гумуса.
5. Назовите химические элементы, входящие в состав почвы.
6. Формы содержания азота, фосфора и калия в почвах и их доступность растениям.
7. Перечислите и охарактеризуйте воздушные свойства почвы.
8. Назовите формы воды в почве.
9. Перечислите основные водные свойства почвы.
10. Дайте характеристику типам водного режима почв.
11. Назовите группы живых организмов, присутствующих в почве.
12. Перечислите виды поглотительной способности почв.
13. Дайте определение кислотности и щелочности почв.
14. Назовите виды кислотности и щелочности почв.
15. Дайте определение общим физическим свойствам почв.
16. Перечислите физико-механические свойства почвы.
17. Что такое структура почвы?
18. Назовите тепловые свойства почвы и дайте им характеристику.
19. Что такое тепловой режим почв?
20. Приемы регулирования теплового режима почв.

4. Плодородие почв

4.1. Понятие о плодородии почв

Плодородие почв в силу своих жизненно важных функций выступает как агрономическая, социальная, экономическая, философская и экологическая категории.

В древние времена почвенное плодородие одухотворяли и обожествляли. В настоящее время объективно плодородие почвы представляет собой весьма емкую системную категорию, которая определяется результатом взаимодействия многих условий и не может быть обозначена каким-то универсальным показателем.

Способность почвы оказывать влияние на продуктивность фитоценозов сопряжена с целым рядом факторов: климатических, гидрологических, фитосанитарных, агротехнологических. Перечисленные факторы тесно связаны между собой.

В процессе почвообразования происходит накопление гумуса и других сложных органических соединений. Почвы обогащаются также биогенными вторичными алюмосиликатными и силикатными минералами, биофильными элементами и, таким образом, приобретают специфическое свойство – плодородие.

В почвах постоянно аккумулируются, одновременно закрепляются и переходят в подвижное состояние химические элементы. Важнейшая особенность почвы, основа ее плодородия – избирательное накопление необходимых элементов в почвенных слоях, которое возможно только при участии живых организмов и, главным образом, растений. Их корни поглощают эти элементы из пород. Растения, накапливая в своем веществе элементы-биофилы, затем передают их почвенному гумусу и другим соединениям, тем самым улучшая среду своего обитания. Почвы закрепляют химические элементы и становятся начальным звеном последующего усвоения и миграции этих элементов по цепям питания многих групп организмов. Но в конце концов они снова приходят к почве.

Неоднородность биоклиматических условий в сочетании с геоморфологическим разнообразием поверхности Земли определяет сложное переплетение жизненных процессов и явлений физического, химического и иного преобразования литосферы, формируют широкое разнообразие почв, часто резко контрастных

по своему строению и качествам. Но все почвы объединяет общее свойство – плодородие.

Плодородие – это способность почвы удовлетворять потребности конкретных растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы воздухом и теплом. Питание, вода, воздух, тепло – главнейшие слагаемые плодородия почв.

Плодородие почвы определяется совокупностью ее свойств и режимов, всем комплексом экологических условий, на фоне которых развивается почва.

В многогранном понятии плодородия каждая его составляющая важна и незаменима. В сложнейшей цепи круговорота и превращения материи выделяется группа специфических органических соединений почвы – ее гумус. Специфических потому, что они присущи в природе только почвам. От возникновения гумуса, его существования и исчезновения (минерализации) зависит плодородие почв.

Плодородие почвы соотносится с ее функциями. Таковыми являются производительные, экологические и социально-экономические.

Под производительными функциями понимают способность почвы обеспечивать растения непосредственными факторами жизни, т.е. элементами питания и водой.

Возможности интенсификации производительных функций определяются экологической емкостью почв, способностью поддерживать определенные фитосанитарные условия, противостоять накоплению токсинов, удерживать их в неактивном состоянии, обеспечивать их разложение, буферной способностью по отношению к минеральным удобрениям и мелиорантам и предотвращению их потерь, способностью противостоять физическим нагрузкам, воздействию орошения и т.д.

Экологические функции связаны с поддержанием определенных условий среды, от которых зависит рост и развитие растений.

Влияние экологических функций на производительную функцию почв может быть количественным или качественным, или и тем и другим. Например, загрязнение почв тяжелыми металлами и радионуклидами до определенного предела может не оказывать влияние на урожайность (продуктивность), но оно способно отражаться на качестве продукции, а при высоких уровнях загрязнения и на урожайность (продуктивность).

Социально-экологических аспект почвенного плодородия связан с экономическими и энергетическими затратами на производство продукции, которые различаются в зависимости от почвенных и других условий ландшафта.

Таким образом, плодородие почвы включает ряд перечисленных функций и соответственно предпосылки для обеспечения экологически устойчивой продуктивности биогеоценозов и агроценозов.

Экологическая мера плодородия почв – среднегодовая первичная продукция всей биомассы биогеоценоза. В потребительском (хозяйственном) отношении эта мера – урожайность растений. Она дополняется качественными показателями продукции, энергетическими и экономическими затратами на ее получение.

Экологическая сторона почвенного плодородия, способность почвы противостоять деградации и самовоспроизводство почвы не менее важны, чем способность ее обеспечивать продуктивность.

4.2. Виды и формы плодородия почв. Воспроизводство почвенного плодородия

Плодородие – основное специфическое свойство почвы, качественно отличающее ее от исходной (материнской) горной породы.

Различные растения предъявляют неодинаковые требования к почвенным условиям. Различают следующие виды плодородия: естественное и естественно-антропогенное.

Естественным называют плодородие, которым обладает почва в природном состоянии без вмешательства человека. Оно формируется в результате природного почвообразовательного процесса. В чистом виде оно присуще естественным экосистемам и характеризуется продуктивностью произрастающих на почве фитоценозов.

Естественно-антропогенное плодородие – это вовлечение почв в сельскохозяйственное производство, приводящее к трансформации естественного почвенного процесса. При обработке почвы, внесении удобрений, возделывании культурных растений, мелиорации и т.п. изменяются сложившиеся потоки вещества и энергии, что отражается на направленности и интенсивности

элементарных почвенных процессов, режимах и свойствах почв. Таким образом, почвы приобретают плодородие, формирующееся в результате взаимодействия природного почвообразовательного процесса и целенаправленной человеческой деятельности. Плодородие этой категории характерно для почв агроценозов.

Искусственное плодородие формируется в результате деятельности человека путем определенной комбинации факторов плодородия. В чистом виде оно проявляется в субстратах, приготовленных для выращивания растений в оранжереях, теплицах, парниках и т.п., а также в искусственных почвах, и в почвах (рекультивированных) на месте разработок полезных ископаемых.

Каждый вид почвенного плодородия имеет две формы: потенциальное и эффективное (экономическое).

Потенциальное плодородие – это плодородие почвы, определяемое ее свойствами, как приобретенными в процессе почвообразования, так и созданными или измененными человеком. Оно характеризуется общими запасами элементов питания растений, формами их соединений и сложным взаимодействием всех других свойств, определяющих способность почвы в благоприятных условиях удовлетворять потребности растений.

Высокое потенциальное плодородие имеют, например, болотные торфяные почвы низинного типа, которые обладают значительными запасами элементов питания и способны после осушительных мелиораций обеспечить высокий урожай. Низкое потенциальное плодородие характерно для подзолистых почв и песчаных разновидностей почв других типов.

Эффективное (экономическое) плодородие представляет собой ту часть плодородия, которая непосредственно обеспечивает продуктивность растений, т.е. это результат реализации потенциального плодородия.

В агроценозах эффективное плодородие, реализуемое в виде урожая сельскохозяйственных культур, обусловлено не только естественным плодородием почв и климатическими условиями, но и уровнем интенсификации сельскохозяйственного производства, организационными факторами, социально-экономическими отношениями.

Экономическое плодородие представляет собой эффективное плодородие, выраженное в стоимостных показателях, учитывающих стоимость урожая и затраты на его получение.

Плодородие носит относительный характер по отношению к определенному виду растений, растительной ассоциации или группе видов, так как требования отдельных видов или групп культур к почвенным условиям могут существенно различаться.

В процессе почвообразования происходит постепенное накопление органического вещества в почве и возрастание ее естественного плодородия.

От плодородия почв зависит проявление главного фактора почвообразования – развитие почвенной биоты, и прежде всего высшей растительности и микроорганизмов.

Плодородие тесно связано с процессами превращения аккумуляции и передачи веществ и энергии, что является причиной количественных и качественных изменений факторов и условий плодородия.

Эти изменения могут протекать как в благоприятном направлении для развития плодородия и приводить к его повышению (накопление элементов питания, переход их в более доступные для растений формы, улучшение структуры и т.д.), так и в неблагоприятном, что приводит к снижению плодородия (вынос элементов питания, закрепление их в труднодоступных формах, разрушение структуры и т.д.).

Изменение свойств почвы в течение какого-либо периода могут привести также и к относительно исходному уровню плодородия. Следовательно, за определенный период времени изменение плодородия может проявляться в виде неполного, простого и расширенного его воспроизводства.

Формирование плодородия почвы ниже первоначального уровня означает *неполное воспроизводство* почвенного плодородия, возвращение почвенного плодородия к исходному уровню – *простое воспроизводство* плодородия. Создание почвенного плодородия выше исходного уровня представляет собой *расширенное воспроизводство* плодородия.

Воспроизводство почвенного плодородия – объективный закон почвообразования, присущий всем формам его проявления. При развитии природного процесса почвообразования воспроизводство плодородия по неполному, простому и расширенному типу определяется развитием конкретных почвообразовательных процессов или их сочетанием.

В условиях современного использования почв воспроизводство их плодородия протекает под влиянием естественных факторов и различных приемов воздействия человека на почву.

Воспроизводство плодородия почвы осуществляется по двум направлениям:

- применение органических и минеральных удобрений, мелиорантов, пестицидов и других веществ,
- введение севооборота, промежуточных и сидеральных культур, различных приемов обработки почвы и др.

Первое направление оказывает наиболее сильное, многообразное и длительное воздействие на плодородие почвы, а второе основано на концентрации внутренних ресурсов почвы и действует краткосрочно.

Для большинства типов почв комплексным показателем плодородия является содержание органического вещества и его качественное состояние. Во избежание начала деградации почв обязательным условием должно стать поддержание в ней такого количества органического вещества, при котором бы не ухудшалась структура почвы, не уменьшалась обеспеченность элементами питания и не наблюдалось почвоутомление.

4.3. Плодородие почв и продуктивность биогеоценозов

Свойства почвы не всегда совпадают с продуктивностью природных растительных сообществ. Часто наблюдаются явные противоречия: крайне бедные, промытые выщелоченные почвы служат субстратом для экстрапродуктивных биогеоценозов. Например, постоянно влажные дождевые тропические леса на красных и желтых аллитных (ферраллитных) почвах. Гилеи по обилию биомассы и количеству растительного опада намного превосходят все природные растительные сообщества. Почвы же, на которых развиваются гилеи, настолько бедны элементами питания, что при вовлечении их в сельскохозяйственное производство могут обеспечить получение удовлетворительного урожая.

В результате по отношению к различным видам растений и растительных ассоциаций формируются разные уровни и характер плодородия. Соответственно одна и та же почва может быть плодородна для одних растений и малоплодородна для других.

Например, кислые малогумусные подзолистые почвы таежной зоны, крайне бедные для полевых культур, весьма плодородны для лесной растительности. Сущность адаптации лесной растительности заключается в накоплении и удержании органических элементов не в минеральной части почвы, из которой идет вымывание, а в живом веществе леса и лесной подстилке (биомассе).

Биологический круговорот элементов в лесах приближается к непосредственному обмену между организмами и их отмирающими остатками. Лес способен максимально использовать самые бедные местообитания, проявляя высокую продуктивность. Таким образом, в лесах продуктивность биоценозов не совпадает с плодородием почвы в форме ее обеспеченности элементами питания и органическим веществом.

В отличие от таежной степная растительность приспособлена к почвенному питанию и использованию влаги с большой глубины. Корни степных растений в поисках минерального питания и воды уходят в почву и густо ее пронизывают. В результате формируется гумусовый горизонт. В этом случае продуктивность биоценоза зависит от свойств самой почвы.

Между типично лесными и типично степными биогеоценозами существуют весьма разнообразные формы природных сообществ, в которых в разной степени участвуют в создании биомассы, как сама растительность, так и свойства и богатство почвы.

К таким биогеоценозам со сложным биологическим круговоротом относятся широколиственные леса с серыми и коричневыми лесными почвами, листопадные сезонно-влажные тропические леса и пр.

Понятие плодородия в применении к естественным условиям теряет агрономическое содержание, так как способность удовлетворять потребности растений в элементах питания и воде присуща не только почве, но самому биологическому сообществу.

В ряде случаев эта функция почти полностью переходит к биоценозу, хотя первоосновой накопления элементов в биомассе все же остается почва и ее материнская порода.

Современные растения в значительной мере унаследовали приуроченность их диких предков к определенным экологическим условиям. Поэтому оценка плодородия одной и той же почвы под разные культуры может существенно различаться.

С экологических позиций все растения можно объединить в три группы:

- растения широкого экологического оптимума,
- растения ограниченного экологического оптимума,
- растения узкого экологического оптимума.

Оптимум имеет очень конкретное содержание и подразделяется на биоклиматический и почвенный.

Биоклиматические условия произрастания растений предусматривают отношение их к следующим показателям: температура, холодоустойчивость, морозоустойчивость, жароустойчивость, продолжительность вегетационного периода, необходимость периода покоя, засухоустойчивость, продолжительность светового дня и др.

Почвенный оптимум для растений весьма широк и разнообразен и является основным содержанием учения о плодородии почв. Основные составляющие почвенных условий: мощность корнеобитаемого слоя, pH, гранулометрический состав, наличие почвенной влаги и т.д. Это отдельные частные характеристики почв, которыми обладает любая почва в разном количественном проявлении.

Сочетание факторов плодородия определяет поселение тех или иных видов растений, формирование различных биогеоценозов. В процессе длительного естественного отбора в природных биогеоценозах устанавливается динамическое равновесие, при котором свойства почвы экологически соответствуют биологическим свойствам ее растительного покрова.

Контрольные вопросы

1. Что такое плодородие почвы?
2. Расскажите о видах плодородия почв.
3. Какие требования предъявляются к плодородным почвам?
4. Назовите группы свойств почв, определяющие плодородие.
5. Расскажите об оптимальных параметрах почв. Какими приемами они создаются?
6. Перечислите направления воспроизводства плодородия почв.
7. Приведите примеры взаимосвязи плодородия почв и продуктивности биогеоценозов.

5. Классификация, таксономия и номенклатура почв

5.1. Основные понятия классификации почв

Классификационная проблема в почвоведении особенно сложна и определяется специфичностью почвы как биокосной многокомпонентной системы, являющейся функцией многих факторов почвообразования. Поэтому ключевой вопрос классификации почв – выбор критериев, по которым она осуществляется, их идентификация, оценка значимости, группировка и ранжирование.

Классификационная проблема включает систематику, таксономию, диагностику и номенклатуру.

В настоящее время в мире существует целый ряд различных классификаций почв, разработанных в отдельных странах или международных организациях.

Классификация – это распределение почв на группы по сходным признакам: основным свойствам, происхождению и особенностям плодородия. Она формирует научный язык почвоведения, создавая определенные образы с помощью *номенклатуры* – наименований почв в соответствии с их свойствами и классификационным положением.

Вся почвенная номенклатура по происхождению разделяется на традиционную (народную и стилизованную под таковую) и искусственную.

В настоящее время выделяют следующие современные типы классификационных построений: иерархические соподчиненные классификации – таксономии; реферативные базы.

Иерархические соподчиненные классификации – таксономии отличаются наличием иерархии между классами. Они бывают закрытые и открытые – с жесткой диагностикой или ориентацией на соответствие центральному образу.

Под *систематикой* следует понимать группирование однородных взаимосвязанных объектов по их общим признакам. Систематика является теорией, на основании которой производится группировка однородных взаимосвязанных объектов по их общим признакам.

Таксономия представляет собой систематизацию объектов с установлением их иерархии, является системой с разработанными границами классов, имеющей иерархическую структуру. Это частный случай классификации, которую отличает наличие иерархии таксонов.

Почвы, имеющие определенное сходство и удовлетворяющие определенным классификационным критериям, образуют *таксономические группы*, или *таксоны*.

Таксоны меньшего объема объединяются в классификации почв по принципу близости определенных свойств в более широкие таксоны, те в свою очередь в еще более общие. Таким образом возникают различные таксономические уровни и иерархичность классификаций. Тип таксона, составляющий один таксономический уровень, называется *таксономической единицей*.

Диагностика – это определение принадлежности почв к тому или иному классификационному подразделению по определенной совокупности признаков почв.

При диагностике почв и определении их классификационного положения используют профильный и сравнительно-географический методы, комплексный подход и генетический принцип.

В основе *профильного метода* лежит исследование всех генетических горизонтов, взаимообусловленных и связанных в единое целое.

Комплексный подход заключается в том, что диагностика почв проводится на основе анализа и характеристики морфологических признаков, а также физических, химических, физико-химических, биологических свойств, в комплексе дающих представление о почве как едином природном теле.

Сравнительно-географический метод, в котором сопоставляются почвы различных ареалов, опирается на учение о факторах почвообразования и почвенно-ландшафтные связи.

Достаточно точная, особенно практически ориентированная диагностика на данном этапе развития науки невозможна без учета экологических связей почв с типами растительности, климата, кор выветривания, геохимического ландшафта и др.

Кроме того, режимы почвообразования далеко не всегда явно отражены в консервативных почвенных признаках, выявленных полевыми, морфологическими и лабораторными исследованиями.

Генетический принцип основывается на определении таких генетических параметров, как степень развитости и дифференцированности почвенного профиля, выраженности тех или иных почвенных процессов: засоления, рассоления, осолонцевания, деградации и т.д.

5.1.1. Диагностика и классификация почв СССР 1977 г.

Первая классификация почв была предложена основателем научного почвоведения В. В. Докучаевым в 1886 г., в ее основу было положено происхождение (генезис) почвы и ее тесная взаимосвязь с окружающей средой.

За основную классификационную единицу им был принят генетический тип почвы, поэтому классификацию часто называют генетической. В дальнейшем она совершенствовалась и самим В. В. Докучаевым и его учениками и последователями.

Российская (советская) школа классификации почв характеризуется множеством разнообразных подходов и конкретных классификационных схем. Все они исходят из докучаевских почвенно-генетических концепций, охватывают самые различные аспекты классификационной проблемы и дают основания для создания интегральной классификационной системы, отвечающей научным и практическим задачам.

«Классификация и диагностика почв СССР» (1977) является официально утвержденной и действующей в настоящее время.

В ней систематизировано около 80 типов почв, которые сгруппированы в зонально-экологические группы (таежно-лесные, лесостепные, степные, сухостепные и др.).

Зонально-экологические группы характеризуются типом растительности, суммой активных температур почвы на глубине 20 см, длительностью отрицательных температур на той же глубине и коэффициентом увлажнения.

Внутри зонально-экологических групп почвы разделяются на био-физико-химические группы по био-физико-химическим свойствам (гуматные, фульватные, засоленные и др.) и на ряды по условиям увлажнения (автоморфные, гидроморфные, полугидроморфные, пойменные, аллювиальные).

Основной таксономической единицей классификации является *тип почвы* – группа почв, которая развивается в однотипно

сопряженных биологических, климатических и гидрологических условиях и характеризуется ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами.

Характерные черты почвенного типа определяются:

- однотипностью поступления органических веществ и процессов их превращения и разложения;
- однотипным комплексом процессов разложения минеральной массы и синтеза минеральных и органо-минеральных новообразований;
- однотипным характером миграции и аккумуляции веществ;
- однотипным строением почвенного профиля;
- однотипной направленностью мероприятий по повышению и поддержанию плодородия почв.

В настоящее время к этому необходимо добавить однотипность почвенных режимов. Это определение почвенного типа предполагает, что одновременно с разработкой классификации почв на генетической основе должны проводиться типизация и группировка почвенных свойств и процессов.

Подтипы почв выделяют в пределах типа. Это группы почв, качественно различающиеся по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования и являющиеся переходными ступенями между типами. При выявлении подтипов учитывают процессы, связанные как с подзональной, так и с фациальной сменой природных условий.

Деление на фациальные подтипы проводят с учетом суммы активных температур почвы на глубине 20 см и продолжительности периода отрицательных температур на той же глубине (в месяцах).

Для номенклатурного обозначения фациальных подтипов используют термины, используемые при характеристике температурного режима: теплые, умеренные, холодные, глубокопромерзающие и т.д. Мероприятия по повышению и поддержанию плодородия почв для каждого подтипа более однородны по сравнению с типом.

Роды почв выделяют в пределах подтипа; качественные генетические особенности их определяются влиянием комплекса местных условий: составом почвообразующих пород, химизмом грунтовых вод и т.д., включая и свойства почвообразующего субстрата,

приобретенные в процессе предшествующих фаз выветривания и почвообразования (реликтовые горизонты и признаки древних почвообразований).

Виды почв выделяют в пределах рода, и различаются они по степени развития почвообразовательных процессов (степени подзолистости, глубине и степени гумусированности, степени засоленности и т.д.) и их взаимной сопряженности.

Разновидности почв определяются по гранулометрическому составу верхних почвенных горизонтов и почвообразующих пород.

Разряды почв обуславливаются генетическими свойствами почвообразующих пород (плотные породы, моренные, аллювиальные, покровные и т.д.).

Диагностику высших таксонов классификации проводят на основании качественных признаков профиля и по условиям почвообразования. Количественные критерии используют при оценке климатических условий почвообразования для выделения фациальных подтипов, а также для разделения почв на виды и разновидности.

Основным предметом диагностики является почвенный профиль с более или менее определенным для каждого таксона набором почвенных горизонтов.

В то же время из-за повешенного внимания к факторам почвообразования и классификации, в почвенные типы включают почвы, формирующиеся в сходных условиях, но существенно различающиеся по строению профиля.

При выделении фациальных подтипов учитывают сумму температур воздуха выше 10°С, сумму температур почвы выше 10°С на глубине 20 см и продолжительность периода отрицательных температур почвы на глубине 20 см. Химические критерии чаще используют как дополнительные.

Для выделения некоторых типов и подтипов имеют значение степень насыщенности основаниями и кислотность (например, типы аллювиальных дерновых кислых и аллювиальных дерновых насыщенных почв; подтипы бурых лесных кислых и слабоненасыщенных почв). Содержание гумуса используют как критерий разделения почв на виды.

Диагностика этой классификации может быть охарактеризована как факторно-химико-морфологическая.

Номенклатура классификации сохранена традиционной, берущей начало от работ В. В. Докучаева. В основном она представляет собой набор заимствованных народных названий почв и терминов, под них стилизованных.

Разработана классификация антропогенно-измененных почв. Она придерживается заложенного в классификации принципа эволюционно-генетических рядов почв.

Так, в классификации подзолистых почв выделяют освоенные и окультуренные почвы на уровне естественных подтипов и сильноокультуренные на уровне типов.

Светло-серые лесные освоенные и окультуренные и серые лесные освоенные почвы выделяют на уровне подтипов, также как естественные, в темно-серые лесные освоенные почвы – на уровне вида.

Противоположная ветвь деградированных почв характеризуется разделением почвы по эродированности на слабо-, средне- и сильносмытые. Хотя таксономия этих выделов не разработана, можно выделить слабо- и среднесмытые черноземы на родовом и подтиповом уровнях, а сильносмытые – на типовом. Такого рода процессно-эволюционный подход к классификации антропогенно-измененных почв вполне обоснован и должен совершенствоваться.

В историю развития классификации почв внесено много уточнений, дополнений, установлены более четкие связи между почвами, антропогенные воздействия, которые имеют важное теоретическое значение в познании процесса почвообразования.

Важнейшее значение генетической классификации заключается в решении практических задач рационального использования почв.

5.1.2. Диагностика и классификация почв России 2004 г.

В основе «Классификация и диагностика почв России» (2004) положены принципы генетичности, историчности, воспроизводимости, открытости, изменчивости и стабильности, сочетания объективности и субъективности, иерархичности. На территории России выделяется около 200 типов почв.

Классификация предусматривает выделение восьми таксономических категорий: стволов, отделов, типов, подтипов, родов, видов, разновидностей, разрядов.

Ствол – высшая таксономическая единица, отражающая разделение почв по соотношению процессов почвообразования и накопления осадков.

К стволу *постлитогенных* почв относятся почвы, в которых почвообразование осуществляется на сформировавшейся минеральной почвообразующей породе и существенно не нарушается отложением свежего материала.

В почвах *синлитогенного* ствола почвообразование протекает одновременно с осадконакоплением, что находит отражение в профиле почв (аллювиальные и вулканические почвы).

Ствол *органических* почв объединяет почвы, профиль которых (весь или его большая часть) состоит из торфа различной степени разложения и ботанического состава.

Отдел – группа почв, характеризующаяся единством основных процессов почвообразования, формирующих главные черты почвенного профиля.

В большинстве случаев сходство почв отдела проявляется в специфике средней части профиля (срединные горизонты). Исключение составляют почвы, в которых специфика профиля определяется органическим или гумусовым горизонтом. Большая часть отделов входит в ствол постлитогенных почв (табл. 13).

Таблица 13

Отделы постлитогенных почв

Полнопрофильные почвы (со срединным горизонтом)		Неполнопрофильные почвы (без срединного горизонта)
гумидного климата	субаридного климата	
Текстурно-дифференцированные Альфегумусовые Железисто-метаморфические Структурно-метаморфические Криометаморфические Криотурбированные Глеевые	Аккумулятивно-гумусовые Аккумулятивно-карбонатные малогумусовые Щелочно-глинисто-дифференцированные Галоморфные Гидрометаморфические Палево-метаморфические	Элювиальные Органо-аккумулятивные Литоземы Слаборазвитые
Антропогенно-измененные почвы		
Абраземы Агроабраземы Агроземы Турбированные		

Тип – основная таксономическая единица в пределах отдела, характеризующаяся единой системой основных генетических горизонтов и общностью свойств, обусловленных сходством режимов и процессов почвообразования.

При диагностике типа, как правило, не учитывают почвообразующую породу и горизонты, переходные к ней.

Подтип – таксономическая единица в пределах типа, отличающаяся качественными модификациями основных генетических горизонтов, которые отражают наиболее существенные особенности почвообразовательных процессов и эволюции почв.

Среди подтипов различают:

- *типичные*, соответствующие центральному образу типа;
- *переходные*, отражающие переходы между типами или отделами;
- *процессно-эволюционные*, отражающие специфику миграции и аккумуляции веществ, в связи с особенностями современных почвенных режимов, а также результаты естественной, или антропогенной эволюции почв.

Род – таксономическая единица в пределах подтипа, определяемая степенью насыщенности основаниями почвенного поглощающего комплекса, присутствием в профиле карбонатов, гипса и химизмом засоления.

Вид – таксономическая единица, отражающая количественные показатели степени выраженности признаков, определяющих тип, подтип, а иногда и род почв.

Разновидность – таксономическая единица, отражающая разделение почв по гранулометрическому составу, каменистости и скелетности почвенного профиля (до почвообразующей породы).

В почвах, развитых на неоднородных (слоистых) породах, предлагается выделять 2-3-ярусные гранулометрические разновидности.

Разряд – таксономическая единица, группирующая почвы по характеру почвообразующих и подстилающих пород, а также по мощности мелкоземистого почвенного профиля.

В классификации положение антропогенно-измененных почв обуславливается степенью трансформации почвенного профиля и основывается на присутствии определенных диагностических горизонтов и признаков антропогенного характера.

5.2. Мировая реферативная база почвенных ресурсов (WRB)

Мировая реферативная база почвенных ресурсов (WRB – World Reference Base for Soil Resources) не является классификацией в обычном смысле. Ее основное предназначение – корреляция национальных почвенных классификаций, создание общепонятного языка, некоего почвенного эсперанто, не подменяющего в то же время национальные системы.

WRB должна служить средством общения почвоведов с непочвоведами, которые не одобряют обилие классификаций в почвоведении, в нюансы которых не имеют возможности вникать.

WRB имеет двухуровневую, неиерархическую систему построения.

На первом уровне выделяют 32 реферативные почвенные группы (РПГ). Второй уровень классификационной системы составляют почвенные единицы, выделяемые путем комбинации РПГ с квалификаторами. Разнообразие почв представлено 186 квалификаторами.

По определению квалификаторы отражают свойства почв, сформированных второстепенными почвообразовательными процессами, заметно модифицирующими исходные свойства, влияющие на использование почвы. Каждая реферативная группа имеет собственный набор квалификаторов.

Различают квалификаторы-приставки, которые вставляются перед названием РПГ и квалификаторы-суффиксы – обозначаются в скобках после названия РПГ.

Диагностику почвенных групп и единиц низшего уровня проводят по формальным количественным признакам. Предмет диагностики – почвенный профиль. Гидротермические показатели не учитывают.

Диагностику реферативных почвенных групп осуществляют на основании диагностических горизонтов, диагностических признаков и диагностических сочетаний горизонтов. WRB декларирует, что выделение диагностических горизонтов и свойств проводят с учетом почвенно-генетических процессов и для определения групп используют «первичные», «главные» почвообразовательные процессы.

Номенклатура, используемая для почвенных групп и квалификаторов, в WRB носит компилятивный характер. Некоторые

названия почвенных групп заимствованы из русской почвенной школы (CHERNOZEMS, SOLONCHAKS, SOLONETZ, PODZOLS), другие являются производными от названий почв в национальных почвенных классификациях (GLEYSOLS, KASTANOZEMS, ANDOSOLS), иные прямо заимствованы из Soil Taxonomy США (Histosols, Vertisols), большинство же названий искусственно создано на основе латинских корней (LEPTOSOLS, FLUVISOLS, FERRALSOLS и т. д.).

В некоторых случаях это создает определенное неудобство, так как подзол русской школы не вполне соответствует подзолу WRB, так же как гистосоли американской классификации имеют несколько иные диагностические критерии (и совсем другое подразделение на таксоны низших рангов), чем гистосоли WRB.

Реферативные почвенные группы WRB

ACRISOLS / Акрисоли – почвы, имеющие горизонт аккумуляции малоактивной глины (глины с низкой емкостью катионного обмена) и низкую насыщенность основаниями. Название происходит от лат. *acet* – уксус, очень кислый, в связи с низкой насыщенностью основаниями. Формируются в тропических и субтропических регионах.

ALBELUVISOLS / Альбелювисоли – кислые почвы, содержащие отбеленный горизонт, залегающий на горизонте аккумуляции глины, обычно проникающий в последний в виде языков. Название представляет собой комбинацию квалификатора Albic (почва, имеющая отбеленный горизонт) и названия почвенной группы Luvisols Albic (от лат. *albus* – белый). Одни из самых распространенных почв умеренных областей.

ALISOLS / Алисоли – почвы, имеющие горизонт аккумуляции активной глины (глины с высокой емкостью катионного обмена) и поглощающий комплекс, насыщенный алюминием. Название происходит от лат. *alumen* – алюминий, в связи с высоким содержанием этого элемента. Как и акрисоли, распространены в тропических и субтропических областях; отличаются от последних высокой активностью глины.

ANDOSOLS / Андосоли – молодые почвы на вулканических отложениях. Название – производное от яп. андо: ан – темный, до – почва.

ANTHROSOLS / Антресоли – почвы, генезис которых определяется деятельностью человека. Название происходит от греч. *anthropos* – человек. Встречаются повсеместно в районах высокой плотности и хозяйственной активности населения.

ARENOSOLS / Ареносоли – слаборазвитые песчаные почвы. Название происходит от лат. *arena* – песок. Широко распространены по всему миру.

CALCISOLS / Кальцисоли – почвы с аккумуляцией вторичного карбоната кальция. Название происходит от лат. *calx* – известь. Характерны для областей со средиземноморским и семиаридным субтропическим климатом в обоих полушариях.

CAMBISOLS / Камбисоли – относительно слаборазвитые почвы, в которых почвообразование проявляется преимущественно в изменении окраски и структуры горизонтов. Название происходит от лат. *cambiare* – изменять. Широко распространены на молодых поверхностях умеренных бореальных областей, в горных районах, а также в аридных областях. В тропиках их формирование ограничено распространением голоценовых аллювиальных, делювиальных и других отложений.

CHERNOZEMS / Черноземы – почвы, имеющие мощный, богатый органическим веществом темный поверхностный горизонт и содержащие в нижних горизонтах карбонат кальция. Название заимствовано из русской почвенной школы. Соответствие термина WRB и русского термина неполное: в группу черноземов русской школы попадают не только черноземы, но и лугово-черноземные и луговые почвы. Распространены в степях умеренных областей Евразии и Северной Америки.

CRYOSOLS / Крайосоли – почвы, подстилаемые вечной мерзлотой в пределах 1 м от поверхности. Название происходит от греч. *kraios* – холод. Распространены в арктических, антарктических, субарктических, реже бореальных областях с холодным субгумидным или семиаридным климатом.

DURISOLS / Дурисоли – почвы, имеющие аккумуляции вторичного педогенного опала. Название происходит от лат. *durus* – твердый. Распространены в районах с аридным и семиаридным, реже средиземноморским климатом.

FERRALSOLS / Ферральсоли – мощные, сильно выветрелые почвы, состоящие из химически бедного, но физически прочного материала. Название происходит от лат. *ferrum* – железо и *alumen* –

алюминий. Распространены в гумидных тропиках на древних стабильных поверхностях.

FLUVISOLS / Флювисоли – молодые почвы на современных аллювиальных отложениях: пойменные почвы, почвы маршей и мангров. Типичные признаки флювисолей – слоистость почвообразующей породы и неравномерное убывание содержания органического углерода по профилю. Название происходит от лат. *fluvius* – река. Встречаются на всех континентах в любых климатических условиях. Наиболее распространены в районах с крупными речными дельтами, поймами рек и пологими прибрежными равнинами.

GLEYSOLS / Глейсоли – почвы, периодически или постоянно переувлажненные. Название происходит от народного русского термина «глей», обозначающего переувлажненные почвы. Встречаются на всех континентах, однако наиболее широко представлены в холодных гумидных областях.

GYPSISOLS / Гипсисоли – почвы с аккумуляцией вторичного педогенного гипса. Название происходит от лат. *gypsum* – гипс. Характерны для наиболее аридных областей.

HISTOSOLS / Гистосоли – почвы, состоящие из органических остатков. Название происходит от греч. *histos* – ткань. Половина площади, покрытой этими почвами, приходится на тундровую и северотаежную зоны Евразии и Северной Америки.

KASTANOZEMS / Каштаноземы – почвы, имеющие мощный, богатый органическим веществом темно-коричневый горизонт, под которым залегают горизонты, богатые карбонатом кальция, или гипсом. Название является производным от термина русской почвенной школы «каштановые почвы». Трактовка каштаноземов в WRB несколько шире, чем в русской школе; помимо собственно каштановых почв в эту группу попадают коричневые и серо-коричневые почвы. Распространены на юге России и Украины, в Центральной Монголии, Южной Канаде, в США, Мексике, Северной Аргентине и Парагвае.

LEPTOSOLS / Лептосоли – крайне маломощные почвы, подстилаемые плотной породой или рыхлым каменисто-гравийным материалом. Термин введен еще в легенду Почвенной карты мира в 1988 г., объединяет рендзины, ранкеры и литосоли. Название происходит от греч. *leptos* – тонкий. Встречаются повсеместно на

молодых поверхностях, особенно широко распространены в горных районах, а также в пустынях Сахара и Аравийской.

LIXISOLS / Ликсисоли – почвы, содержащие горизонт аккумуляции малоактивной глины с низкой емкостью катионного обмена и высокой насыщенностью основаниями. Название происходит от лат. *lixivia* – промывание. Эти почвы встречаются преимущественно в районах с тропическим, субтропическим и теплым умеренным климатом с выраженным засушливым сезоном. Формируются на плейстоценовых и более древних поверхностях. Большая часть ликсисолей зафиксирована в Африке, Южной и Центральной Америке.

LUVISOLS / Лювисоли – почвы, имеющие горизонт аккумуляции активной глины с высокой емкостью катионного обмена и высокой насыщенностью основаниями. Название происходит от лат. *luere* – промывать. Широко распространены в районах с умеренным гумидным и субгумидным, реже субтропическим климатом.

NITISOLS / Нитисоли – мощные темно-красные, бурые или желтые глинистые почвы, имеющие ясно выраженную ореховатую структуру с блестящими поверхностями педов. Название происходит от лат. *nitidus* – блестящий. Встречаются главным образом в Восточной Африке, а также на юге Бразилии, в Центральной Америке, на Кубе и в Юго-Восточной Азии.

PHAEOZEMS / Файоземы – почвы с мощным, богатым органическим веществом темным поверхностным горизонтом и признаками вымывания из профиля карбоната кальция. Название происходит от греч. *phaios* – тусклый.

PLANOSOLS / Планосоли – почвы, имеющие отбеленный, периодически насыщенный влагой горизонт, относительно подстилаемый водоупорным горизонтом. Название происходит от лат. *planus* – плоский, ровный. Встречаются главным образом в теплых районах с отчетливым разделением сухого и влажного сезонов.

PLINTHISOLS / Плинтисоли – переувлажненные почвы, содержащие необратимо затвердевающий горизонт, представляющий собой смесь глины, кварца и соединений железа. Название происходит от греч. *plinthos* – кирпич. Встречаются преимущественно в тропиках, хотя их присутствие отмечается на древних поверхностях в субтропических и умеренных областях.

PODZOLS / Подзолы – кислые почвы, имеющие горизонт красноватого или буроватого до черного цвета, содержащий

иллювиированные соединения алюминия с органическим веществом. В последней версии WRB отсутствуют требования к гранулометрическому составу подзолов. Название заимствовано из русского языка как ставшее международным. Следует иметь в виду, что термин «подзол» WRB не вполне соответствует термину русской школы, а тот, в свою очередь, не идентичен народному названию. Подзолы широко распространены в Скандинавии, на северо-западе России и в Канаде; в тропиках – на молодых отложениях легкого гранулометрического состава.

REGOSOLS / Регосоли – слаборазвитые почвы суглинистого и глинистого гранулометрического состава, формирующиеся на аллювиальных или вулканических отложениях. Название происходит от греч. *rhegos* – покров. Распространены по всему миру, однако не формируют крупных массивов.

SOLONCHAKS / Солончаки – избыточно засоленные почвы. Название заимствовано из русского языка. Широко распространены на всех континентах в аридных и семиаридных областях.

SOLONETZ / Солонцы – почвы, содержащие горизонт аккумуляции глины, поглощающий комплекс которых насыщен натрием. Название заимствовано из русской почвенной школы и практически не встречает разночтений в разных национальных классификациях и WRB.

UMBRISOLS / Умбрисоли – кислые почвы, имеющие мощный, богатый органическим веществом темный поверхностный горизонт. Название происходит от лат. *umbra* – тень. Распространены в холодных, влажных, обычно горных районах. Встречаются практически по всему миру, формируя высотный почвенный пояс во многих горных системах мира.

VERTISOLS / Вертисоли – темноокрашенные глинистые почвы, набухающие при увлажнении и растрескивающиеся при высыхании. Для этих почв диагностическим признаком является наличие сликенсайдов (внутрипочвенных зеркальных поверхностей скольжения) и особого бугристо-западинного микрорельефа гильгай. Как правило, вертисоли характеризуются преобладанием смектитов в составе глины. Название происходит от лат. *vertere* – оборачивать, что связано с самоперемешиванием этих почв в результате разбухания глин. Распространены преимущественно в тропических и субтропических областях, хотя встречаются и в районах с умеренным климатом.

В итоге названия почв в WRB состоят из таксонов двух уровней: реферативная почвенная группа и квалификаторы, куда включены гранулометрический состав и порода, иногда используются субквалификаторы.

Контрольные вопросы

1. На чем была основана первая классификация почв?
2. Цель и задачи классификации почв.
3. Назовите таксономические единицы классификации почв, дайте им характеристику.
4. Каковы основные морфологические и аналитические показатели диагностики почв?
5. Что представляет собой мировая реферативная база почвенных ресурсов?

6. Почвенно-географическое районирование

6.1. Почвенно-географическое районирование России

Наряду с задачей выделения классификационных общностей почв в почвоведении существует задача выделения почвенно-географических общностей, т.е. территорий с более или менее однотипным почвенным покровом.

При этом если в классификационные группы могут входить почвы, пространственно весьма удаленные друг от друга, но отличающиеся сходством своих свойств, то в почвенно-географические выделы могут попадать почвы, весьма разные по свойствам, но объединенные общностью территории и определенным характером пространственного сочетания друг с другом, типичным только для данного района.

Почвенно-географическое районирование заключается в выявлении главных особенностей и связей почвенного покрова с экологическими условиями, выделении однотипных по структуре почвенного покрова территорий в соответствии с зонально-провинциальными условиями и различными сочетаниями факторов почвообразования, определении предпосылок сельскохозяйственного использования почв.

Почвенно-географическое районирование нашей страны постоянно совершенствовалось, и в этом принимали участие ведущие отечественные специалисты: Г. В. Добровольский, Е. Н. Иванова, Н. Н. Розов, В. М. Фридланд и др.

Почвенно-географическое районирование – это разделение территорий на регионы, сходные по составу и структуре почвенного покрова. Оно основывается на анализе почвенных и других специальных карт: геологических, геоморфологических, четвертичных отложений, геоботанических, климатических.

При почвенно-географическим районировании выделяется ряд соподчиненных таксономических территориальных единиц, крупные регионы разделяются последовательно на более мелкие, как, например, иерархический ряд – почвенно-биоклиматический пояс, почвенно-биоклиматическая область, почвенная зона или подзона, почвенная провинция, почвенный округ, почвенный район.

Таксономическая система почвенно-географического районирования в России, отражающая разный уровень организации структур почвенного покрова (рис. 1).

1. Почвенно-биоклиматический пояс
2. Почвенно-биоклиматическая область

Для равнинных территорий	*Для горных территорий*
3. Почвенная зона (подзона)	3. Вертикальная почвенная структура (или горная почвенная провинция)
4. Почвенная провинция	4. Вертикальная почвенная зона
5. Почвенный округ	5. Горный почвенный округ
6. Почвенный район	6. Горный почвенный район

Рис. 1. Таксономическая система почвенно-географического районирования в России

Базовыми единицами районирования являются: на равнинных участках – почвенная зона, в горах – горная почвенная провинция.

Почвенно-биоклиматический пояс – это совокупность почвенных зон и вертикальных почвенных структур (горных почвенных провинций), объединенных сходством радиационных и термических условий. Выделяют: полярный, бореальный, суббореальный, субтропический и тропический почвенно-биоклиматические пояса.

Почвенно-биоклиматическая область – это совокупность почвенных зон и горных почвенных провинций, имеющих не только сходные радиационные и термические условия, но и сходные условия увлажнения и континентальности. По степени континентальности области разделяются на океанические, континентальные и экстраконтинентальные. По степени увлажнения – на гумидные, экстрагумидные (очень влажные), семигумидные (полувлажные), семиаридные (полусухие), аридные (сухие) и экстрааридные (очень сухие).

В число почвенно-биоклиматических областей входят, например, бореальные и суббореальные лесные области, суббореальные степные области, суббореальные, субтропические и тропические области полупустынь и пустынь и др.

Почвенная зона – это ареал одного или нескольких типов почв и сопутствующих им интразональных (внутризональных) почв.

Является основной единицей почвенно-географического районирования.

Совокупность почвенных зон, последовательно сменяющих одна другую в широтном направлении, составляет горизонтальную зональность почв.

На территории России при движении с севера на юг выделяют следующие почвенно-географические зоны: арктическую и субарктическую (тундра), таежно-лесную, лесостепную, черноземно-степную, сухих степей и пустынно-степную (полупустынь).

К интразональным почвам относятся солончаки, солонцы, солоди, болотные почвы, почвы пойм.

Почвенная подзона выделяется в пределах почвенной зоны (не во всех зонах) по теплообеспеченности и увлажнению в меридиональных отрезках почвенных зон.

Почвенная провинция – часть почвенной зоны (подзоны), отличающаяся фациальными особенностями почв (увлажнение и континентальность) в пределах почвенно-биоклиматической области, или с температурными различиями в меридиональных отрезках почвенных зон.

Низшие таксономические единицы почвенно-географического районирования – округа и районы – выделяют по местным литолого-геоморфологическим условиям.

Почвенный округ – это часть почвенной провинции, характеризующаяся определенным типом комбинаций (структурой почвенного покрова), обусловленным особенностями рельефа и почвообразующих пород.

Почвенный район – часть почвенного округа, характеризующаяся одним типом мезоструктуры почвенного покрова. Однотипность структуры почвенного покрова района определяется однотипностью условий почвообразования в его пределах и обеспечивает возможность однотипного хозяйственного использования земельных фондов.

Для горных территорий используют свою таксономию почвенно-географического районирования, ниже почвенно-биоклиматической области: горная провинция (совокупность вертикальных зон конкретной горной территории), вертикальная почвенная зона, горный почвенный округ, горный почвенный район.

При почвенно-географическом районировании почву рассматривают как элемент ландшафта, выявляются

почвенно-ландшафтные связи, определяющие различные почвенные режимы и свойства почв, от которых зависят уровень их плодородия и экологическая устойчивость.

6.2. Уровни организации почвенного покрова

Вся совокупность почв конкретной территории называется ее *почвенным покровом* (ПП). Можно говорить о почвенном покрове Земли, отдельных материков, стран, хозяйств, их отдельных земельных участков и т.д.

Для рационального использования почвенного покрова той или иной территории важно учитывать не только свойства и уровень плодородия каждой почвы участка, но и знать сколькими контурами, какого размера и формы представлена каждая почва на этой территории, т.е. какой рисунок ПП образуют все почвы, его составляющие, насколько близки или различны (контрастны) эти почвы по отношению друг к другу.

Почвенный покров Земли – это многофакторное образование, сложно отражающее в своем строении разнообразные особенности географической среды. Состав, конфигурация и положение относительно друг друга компонентов почвенного покрова характеризуют его структуру.

Структура почвенного покрова определяется пространственным размещением неоднородных почв на небольших территориях, и поэтому она наиболее полно раскрывается при крупномасштабном и детальном почвенном картографировании. Эти неоднородности обуславливаются, главным образом, особенностями рельефа и почвообразующих пород.

Структура почвенного покрова (СПП) – формы пространственных смен элементарных почвенных ареалов, в разной степени генетически связанных между собой и создающих определенный пространственный рисунок.

В настоящее время сформированы представления о *мега-, макро-, мезо-* и *микро-структурах почвенного покрова*, которые образованы территориальными почвенными единицами различной крупности, имеющими протяженность от тысяч километров до десятков метров.

Исходной неделимой единицей почвенного покрова является *элементарный почвенный ареал* (ЭПА) – участок территории, занятый одной конкретной почвой самого низкого таксономического уровня (разряда), ограниченный со всех сторон другими ЭПА или непочвенными образованиями (карьером, водоемом и т.д.). Характеристика ЭПА определяется названием почвы, размерами и формой контура, а также расчлененностью его границ.

Характеристика ЭПА включает следующие показатели:

- классификационное наименование образующей его почвы;
- характеристику морфологии ареала – его площади, формы и характера границ;
- описание связи ареала с факторами почвообразования – биоклиматическими условиями, условиями рельефа и увлажнения, почвообразующими породами, возрастом и историей формирования данной почвы и изменения ее под влиянием деятельности человека.

По размеру различают мелкоконтурные ЭПА (< 1 га), среднеконтурные (1-20 га), крупнокунтурные (> 20 га).

По форме ареалы делятся на округлые, вытянутые и линейные. Для круглых ареалов отношение длины по наибольшей оси к длине по наименьшей оси не превышает 2; для вытянутых оно лежит в пределах 2-5; для линейных – более 5. Границы перехода одного ареала в другие также входят в характеристику ЭПА; они могут быть резкими, ясными и постепенными.

Элементарные почвенные ареалы, сменяя друг друга, образуют почвенные комбинации (ПК), которые и характеризуют СПП конкретной территории.

Важнейшими характеристиками ПК являются их компонентный состав, размер входящих в них ЭПА и степень различия (контрастности) между ними.

Факторы формирования почвенных комбинаций: рельеф, ускоренная водная эрозия, дефляция, аллювиальные и пролювиальные процессы, оползни, карстовые и суффозионные процессы, неоднородность почвообразующих пород, грунтовые воды, пестрота растительного покрова.

Различают шесть классов почвенных комбинаций (табл. 14).

Комплексы – почвенные микрокомбинации с регулярным (через несколько метров или несколько десятков метров) чередо-

ванием мелких пятен контрастно различающихся почв, развитие которых взаимообусловлено.

Таблица 14

Классификация почвенных комбинаций

ПК по размерам	Классы ПК		Преимущественный фактор формирования ПК
	контрастные	неконтрастные	
Микрокомбинации	Комплексы	Пятнистости	Микрорельеф
Мезокомбинации	Сочетания	Вариации	Мезорельеф
Мезо- и макрокомбинации	Мозаики	Ташеты	Смена пород (мозаики), смена пород и растительности (ташеты)

Сочетания – почвенные мезокомбинации, в которых регулярно чередуются довольно крупные (порядка нескольких гектаров и десятков гектаров) ареалы контрастно различающихся почв (типы, подтипы, роды, резко различающиеся разновидности по гранулометрическому составу), имеющие особое хозяйственное значение.

Мозаики представляют собой комбинации контрастных почв, формирование которых связано с пространственными изменениями состава и свойств почвообразующих пород.

Пятнистости – почвенные микрокомбинации с чередованием небольших по площадям пятен неконтрастных почв. Пятнистости по своему строению сходны с комплексами, различия заключаются в слабой контрастности компонентов, образующих пятнистости.

Вариации – мезокомбинации неконтрастных почв, смена элементарного почвенного ареала в которых обусловлена изменением мезорельефа. По своему строению вариации сходны с сочетаниями.

Ташеты представляют собой комбинации, состоящие из неконтрастных почв, их формирование обусловлено пространственной сменой почвообразующих пород или воздействием различных типов растительности.

Сочетания, комплексы и мозаики относятся к контрастным ПК, а вариации, пятнистости и ташеты – к неконтрастным ПК. Часто выделяют переходные почвенные комбинации.

Чем крупнее в почвенной комбинации площади ЭПА, тем они однороднее и благоприятнее СПП. И, наоборот, чем больше (контрастнее) в комбинации отличается одна почва от другой, тем неблагоприятнее СПП. В пятнистостях небольшие размеры ЭПА не играют заметной отрицательной роли, так как составляющие пятнистость почвы близки (неконтрастные) по своим свойствам.

Под сложностью почвенного покрова подразумевается его пестрота, зависящая от размеров почвенных контуров и степени их расчлененности. Контрастность и сложность почвенного покрова определяют степень неоднородности его структуры. Минимальная неоднородность характерна для почв лесостепи, а максимальная – южной тайги на севере и сухих степей на юге.

Контрольные вопросы

1. В форме каких законов проявляются главные закономерности в географии почв? Охарактеризуйте их.
2. Что подразумевают под горизонтальной и вертикальной зональностью почв?
3. Перечислите таксономические единицы почвенно-географического районирования.
4. Что такое структура почвенного покрова?
5. Дайте понятие элементарного почвенного ареала и почвенных комбинаций.

7. Свойства, генезис и география основных типов почв

7.1. Почвы арктической и тундровой зон

Почвы арктической и тундровой зон являются самыми северными почвами России и входят в Полярный пояс.

Арктическая зона (11,6% территории России) включает северные острова Ледовитого океана (Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Новосибирские острова и др.), а также северную оконечность полуострова Таймыр.

Существенной особенностью Арктики является широкое распространение современного оледенения. Ледниками покрыто около 30% площади всех островов.

Суровые климатические условия, вечная мерзлота и разнообразные мерзлотные явления, молодость ландшафтов, недавно освободившихся от ледника или моря, слабое функционирование биоты определяют главные особенности выветривания и почвообразования арктической зоны.

В арктической зоне почвенный покров представлен почвами-пленками и различными слаборазвитыми скелетными неглеевыми почвами, характеризуется комплексностью. В северной части зоны распространены трещиновато-нанополигональные почвенные комплексы, состоящие из арктических, болотно-арктических, карбонатных и засоленных почв. Значительная часть суши занята озерами и выходами горных пород, которые практически лишены растительности и почв.

Арктическая зона представлена полярной пустыней и полупустыней. Зональными являются дерново-арктические полигональные почвы трещин. Встречаются также примитивные почвы полигонов, полярные пустынные солончаковатые, на щебнисто-мелкоземистых отложениях – криогенные структурные почвы.

В «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) выделение арктических почв и криоземов не предусмотрено.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) в арктической зоне выделяют: петроземы, литоземы перегнойные, криоземы, криоземы грубогумусные.

По WRB – Leptic CRYOSOLS, LEPTOSOLS.

Значительная территория в арктической зоны занята *арктическими пустынными* и *арктическими типичными тундровыми почвами*, которые соответствуют петроземам, дерново-грубогумусированным почвам. Гидроморфные почвы представлены типом *болотных арктических почв*.

Арктические пустынные почвы расположены в северной части арктической зоны. Формируются на выровненных участках островов, сложенных мелкоземистыми или щебнисто-мелкоземистыми отложениями, с очень разреженной растительностью.

Арктические типичные тундровые почвы расположены в южной части арктической зоны. Формируются под менее разреженной мохово-разнотравной растительностью, которая в основном приурочена к морозобойным трещинам.

В типе арктические болотные почвы выделяют два подтипа: арктические болотные неглеевые и арктические болотные глеевые.

Арктические болотные неглеевые почвы имеют плохо выраженные генетические горизонты, покрыты мохово-злаковой растительностью. В их формировании большую роль играют мелкозем и щебень, принесенный талой водой. Из-за насыщенности талых вод кислородом оглеение генетических горизонтов не наблюдается.

Арктические болотные глеевые почвы располагаются по пониженным выровненным участкам приморских и притеррасных равнин, в долинах рек, где вода застаивается в течение длительного времени. Оглеение проявляется в нижних горизонтах почвенного профиля.

Криоземы входят в отдел «Криотурбированные почвы», который объединяет почвы, формирующиеся при активном влиянии мерзлотных процессов и не имеющие глеевого горизонта, что объясняется преобладанием окислительных условий при низких температурах.

Включают следующие типы: криоземы, криоземы грубогумусовые, торфяно-криоземы. Встречаются в зоне вечной мерзлоты. Основные подтипы выделяются по особенностям органогенного горизонта, признакам палевого метаморфизма и оглеения.

Биогеоценозы высокоширотной Арктики могут быть вовлечены в хозяйственную деятельность человека как охотничьи угодья и резерваты сохранения и поддержания численности редких видов животных и птиц.

Тундровая зона расположена южнее арктической зоны и простирается широкой полосой вдоль побережья Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Берингова пролива. Тундра – это безлесная территория с мохово-лишайниковым покровом.

В тундровой зоне повсеместно распространена многолетняя мерзлота, которая оказывает значительное влияние на почвообразование и структуру почвенного покрова. Типичным ландшафтом тундровой зоны являются пятнистые тундры. Наличие голых, лишенных растительности пятен связано со всем комплексом биоклиматических условий и является современным динамическим процессом. Пятна постепенно зарастают, однако в результате поверхностных криогенных деформаций постоянно появляются новые.

В субарктической зоне широко развиты процессы солифлюкции, которые ведут к появлению своеобразного микрорельефа – солюфлюкционных террас. В азиатских тундрах развиты термокарстовые явления – вытаивание ископаемого льда с образованием депрессий различной величины, иногда занятых озерами. Для зоны характерны тундровое почвообразование и гумидные кислые Al-Fe-гумусовые и глеевые почвы.

В «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) тундровые глеевые почвы не выделялись.

Согласно «Классификация и диагностика почв России» (2004) тундровые глеевые почвы отнесены к глееземам, глееземам криометаморфическим.

Выделяют три типа глееземов: глееземы, глееземы криометаморфические, торфяно-глееземы. Основные подтипы выделяются по степени разложенности органогенного материала, проявлению признаков поверхностного осветления, криогенного ожелезнения и криотурбации.

По WRB – Turbic CRIOSOLS Reductaquic. Thixotropic.

Тундровые глеевые почвы распространены в подзоне типичной тундры и являются преимущественно компонентами комплексов в ландшафтах пятнисто-бурковатых тундр, встречаются в трещинно-полигональных тундрах.

Формируются преимущественно на породах тяжелого гранулометрического состава (суглинистых, глинистых) под влиянием следующих почвообразовательных процессов:

подстилкообразование, гумусообразование, оглеение, криотурбация, криогенное оструктуривание.

Тундрово-болотные почвы формируются в арктической и мохово-кустарничковой тундре, занимая локальные мезо- и микропонижения, образуя комбинации с глееземами и торфяно-глеевыми почвами.

Они формируются на породах различного гранулометрического состава и генезиса. Основные почвообразовательные процессы: подстилкообразование, торфообразование, оглеение, криотурбация. Могут образовывать основной фон почвенного покрова, но чаще входят в состав многочисленных комплексов, характерных для различных типов мерзлотного микрорельефа.

В «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) тундрово-болотные почвы не выделялись.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) их относят к торфяно-глееземам / торфяным олиготоровным почвам.

По WRB – Hislic CRIOSOLS.

Земледелие в тундре носит очаговый характер, важное сельскохозяйственное значение имеет оленеводство.

7.2. Почвы таежно-лесной зоны

В составе почвенного покрова таежно-лесной зоны (41,0% территории России) в основном встречаются следующие типы почв: подзолистые и глееподзолистые, дерново-подзолистые, мерзлотно-таежные, болотные, болотно-подзолистые.

Подзолистые почвы формируются на равнинах и в горах преимущественно на суглинистых породах различного генезиса (моренных, покровных суглинках и др.) под хвойными среднетаежными мохово-кустарничковыми лесами в условиях хорошего дренажа и промывного водного режима.

Образование почвенного профиля подзолистых почв связано с развитием процессов оподзоливания, эллювиально-глеевого процесса и лессиважа. В результате иллювиальных процессов под лесной подстилкой обособляется подзолистый горизонт, который является диагностическим признаком данного типа почв.

Этот горизонт имеет специфические морфологические, физические и физико-химические свойства. Вследствие относительного

накопления остаточного кремнезема, своеобразный цвет белесоватый, светло-серый, напоминающий цвет печной золы, откуда и пошло название почв.

Важную роль в подзолообразовании выполняет лесная подстилка из опавших ветвей, хвои, листьев. Она рыхлая, легко пропускает через себя влагу в глубину, но препятствует испарению. Древесные растения и их опад пропитаны дубильными веществами, поэтому она имеет кислые свойства. В результате разложения лесной подстилки образуются фульвокислоты, которые являются важнейшим фактором подзолообразования.

Важнейшие необходимые условия для проявления подзолистого процесса почвообразования:

- систематическое образование и воздействие на минеральную часть почвы кислых органических соединений;
- наличие нисходящего тока воды, обеспечивающего вынос растворимых продуктов разрушения почвенных минералов.

Возможность создания таких условий наиболее благоприятно складывается под пологом леса. Гидротермические условия разложения опада (постоянная влажность, относительно пониженные температуры), химический состав опада и кислая реакция среды определяют преимущественно грибной процесс разложения.

Кроме того, лес существенно влияет на водный режим занимаемой территории:

- способствует накоплению влаги в почве за счет зимних осадков;
- защищает снег от выдувания;
- способствует более продолжительному сохранению снежного покрова, меньшему промерзанию почвы, быстрому оттаиванию весной.

В типе подзолистых почв в соответствии с «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) выделяют три подзональных подтипа: глееподзолистые, подзолистые, дерново-подзолистые.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) они выделяются на правах типа в отделе «Текстурно-дифференцированные почвы».

По WRB – Haplic ALBELUVISOLS.

Все подзолистые почвы промыты от растворимых солей и карбонатов. Для них характерно повышенное содержание подвижного железа, алюминия и марганца, часто в количествах,

токсичных для сельскохозяйственных культур. Они обеднены гумусом (2-4%) и элементами питания для растений.

Подзолистые почвы имеют повышенную обменную кислотность, обусловленную водородом и алюминием. Эти почвы бесструктурные, их плотность заметно увеличивается при переходе от верхних горизонтов к нижним.

Глееподзолистые почвы сохраняют признаки подзолистых почв, но характеризуются отчетливо выраженным оглеением верхней части профиля, образованием торфяной подстилки и отсутствием гумусового горизонта.

Они формируются под северо-таежными редкостойными хвойными и смешанными лесами с мохово- и лишайниково-кустарничковым напочвенным покровом.

Глееподзолистые почвы приурочены к самым «сухим» позициям среди подзолисто-болотных и болотных почв.

Основные почвообразовательные процессы: подстилкообразование, кислотный гидролиз минералов, элювиально-глеевый процесс, лессиваж.

В соответствии с «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) геeподзолистые почвы являются подтипом в типе подзолистых почв.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) они входят в отдел «Текстурно-дифференцированных почв», тип подзолистые почвы, подтип глееподзолистые.

По WRB – Staqnic ALBELUVISOLS.

Глееподзолистые почвы характеризуются кислой реакцией среды, ненасыщенностью основаниями, низким содержанием гумуса (2-4%), повышенным содержанием несиликатного железа в верхней части профиля.

Отличаются неблагоприятными свойствами и считаются низкопродуктивными. При освоении требуют глубокого рыхления, регулярного внесения органических и минеральных удобрений, известкования, тепловых мелиораций.

Дерново-подзолистые почвы формируются в равнинных и горных областях южной зоны таежно-лесной области под хвойно-лиственными и хвойно-широколиственными мохово-травянистыми и травянистыми лесами на суглинистых породах различного генезиса в результате подзолистого и дернового процессов почвообразования.

В верхней части профиля они имеют гумусо-элювиальный (дерновый) горизонт, образовавшийся в результате дернового процесса, ниже – подзолистый горизонт, сформировавшийся под влиянием подзолистого процесса. Их формирование может происходить при сведении леса, когда на его месте возникают суходольные луга.

В дерново-подзолистых почвах имеет место и процесс лессиважа, а в поверхностно-оглееных почвах – эллювиально-глеевый процесс. Их свойства значительно варьируют в зависимости от гранулометрического, химического и минералогического состава почвообразующих пород.

В связи с повышенной зольностью травянистых растений и опада широколиственных лесов снижается кислотность продуктов гумификации, а сам процесс приводит к образованию не только фульвокислот, но и гуминовых кислот.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) дерново-подзолистые почвы выделяются на правах подтипа в типе подзолистых почв.

В «Классификация и диагностика почв России» (2004) они выделяются как тип дерново-подзолистых почв в отделе «Текстурно-дифференцированные почвы».

По WRB – Umbric ALBELUVISOLS.

Дерново-подзолистые почвы по всему профилю имеют сильнокислую или кислую реакцию среды. Содержание гумуса невысокое (1,5-6,0%), в составе гумуса преобладают фульвокислоты. Почвенно-поглощающий комплекс не насыщен основаниями, в составе поглощенных катионов присутствуют водород и алюминий.

Дерново-подзолистые почвы бедны соединениями азота, фосфора и калия, обладают высокой влагообеспеченностью, наличием хотя и маломощного, но четко выраженного гумусового горизонта.

Мерзлотно-таежные почвы формируются в равнинных и горных районах мерзлотной области Средней и восточной Сибири под средне- и северотаежными кустарничково-лишайниково-моховыми лиственничными лесами на суглинисто-глинистых и щебнисто-суглинистых отложениях различного состава в условиях холодного резко континентального гумидного, семигумидного и семиаридного климата.

В мерзлотно-таежных почвах зимнее промерзание обязательно смыкается с многолетней мерзлотой. Почвы характеризуются холодным профилем и в течение 7-8 месяцев в году имеют отрицательную температуру.

Низкие температуры почвенного профиля в вегетационный период затрудняют поглощение питательных веществ растениями, замедляют их рост и развитие, тормозят разложение растительных остатков. Все это ослабляет биологический круговорот веществ и приводит к образованию лесной подстилки.

На поверхности часто выражен пучинно-бугорковатый или рещиннно-полигональный микрорельеф. Встречаются как глеевые, так и неглеевые (криоземы) разности, между которыми существует ряд переходов.

Основные почвообразовательные процессы: подстилкообразование, грубогумусово-аккумулятивный процесс, криотурбация, криогенное оструктуривание, возможно слабое оглеение.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) мерзлотно-таежные почвы отсутствуют.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) они выделяются в отделе «Криотурбированные почвы», тип криоземы грубо-гумусовые и тип торфяно-криоземы.

По WRB – Turby-Cambic CRRYOSOLS.

Мерзлотно-таежные почвы обычно имеют кислую или сильнокислую реакцию в верхних горизонтах и слабокислую или нейтральную – в нижней части профиля. Степень насыщенности основаниями изменяется от 30-50% в верхнем органоминеральном горизонте до 80-100% в нижней части профиля.

В мерзлотно-таежных почвах слабо выражено гумусообразование. Они бедны зольными элементами, азотом и фосфором. Отличаются слабой биологической активностью и низким плодородием для сельскохозяйственных растений.

Болотные почвы широко распространены на земном шаре в разных природных зонах, но главные их площади сосредоточены в тундре и бореальном поясе на огромной водно-аккумулятивной Западно-Сибирской низменности.

Современное болотообразование охватывает всю эпоху голоцена и продолжается в настоящее время. Образование болотных почв может происходить в результате заболачивания водоемов и суши.

Болотные почвы формируются в результате болотного почвообразовательного процесса. При сочетании с другими процессами он может приводить к образованию большого разнообразия полугидроморфных почв.

С появлением избыточного увлажнения устанавливается анаэробиозис, приводящий к неразрывному единству в своем развитии двух элементарных процессов: торфонакопление и оглеение, которые и составляют в своей совокупности болотный почвообразовательный процесс.

Торфяные и торфяно-глеевые болотные верховые почвы приурочены к водораздельным пространствам и террасам с небольшими уклонами и слаборасчлененной поверхностью. Они развиваются в условиях застойного увлажнения под воздействием пресных или очень слабо минерализованных вод атмосферных осадков без влияния грунтовых вод. Подстилающие тор минеральные породы могут быть самого разнообразного генезиса.

Растительный покров характеризуется господством сфагновых мхов, вересковых кустарничков, голубики, клюквы, морошки, кассандры, подбела, пушиц, росянок и некоторых видов осок. Древесные породы, в основном сосна, произрастают на верховых болотах в угнетенном состоянии или образуют особые болотные экологические формы.

Основные почвообразовательные процессы: торфообразование, оглеение (в торфяно-глеевых почвах).

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) почва выделяется как тип торфяные болотные верховые. По степени развития почвообразования различают два подтипа болотных верховых почв: болотные торфяно-глеевые и болотные верховые торфяные. Болотный торфяно-глеевый подтип формируется в более пониженных частях водораздела или по окраинам верховых болот.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) почвы относятся к торфяным олиготрофным, торфяно-глееземам.

По WRB – Cryic. Fibric. Ombric HISTOSOLS. Histic GLEYSOLS Distric.

Верховые болота характеризуются органогенным горизонтом с невысокой зольность (2-5%), торф преимущественно слабой степени разложения, реакция среды сильнокислая. Органическое вещество представлено преимущественно целлюлозой, гемицеллюлозой, лигнином, воскосмолами, слабогумифицировано,

гумусовые вещества составляют 10-15% общего углерода, преобладают фульвокислоты.

Торф верховых болот характеризуется высокой емкостью поглощения и низкой степенью насыщенности основаниями. Плотность торфяных горизонтов низкая, высокая влагоемкость, слабая водопроницаемость и теплоемкость. Слабая теплопроводность торфяных горизонтов определяет неглубокое промерзание болотных почв в холодный период и очень медленное их оттаивание.

Большое биоценологическое значение имеет верхний торфяной слой (его мощность изменяется от 10 до 70 см) через него происходит водообмен болота с атмосферой, здесь сосредоточены живые корни растений и почвенные животные.

Верховые болота являются источником пищевого и лекарственного сырья дикорастущих растений: голубики, клюквы, морошки, багульника и др. Верховой торф используется в топливной и химической промышленности, однако его добыча требует обоснованного с эколого-экономических позиций подхода.

Торфяные и торфяно-глеевые болотные низинные и переходные почвы распространены во всех природных зонах Российской Федерации. Формирование почв происходит под влиянием избыточного увлажнения минерализованными грунтовыми водами.

На торфяных и торфяно-глеевых почвах низинных и переходных болот произрастает эвтрофная влаголюбивая растительность. На переходных болотах наряду с эвтрофными возможно поселение и олиготрофных растений, свойственных в большей мере верховым болотам. Низинные и переходные болота характеризуются высоким биологическим разнообразием. Здесь произрастают древесные виды (береза, ель, сосна кедровая, сосна обыкновенная, пихта, лиственница, ольха, ивы); травянистые растения (тростник, вейники, хвощи, папоротники, вахта, осоки, пушицы, шейхцерия); мхи (сфагновые и гипновые).

Основные почвообразовательные процессы: торфообразование, оглеение (в торфяно-глеевых почвах).

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) почва выделяется как самостоятельный тип – торфяная болотная низинная.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) почвы выделяются в отделе «Торфяные», тип торфяные эутрофные.

По WRB – Rheic. Hemic. Sapric HISTOSOLS. Histic Gleysols.

Торфяные и торфяно-глеевые почвы низинных и переходных болот имеют слабокислую или нейтральную реакцию среды, насыщены основаниями, обладают высокой влагоемкостью, низкой плотностью торфяных горизонтов.

Низинный торф является источником сырья для изготовления органических удобрений, однако важно учитывать, что водно-болотные угодья имеют большое природоохранное значение, поэтому землепользование этих территорий должно быть экологически обосновано и базироваться на поддержании баланса между потребностями человека и сохранением природной среды болот.

Болотные массивы необходимо рассматривать как уникальные экосистемы, большая часть которых должна быть сохранена в природном состоянии.

Болотно-подзолистые почвы распространены преимущественно в зонах северной и средней тайги на слабодренированных территориях (плоские равнины и неглубокие понижения), которые характеризуются временным застоем поверхностных вод (верховодки).

Встречаются в таежно-лесной области среди подзолистых почв на плоских слабодренированных поверхностях равнин или неглубоких понижениях. Формируются почвы под заболоченными хвойными лесами, при временном переувлажнении поверхностными или мягкими грунтовыми водами. Они относятся к полугидроморфным почвам.

В них отчетливо проявляются признаки относительно устойчивого сезонного переувлажнения в виде оглееных прожилок, пятен или даже глеевых горизонтов, а на поверхности почвы накапливаются полуразложившиеся растительные остатки в виде подстилочно-торфяного горизонта, мощностью до 10 см, или торфяного горизонта, мощностью до 30 см. Эти признаки сочетаются с отчетливой оподзоленностью.

Основные почвообразовательные процессы: подстилкообразование, торфообразование, подзолообразование, лессиваж, сегрегация, оглеение.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) болотно-подзолистые почвы выделяются на правах самостоятельного типа – тип болотно-подзолистые почвы.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) – почвы выделяются в отделе «Текстурно-дифференцированные почвы», тип подзолисто-глеевые.

По WRB – Gleyic, Histy-Gleyic ALBELUVISOLS.

Болотно-подзолистые почвы характеризуются кислой и очень килой реакцией, низкой степенью насыщенности основаниями верхней части профиля и заметным повышением ее в породе. Характерно постепенное уменьшение содержания гумуса с глубиной.

Отличаются от смежных типов подзолистых и болотных почвы следующими признаками:

- от подзолистых почв – наличием устойчивых признаков глеевых процессов (сизые и ржавые пятна), которые в зависимости от подтипа могут нести признаки оглеения как в верхних, так и в нижних генетических горизонтах;
- от болотных почв – наличием подзолистого горизонта и меньшей степень оглеения минеральной части.

Болотно-подзолистые почвы нуждаются в регулировании водного и теплового режима, а также внесении комплекса удобрений и известковании.

7.3. Почвы лесостепной и степной зон

Лесостепь (занимает 7,5% территории России) представляет собой зону, переходную от влажного климата таежно-лесной зоны к засушливому климату степей.

К зональным почвам лесостепи относятся серые лесные почвы, серые лесные глеевые почвы, черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные.

Серые лесные почвы формируются в южной части лесной зоны и лесостепи под травянистыми широколиственными лесами в Европейской части РФ и мелколиственными лесами в Сибири на глинистых и суглинистых отложениях различного генезиса преимущественно лессовидных, как карбонатных, так и бескарбонатных, а также в южных горных системах (Северный Кавказ, Южный Урал, Алтай, Забайкалье).

Основные почвообразовательные процессы: подстилкообразование, дерновый (гумусово-аккумулятивный), подзолистый, лессиваж, декарбонатизация (не обязательный).

По вопросу о генезисе серых лесных почв к настоящему времени сложились две точки зрения: одна, высказанная еще В. В. Докучаевым, признает за серыми лесными почвами изначальную самостоятельность происхождения (в результате своеобразного процесса почвообразования под травянистыми широколиственными лесами), другая рассматривает их как различные переходные стадии (либо черноземов в дерново-подзолистые почвы, либо дерново-подзолистых почв в черноземы).

В соответствии с таксономическими выделами «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) в типе серые лесные почвы выделяют три подтипа: светло-серые лесные, серые лесные, темно-серые лесные.

Согласно «Классификация и диагностика почв России» (2004) в отделе «Текстурно-дифференцированные почвы» выделяют два самостоятельных типа: серые и темно-серые. Светло-серые включены в тип дерново-подзолистых почв.

По WRB – Albic LUVISOLS. Grey-Luvic PHAEOZEMS.

По совокупности свойств светло-серые лесные почвы ближе к дерново-подзолистым почвам, а темно-серые лесные к черноземам оподзоленным. Эта двойственность выражается не только в свойствах, но и в географии серых лесных почв.

При движении с запада на восток в связи с нарастанием суровости и континентальности климата ослабляется энергия превращения органических веществ в почве, сокращается период их активного разрушения. Поэтому в том же направлении в серых лесных почвах увеличивается содержание гумуса, уменьшается мощность гумусового профиля, ослабляются признаки оподзоливания и увеличивается доля черноземов в составе почвенного покрова территории. Отмеченные признаки являются фациальной особенностью серых лесных почв.

Серые лесные глеевые почвы встречаются среди массивов серых лесных почв, на участках с повышенным увлажнением (в западинах, на шлейфах склонов, на слабодренированных плоских вороразделах), под переувлажненными лесами или влажными вторичными лугами.

В почвенном профиле серых лесных глеевых почв присутствуют охристые и сизоватые пятна марганцовисто-железистых конкреций или примазок.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) относятся к типу серые лесные глеевые.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) – выделяется тип темно-серых лесных глеевых почв.

По WRB – Albi-Gleyic LUVISOLS.

По сравнению с серыми лесными почвами характеризуются большей мощностью гумусового горизонта с большим содержанием в нем гумуса.

Зона серых лесных почв – важный земледельческий район страны. Положительными качествами почвы считаются достаточное влагообеспечение и содержание подвижных элементов минерального питания растений. Лимитирующим фактором плодородия почв на обширных территориях зоны является активное развитие процессов водной эрозии.

Черноземные почвы занимают 6,03% территории России и расположены от южной окраины Московской области на севере до Краснодара и Кубани на юге и от западных окраин Курской и Белгородской областей на западе до Новосибирска на востоке и далее отдельными массивами до Забайкалья.

Благодаря своим уникальным свойствам, огромным потенциальным возможностям черноземы занимают особое положение среди других типов почв.

Черноземные почвы формируются в лесостепной и степной зонах, под травянистыми формациями, при периодически промывном и непромывном водном режиме на породах, содержащих карбонаты.

Дерновый процесс в черноземах сочетается с целым рядом элементарных почвообразовательных процессов: элювиальных (выщелачивание, оподзоливание, лессиваж, осолодение), метаморфических (оглеение, оглинение, слитизация), гидрогенно-аккумулятивных (олуговение, засоление), иллювиально-аккумулятивных (карбонатно-иллювиальный) и др.

В лесостепной зоне сформировались три подтипа черноземов, которым свойственны самостоятельные почвенные подзоны: оподзоленные, выщелоченные и типичные.

Основной ареал *черноземов оподзоленных* располагается в северной подзоне лесостепи, на границе с серыми лесными почвами. Почвы по морфологии и свойствам близки к серым лесным почвам. Для чернозема оподзоленного характерно совмещение процесса интенсивного гумусонакопления и слабой элювиально-иллювиальной

дифференциацией почвенного профиля под влиянием кислых растворов. Водный режим почв периодически промывной.

Черноземы оподзоленные формируются на рыхлых обычно карбонатных отложениях разного генезиса под злаково-разнотравными остепненными лугами или разреженными лиственными лесами паркового типа.

Отличительные морфологические признаки – наличие осветленной мучнисто-белой (кремнеземистой) присыпки в нижней части горизонта гумусового горизонта и в верхней части иллювиального горизонта, глубокое залегание карбонатов. Карбонатный горизонт может отсутствовать в черноземах, развитых на бескарбонатных породах.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) в типе чернозем выделяется подтип чернозем оподзоленный лесостепной зоны.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем оподзоленный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовые почвы» типу черноземы глинисто-иллювиальные.

По WRB – Grey-Luvic PHAEOZEMS. Luvic CHERNOZEMS.

Содержание гумуса в верхних горизонтах 5-12%. В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, связанные с кальцием. Реакция среды слабокислая, высокая насыщенность основаниями.

Основной ареал *черноземов выщелоченных* располагается к северу от черноземов типичных в условиях семигумидного климата. Они формируются на рыхлых обычно карбонатных отложениях разного генезиса под злаково-разнотравными остепненными лугами или разреженными лиственными лесами паркового типа. Водный режим периодически промывной.

Характерным диагностическим признаком чернозема выщелоченного является наличие бескарбонатного горизонта между нижней границей гумусового горизонта и линией вскипания.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) в типе чернозем выделяется подтип чернозем выщелоченный лесостепной зоны.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем выщелоченный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовые почвы» типу черноземы глинисто-иллювиальные.

По WRB – Grey-Luvic PHAEOZEMS. Luvic CHERNOZEMS.

Содержание гумуса в разновидностях среднего и тяжелого гранулометрического состава в верхнем горизонте составляет 5-10%, в более легких почвах – 3-6%. Почвы насыщены основаниями, реакция среды нейтральная или слабокислая.

Основной ареал *черноземов типичных* приурочен к южной части лесостепной зоны несколько южнее оподзоленных и выщелоченных черноземов. Они формируются под богатыми разнотравно-злаковыми луговыми степями в условиях семиаридного климата на рыхлых, обычно карбонатных, преимущественно суглинисто-глинистых (реже супесчаных) отложениях разного генезиса. В подтипе типичного чернозема складываются наиболее благоприятные условия для проявления гумусово-аккумулятивного процесса.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) в типе чернозем выделяется подтип чернозем типичный лесостепной зоны.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем типичный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовые почвы» типу черноземы.

По WRB – Voronic. Vermic CHERNOZEMS.

Для чернозема типичного характерны: мощный гумусовый профиль, интенсивное накопление гумуса, азота, зольных элементов, неглубокое вымывание карбонатов, отсутствие элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля по илу и полуторооксидам.

Черноземы типичные отличаются высоким содержанием гумуса – 5-12%. Реакция среды близкая к нейтральной, в карбонатных горизонтах слабощелочная. Почвы характеризуются высокой емкостью поглощения, хорошей водопрочной структурой, высокой биологической активностью.

Степная зона составляет 4,7% территории России и отличается от лесостепи более жесткими гидротермическими условиями.

В степной зоне выделяют два подтипа черноземов: черноземы обыкновенные и черноземы южные.

Черноземы обыкновенные распространены в северной части степной зоны. Сформировались под разнотравно-типчаково-ковыльной растительностью. Почвообразование происходит на лессах и лессовидных суглинках, на бурых и красно-бурых тяжелых суглинках и частично на элювии коренных пород. Водный

режим непромывной, сквозное или глубокое промачивание в этих почвах бывает очень редко.

Характерной диагностической морфологической чертой чернозема обыкновенного являются наличие карбонатов в виде белоглазки, выделения гипса и водорастворимых солей.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) в типе чернозем выделяется подтип чернозем обыкновенный степной зоны.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем обыкновенный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовые почвы» типу черноземы.

По WRB – Vorony-Calcic CHERNOZEMS.

Содержание гумуса в верхних горизонтах чернозема обыкновенного – 6-8%. В составе поглощенных оснований кальций значительно преобладает над магнием. Диагностическим показателем является наличие натрия. Почвы обладают оптимальным водно-воздушным режимом, хорошо оструктурены.

Черноземы южные распространены южнее ареала обыкновенных черноземов. Вследствие аридизации климата, меньшей общей продуктивности растительности, более выраженной аэробной среды здесь интенсивнее идет процесс разложения органических веществ с образованием более простых соединений. Формируются черноземы южные под типчаково-ковыльной растительностью.

Характерной диагностической чертой чернозема южного является относительно небольшая мощность гумусового горизонта 40-60 см и его темно-серая с коричневатым оттенком окраска, вскипание в пределах гумусового горизонта.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) в типе чернозем выделяется подтип чернозем южный степной зоны.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) чернозем обыкновенный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовые почвы» типу черноземы структурно-карбонатные.

По WRB – Calcic CHERNOZEMS.

Содержание гумуса в черноземах южных может достигать 4-7%. Реакция среды в верхних горизонтах нейтральная или слабощелочная, вниз по профилю щелочная. Повышенная минерализация почвенных растворов приводит к появлению слабой солонцеватости. В профиле появляется гипс.

Черноземы являются наиболее освоенными почвами, на их долю приходится половина пахотных угодий страны. Они обладают высоким потенциальным плодородием, но их эффективное плодородие зависит от тепло- и влагообеспеченности. Черноземы лесостепи лучше обеспечены влагой и продуктивность их выше.

7.4. Почвы зоны сухих степей и полупустынь

Зона сухих степей (занимает 1,3% территории России) на севере граничит с южными черноземами степной зоны, а на юге с зоной полупустынь. Сухие степи образуют географически обширную зону на территории России – от Прикавказья до Алтая и отдельными массивами распространены в Средней Сибири и Забайкалье.

Основной зональный тип почв – каштановые (1,07% территории России), но наряду с ними распространены засоленные и лугово-каштановые почвы.

Каштановые почвы располагаются почти исключительно в Северном полушарии. В Евразии они образуют полосу южнее черноземной зоны, в Северной Америке – западнее черноземной зоны на более высоких абсолютных отметках.

В географическом аспекте каштановые почвы сменяют черноземы при движении на юг, т.е. они граничат с подтипом чернозем южный. Среди каштановых почв 30% приходится на каштановые солонцеватые почвы и их комплексы. Количество засоленных почв в почвенном покрове увеличивается с севера на юг.

С современных позиций генезис каштановых почв следует рассматривать как результат совокупного проявления условий почвообразования в зоне сухих степей (теория полигенезиса).

Характерными особенностями почвообразования являются: бедный растительный покров и малое ежегодное поступление растительных остатков, малое и неглубокое промачивание почвенного профиля, наложение солонцового процесса почвообразования на дерновый процесс.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) в типе каштановые почвы выделяют три подтипа: светло-каштановые, каштановые; темно-каштановые.

Каштановые и *темно-каштановые* почвы распространены на равнинах в зоне сухих степей.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) темно-каштановые почвы входят в отдел «Аккумулятивно-гумусовые почвы», тип – черноземы текстурно-карбонатные; каштановые почвы входят в отдел «Аккумулятивно-карбонатные малогумусовые почвы», тип – каштановые.

По WRB – Haplic. Gypsic KASTANOZEMS.

Каштановые и темно-каштановые почвы формируются на карбонатных лессовидных суглинках и глинах, глинисто-суглинистых элюво-делювиях коренных пород под дерновинно-злаковыми сухими степями в условиях семиаридного климата. Водный режим непромывной.

Основные почвообразовательные процессы: дерновый (гумусово-аккумулятивный), элювиально-иллювиальныое перераспределение карбонатов.

Содержание гумуса в темно-каштановых почвах – 4-5%, в почвенном профиле присутствуют гипс и водорастворимые соли. Вскипание отмечается в нижней части гумусового горизонта.

Содержание гумуса в каштановых почвах – 2,5-3,5%. В почвенно-поглощающем комплексе кроме кальция и магния присутствует натрий. Вскипание также отмечается в нижней части гумусового горизонта.

Лугово-каштановые почвы – это полугидроморфные почвы. Распространены в сухостепной и полупустынной зонах среди каштановых и светло-каштановых почв. Они образуются по понижениям рельефа (на надпойменных террасах рек, в западинах, ложбинах, в блюдцах на недренированных равнинах), где возникает дополнительное поверхностное и (или) грунтовое увлажнение (глубина грунтовых вод – 3-5 м, реже – 7 м). Водный режим характеризуется чередованием кратковременных периодов обильного увлажнения, глубоко нисходящего движения влаги и периодов иссушения верхних горизонтов с частичным капиллярно-пленочным поднятием глубинной влаги.

Повышенное увлажнение лугово-каштановых почв способствует развитию более сомкнутой и богатой по составу разнотравно-кустарниково-злаковой растительности, что приводит к формированию хорошо выраженного гумусового горизонта.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) почвы выделяются на правах самостоятельного типа.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) относятся к отделу «Аккумулятивно-карбонатные малогумусовые почвы», типу каштановых почв.

По WRB – Gleic KASTANOZEMS. Gleic PHAEOZEMS.

Лугово-каштановые почвы глинистого и суглинистого гранулометрического состава характеризуются высоким содержанием гумуса (3-8%) в гумусовом горизонте. Реакция изменяется от нейтральной и слабощелочной в верхних горизонтах до щелочной в нижних. При ослаблении поверхностного переувлажнения и относительно неглубоком залегании (3-5 м) засоленных грунтовых вод лугово-каштановые почвы приобретают признаки солонцеватости и солончаковатости. Почвы обеспечены подвижными соединениями азота и калия, недостаточно обеспечены подвижными соединениями фосфора.

Темно-каштановые и каштановые почвы достаточно плодородны, что позволяет возделывать зерновые, зернобобовые, бахчевые и др. культуры. Сдерживающим фактором получения устойчивых урожаев является недостаток влаги и комплексность почвенного покрова. На долю кормовых угодий приходится 33,7% земель сухостепи, где развито пастбищное животноводство.

Лугово-каштановые почвы верхних пойменных террас являются ценными земельными угодьями. Комплексы с участием лугово-каштановых почв используются как пастбища.

Полупустынная зона (0,9% территории России) представляет собой переходную зону от сухих степей к полупустыням и начинается в Прикаспийской низменности (Республика Калмыкия, Астраханская область) и отдельными пятнами распространяется далее на восток до Монголии.

Зональным типом являются бурые полупустынные почвы, сходные по условиям почвообразования со светло-каштановыми почвами.

Бурые полупустынные почвы формируются в полупустынной зоне Западного Прикаспия в условиях аридного климата преимущественно на песчано-супесчаных отложениях. Растительный покров изрежен, беден по видовому составу, проективное покрытие составляет 20-40%. Растительность представлена злаково-полынными сообществами.

Формирование бурых полупустынных почв происходит при взаимодействии ряда процессов: дернового, рассоления, осолонцевания-осолодения, коркообразования, оглинивания.

В результате образуются малогумусные почвы с укороченным почвенным профилем, с ярко выраженным карбонатным, гипсовым и солевым горизонтами.

В соответствии с почвенно-географическим районированием бурые полупустынные почвы формируются в одной почвенной зоне вместе со светло-каштановыми почвами.

Сходство бурых полупустынных и светло-каштановых почв проявляется в следующем:

- профили почв маломощны, почвообразование и выветривание малоинтенсивны, во всем облике почв доминируют породные признаки (они определяют цвет, сложение, структуру, особенности солевого профиля);

- почвы высококарбонатны, вскипают с поверхности или на небольшой глубине, карбонаты представлены конкреционными формами (чаще всего белоглазкой), засоление обнаруживается в пределах первого метра, в составе солей преобладают сульфаты, в почвенно-геохимическом цикле солей важную роль играет растительность;

- процесс гумусонакопления выражен слабо – содержание гумуса около 1-2%, его состав фульватный, несмотря на избыток оснований;

- в почвенном профиле выделяется три группы горизонтов (верхний гумусовый, иллювиальный уплотненный и солевой).

Различия между светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами проявляются в содержании гумуса и солонцеватости:

- более высокое содержание гумуса и более широкое отношение гуминовых и фульвокислот наблюдается в светло-каштановых почвах;

- в обоих типах почв отмечается невысокое содержание обменного натрия, однако ярко выражена морфологическая солонцеватость;

- строение профиля бурой полупустынной почв отличается от профиля светло-каштановой почвы присутствием слоеватого или плитчатого гумусово-элювиального горизонта мощностью в несколько сантиметров;

- наиболее резко бурые полупустынные почвы отличаются от светло-каштановых по составу растительности, которая представлена полынями, преимущественно белой полынью и солянками. Злаки и эфемеры встречаются очень редко.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) бурые полупустынные почвы – автоморфный тип почв полупустынной (пустынно-степной) зоны.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) бурые полупустынные почвы входят в отдел «Аккумулятивно-карбонатные малогумусовые почвы», тип бурых аридных.

По WRB – Luvic CALCISOLS.

Бурые полупустынные почвы бедны гумусом (0,7-1,4%). Реакция среды в верхних горизонтах слабощелочная, в нижних – щелочная. Чем легче гранулометрический состав почвы, тем больше растянут по глубине почвенный профиль, но при этом уменьшается содержание гумуса, подвижных питательных элементов, емкость поглощения, глубже вымыты карбонаты и соли.

7.5. Интразональные почвы

Интразональные почвы – это почвы, не образующие самостоятельной почвенной зоны и распространенные среди зональных почв. Они сформировались при доминирующем воздействии одного или двух факторов почвообразования, которое находит отражение в морфологических показателях почв и почвенных процессах. Поэтому интразональные почвы имеют ярко выраженные особенности, отличающие их от зональных почв. К ним относятся: солончаки, солонцы, солоди и почвы пойм.

Засоленными называются почвы, содержащие в профиле легкорастворимые соли (бикарбонаты и карбонаты натрия, сульфаты натрия и магния, хлориды кальция, магния и натрия, нитраты кальция, магния и натрия) в токсичных для растений не галофитов количествах. Они распространены в лесостепной, степной, сухостепной, полупустынной зонах. Формирование засоленных почв связано с накоплением солей в грунтовых водах и породах и с условиями, способствующими их аккумуляции в почвах (высокая испаряемость, отрицательные формы рельефа, минерализация грунтовых вод и др.). Основными источниками образования солей являются:

- горные породы – высвобождают соли в процессе выветривания. В мировой океан поступает до 3 млрд т водорастворимых солей, в бессточные области континентов – до 1 млрд т солей в год. Особенно много высвобождается солей из осадочных морских и озерных соленосных отложений;

- продукты извержения вулканов, содержащие хлор и серу, углекислый газ и др., переходящие в хлориды и сульфаты;

- эоловый перенос солей с морей и океанов, соленых озер, лагун и др. (может составлять от 2 до 20 т/км^2);

- атмосферные осадки – содержание солей в них колеблется от 20-30 до 300-400 мг/л в приморских районах;

- грунтовые воды (в засушливых районах, как правило, засолены). При выпотном типе водного режима они становятся непосредственным источником засоления. Сезонный приток солей за счет испарения минерализованных грунтовых вод может достигать 500-1000 т/га;

- оросительные воды, которые часто являются источником вторичного засоления почв при плохой дренированности территории;

- растительность в аридных районах. Имеет мощную корневую систему, которая перекачивает соли из более глубоких слоев в верхние слои почвы.

К засоленным почвам относятся как самостоятельные типы почв – солончаки, так и солончаковатые и засоленные почвы (слабо, средне, сильно), которые не являются самостоятельным типом, а выделяются на родовом уровне согласно «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) в различных типах почв: черноземах, каштановых и т. д.

Солончаки – почвы, содержащие большое количество легкорастворимых солей с поверхности и по всему профилю. В зависимости от химизма засоления в верхнем горизонте солончаков соли составляют 0,5-3% и более.

При содовом засолении к солончакам относятся почвы с содержанием солей более 0,5-0,6%, при хлоридном – более 0,7-0,8% и при сульфатном – более 1,4%.

Верхний предел содержания солей в солончаках варьирует в широком диапазоне – от 1-3% в лесостепной и степной зонах, до 8-10% в сухих степях и до 20-30% в пустынях.

Накопление солей в верхних горизонтах почв при выпотном или периодически выпотном водном режиме составляет сущность солончакового процесса.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) выделяют два типа солончаков: автоморфные и гидромофные.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) солончаки входят в отдел «Галоморфные почвы». Типы: солончаки, солончаки глеевые, солончаки сульфидные, солончаки темные, солончаки торфяные, солончаки вторичные.

По WRB – SOLONCHAKS.

Наличие в почве значительного количества легкорастворимых солей вызывает коагуляцию всех почвенных коллоидов, вследствие чего алюмосиликатная часть почвы остается инертной и никаким превращениям не подвергается. Количество гумуса в верхнем горизонте не превышает 1-2%. Если солончаки образовались при засолении луговых почв, то содержание гумуса может достигать 5% и более. В солончаках наряду с легкорастворимыми солями содержатся гипс и карбонаты.

Большие площади солончаков не используются в сельском хозяйстве без коренного улучшения или используются как сенокосы и пастбища.

Солонцы – почвы, содержащие в поглощенном состоянии повышенное количество обменного натрия в иллювиальном горизонте (более 15% от ЕКО) или обменного магния (более 40%) при меньшем, чем 15% содержании обменного натрия.

Солонцы встречаются в лесостепной, степной и полупустынной зонах. Формируются на равнинах в условиях непромывного водного режима, а также на террасах рек и озер и в повышениях рельефа при дополнительном поверхностном или грунтовом увлажнении. Почвообразующие породы разнообразные по гранулометрическому составу – рыхлые отложения, содержащие карбонаты, гипс, а часто и легкорастворимые соли.

Растительность представлена сообществами специфической солонцовой флоры, которая активно накапливает щелочные и щелочноземельные элементы, тем самым поддерживая солонцовый процесс. Поверхность солонцов часто покрыта водорослями и лишайниками.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) выделяют три типа солонцов: автоморфные, полугидроморфные и гидромофные.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) в отделе «Щелочно-глинисто-дифференцированные почвы» выделяют типы солонцов: солонцы темные, солонцы светлые, солонцы гидрометаморфические темные, солонцы гидрометаморфические светлые.

По WRB – SOLONETS.

Характерной особенностью гранулометрического состава солонцов является дифференциация по профилю содержания илистой фракции, максимальное количество которой приурочено к солонцовому горизонту. Содержание гумуса – 1,5-3,0%. Реакция среды в большей части почвенного профиля щелочная, в надсолонцовом горизонте может быть нейтральной. Содержание карбонатов, гипса и легкорастворимых солей закономерно увеличивается вниз по профилю почвы. Солонцы характеризуются плохими водно-физическими свойствами: высокой вязкостью, набуханием, твердостью, низкой пористостью, водонепроницаемостью, небольшим количеством физиологически доступной влаги.

Использование солонцов в земледелии возможно только после проведения мелиорации. Свойства солонцов улучшаются при применении органических и кислых минеральных удобрений.

Солоди – гидроморфные и полугидроморфные почвы, сформировавшиеся в условиях промывного или интенсивного периодически промывного водного режима, с резко дифференцированным профилем по элювиально-иллювиальному типу.

Солоди распространены в лесостепной и степной зонах среди массивов черноземов и темно-серых лесных почв. Встречаются они и в зоне сухих и полупустынных степей среди каштановых и бурых полупустнынных почв, но везде только пятнами.

Периодическое поверхностное увлажнение – важнейшая черта формирования солодей. Растительность имеет вид небольших изолированных групп: западинные осинники «осиновые кусты», березняки «колки», осоковые ивняки, разнотравно-злаковые луга, заболоченные луга. Формируются солоди на разнообразных породах, но преимущественно на суглинистых, обычно карбонатных, иногда засоленных, при близком уровне грунтовых вод.

Весь профиль солодей носит более или менее ярко выраженные признаки оглеения, которое увеличивает подвижность полуторных оксидов и усиливает процесс дифференциации веществ в почвенной толще. Грунтовые воды часто стоят близко к поверхности.

Могут образовываться в результате «рассолонцевания» полугидроморфных и гидроморфных солонцов и солонцеватых почв.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) выделяют тип солоди.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) в отделе «Текстурно-дифференцированные почвы» выделяют типы солодей: дерново-солоди, солоди темногумусовые, дерново-солоди глеевые, солоди перегнойно-темногумусовые гидрометаморфические.

По WRB – STAGNOSOLS. PLANOSOLS. SOLONETS.

Для солодей характерна резкая дифференциация профиля по химическим свойствам и физическим характеристикам. Содержание гумуса в гумусовом слое может изменяться от 1-2 до 10%. В составе поглощенных катионов в горизонтах присутствуют кальций, магний, водород и алюминий, что обуславливает кислую реакцию среды. В иллювиальном горизонте наряду с обменными кальцием и магнием присутствует натрий – до 10% и более от емкости катионного обмена, поэтому реакция среды в этом горизонте слабощелочная, что позволяет отличать их от дерново-подзолистых почв.

Как правило, солоди не содержат легкорастворимых солей в верхней части почвенного профиля, ниже по профилю возможны различные величины засоления в зависимости от глубины залегания и минерализации грунтовых вод.

Низкое естественное плодородие солодей затрудняет их использование, травянистые экосистемы на солодях можно использовать как сенокосы и пастбища, а колочные леса – как источник древесины и водоохранные угодья.

Реки, большие и малые, в каждой природно-климатической зоне образуют своеобразные природные ландшафты. Большинство рек имеет хорошо развитые *долины*. Часть речной долины, прилегающая к ее руслу и периодически заливаемая талыми водами реки, называется *поймой*. Она представляет собой полосу разной ширины и размера, имеющую общий уклон и ограниченную

коренными берегами, сложенными из осадочных пород различного происхождения. Большие реки обычно имеют более развитую пойму, у малых рек поймы меньших размеров. Слабо выражены поймы у многоводных горных рек.

Почвенный покров этих ландшафтов представлен аллювиальными (пойменными) почвами, образующимися под действием двух процессов: поемного и аллювиального.

Поемный процесс – это периодическое затопление почв пойменной террасы паводковыми водами.

Аллювиальный процесс – это накопление речного аллювия в результате оседания на поверхности пойменных почв твердых частиц из паводковых вод.

В результате аллювиального процесса на поверхности поймы идет ежегодное отложение аллювия, немедленно вовлекаемого в почвообразование. Поэтому аллювиальные почвы постоянно растут вверх, получая систематически новые порции почвообразующей породы. Важно подчеркнуть, что непременным фактором аллювиального почвообразования являются грунтовые воды.

Почвенный покров пойм характеризуется разновозрастностью и динамичностью. Процесс почвообразования в пойме включает процесс затопления и период после ухода воды. Ведущим процессом почвообразования является дерновый. Аллювиальные почвы обладают высоким потенциальным плодородием.

Основные почвообразовательные процессы: дерновый (гумусово-аккумулятивный); оглеение; засоление, оруденение, окарбоначивание – необязательные процессы.

Во всякой развитой пойме можно различать три существенные части:

- *прирусловая часть* – здесь откладываются преимущественно крупные частицы песка, с образованием аллювиальных дерновых почв. Ширина прирусловой части поймы у малых рек 20-50 м, у крупных рек может достигать нескольких километров;

- *центральная часть* – здесь откладывается аллювий, содержащий иловатые и пылеватые частицы. Ширина центральной части поймы может достигать нескольких десятков километров. Растительность представлена луговыми травами. Под травянистой растительностью интенсивно протекает дерновый процесс почвообразования с формированием аллювиальных дерновых и аллювиальных луговых почв;

- *притеррасная часть* – характеризуется застоем воды, поэтому она заилена, переувлажнена и заболочена. Здесь развивается болотный процесс, формируются аллювиальные болотные почвы.

По «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) в группе аллювиальные дерновые почвы выделяют три типа: аллювиальные дерновые кислые, аллювиальные дерновые насыщенные и аллювиальные дерново-опустынивающиеся карбонатные почвы; в группе аллювиальные луговые почвы выделяют три типа: аллювиальные луговые кислые, аллювиальные луговые насыщенные и аллювиальные луговые карбонатные; в группе аллювиальные лугово-болотные и болотные почвы выделяют три типа: аллювиальные лугово-болотные, аллювиальные болотные иловато-перегнойно-глеевые и аллювиальные болотные иловато-торфяные.

По «Классификация и диагностика почв России» (2004) аллювиальные почвы входят в отдел «Аллювиальные почвы». При этом выделяют следующие типы: аллювиальные серогумусовые (дерновые), аллювиальные темногумусовые, аллювиальные торфяно-глеевые, аллювиальные перегнойно-глеевые, аллювиальные серогумусовые (дерновые) глеевые, аллювиальные темногумусовые гидрометаморфические, аллювиальные слитые.

По WRB – FLUVISOLS.

Почвы, формирующиеся в различных биоклиматических и геоморфологических условиях на аллювии разного гранулометрического и минералогического состав под воздействием грунтовых и поверхностных вод различной минерализации, заметно различаются по аналитическим характеристикам.

Аллювиальные почвы обладают высоким потенциальным плодородием, особенно аллювиальные луговые почвы центральной поймы. На них возможно возделывание различных сельскохозяйственных культур. Пойменные почвы также могут использоваться под сенокосы и пастбища при проведении комплекса мероприятий, улучшающих их свойства.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается тундровая зона от арктической зоны?
2. Перечислите типы почв арктической и тундровой зон.
3. Охарактеризуйте условия образования и свойства подзолистых и дерново-подзолистых почв.
4. Дайте краткую характеристику мерзлотно-таежным почвам.

5. Сопоставьте условия почвообразования и свойства верховых и низинных торфяных почв.

6. Какие процессы участвую в формировании серых лесных почв?

7. Перечислите общие признаки, характерные для черноземов лесостепной и степной зон.

8. Какова классификация каштановых почв?

9. Перечислите основные свойства бурых полупустынных почв.

10. Назовите причины образования засоленных почв и образования солончаков.

11. Как классифицируются солонцы?

12. В чем принципиальное отличие солонцовых почв от солончаков?

13. Перечислите характерные особенности солодей.

14. В чем заключаются особенности образования пойменных почв?

15. Какие почвы образуются в различных частях поймы?

8. Общие закономерности географии почв и региональная организация почвенного покрова

Разнообразие климатических условий, растительности, горных пород, рельефа, различный возраст отдельных территорий обуславливают и разнообразие почв в природе. Географические закономерности их распространения определяются сочетанием факторов почвообразования. Для земного шара и отдельных его материков эти закономерности связаны с зональными изменениями климата и растительности и выражаются в развитии горизонтальной и вертикальной зональностей почв.

Особенности почвенного покрова небольших территорий связаны, прежде всего, с влиянием рельефа, состава и свойств пород на климат почвы, растительность, почвообразование.

Закономерности распределения почв на земной поверхности в тесной связи с факторами почвообразования, характер пространственных смен почв, особенности их сочетаний на глобальном, региональном и локальном уровнях изучает география почв.

8.1. Факторы, определяющие общие закономерности географии почв

Образование (генезис) любой почвы – результат сложного взаимодействия факторов почвообразования. Поскольку в распределении факторов на земной поверхности наблюдаются определенные закономерности, естественно они отражаются на распределении почв.

Строение почвенного покрова изучается географией почв с помощью сравнительно-географического метода, подразумевающего исследование пространственных изменений почв и факторов почвообразования.

Последовательное применение сравнительно-географического метода позволило установить основные закономерности распределения почв на поверхности Земли и их обусловленность факторами почвообразования. К таким закономерностям относятся:

- биоклиматическая зональность почв,
- литогенная дифференциация почвенного покрова,

- топогенно-геохимическая сопряженность почв,
- историко-хронологическое разнообразие почвенного покрова.

Распределение почв на земной поверхности представляет собой сложную мозаичную картину. Все многообразие почв возникло в результате различий в географическом положении и природных условиях. Главные закономерности в географии почв выражаются следующими законами:

- *Закон горизонтальной (широтной) почвенной зональности.* Сформулирован В. В. Докучаевым. Сущность его заключается в том, что поскольку важнейшие факторы почвообразования (климат, растительность и животный мир) закономерно изменяются в широтном направлении с севера на юг, то и главные (зональные) типы почв должны последовательно сменять друг друга, располагаясь на земной поверхности широтными полосами (зонами).

Закон широтной почвенной зональности получил отражение в следующих двух главных направлениях. Первое – в наличии на территории суши земного шара последовательно сменяющих друг друга почвенно-биоклиматических (термических) поясов, характеризующихся сходством природных условий и почвенного покрова, обусловленных общностью радиационных и термических показателей.

Второе проявление закона горизонтальной почвенной зональности выражается в разделении почвенно-биоклиматических поясов по совокупности условий почвообразования и общим чертам почвенного покрова на почвенные зоны – широтные полосы в связи с закономерной сменой не только термических условий, но и увлажнения и, как следствие, растительности.

- *Закон вертикальной почвенной зональности.* Сформулирован В. В. Докучаевым. В условиях горного рельефа происходят закономерные последовательные изменения климата, растительности и почв в связи с изменением абсолютной высоты местности. По мере поднятия от подножия гор к их вершинам понижается температура воздуха в среднем на 0,5°С на каждые 100 м абсолютных высот, что влечет за собой изменение количества выпадающих осадков и, как следствие, смен растительности и почв. Эти изменения проявляются в образовании вертикальных растительно-климатических и почвенных поясов (вертикальных зон).

В общем виде последовательная смена зон аналогична их смене на равнинных пространствах при движении с юга на север.

Такая общая схема последовательной смены вертикальных почвенных зон может осложняться и нарушаться из-за особенностей горного рельефа (резкой смены абсолютных высот, крутизны и экспозиции склонов, типов макрорельефа – плоскогорье, межгорные впадины, разнообразие склонов и т.д.) и частой сменой почвообразующих пород.

Конкретный состав почвенных вертикальных зон определяется положением горной страны в системе широтных зон и абсолютными высотами ее рельефа.

- *Закон фациальности почв.* Сформулирован Л. И. Прасловым и И. П. Герасимовым. Заключается в том, что почвенный покров в отдельных меридиональных частях термических поясов и зон может заметно изменяться в связи с изменением климата под влиянием термодинамических атмосферных процессов. Эти изменения обусловлены близостью или удаленностью конкретных частей пояса или зоны от морских и океанических бассейнов, а также влиянием горных систем и т.д. Они проявляются в виде повышения или ослабления атмосферного увлажнения и континентальности климата.

Такие изменения сказываются на растительности и проявлении почвообразовательных процессов. Фациальные особенности почвенного покрова часто выражаются в дифференциации почв по температурному режиму (теплые, умеренные, холодные, непромерзающие, промерзающие, длительно промерзающие почвы и т.д.), в проявляющихся различиях в строении профиля (мощности гумусовых горизонтов и др.) и свойствах зонального типа или подтипа почв, а иногда и в появлении новых типов в данной фации.

Закономерности в географии почв, проявляющиеся в форме законов широтной и вертикальной зональности и закона фациальности почв, являются следствием закономерности изменения биоклиматических условий на обширных территориях в связи с их широтным и меридиональным положением на материках.

- *Закон аналогичных топографических рядов.* Сформулирован С. А. Захаровым. Отражает сходную закономерную смену почв по элементам мезо- и микрорельефа во всех зонах.

Сущность этого закона заключается в том, что в любой зоне распределение почв на элементах рельефа имеет аналогичный характер: на возвышенных элементах залегают почвы, генетически самостоятельные (автотрофные), которым свойственны вынос

подвижных продуктов почвообразования и аккумуляция малоподвижных; на пониженных элементах рельефа (шлейфы склонов, днища низин и западин, приозерные понижения, пойменные террасы и т.д.) расположены генетически подчиненные почвы (полугидроморфные и гидроморфные) с аккумуляцией подвижных продуктов почвообразования, привносимых с поверхностными и внутрипочвенными стоками с водоразделов и склонов; на склоновых элементах рельефа залегают переходные почвы, в которых по мере приближения к отрицательным формам рельефа возрастает аккумуляция подвижных веществ.

8.2. Региональные особенности горизонтальной биоклиматогенной зональности почв

Полярный пояс Северного полушария в Евразии и Северной Америке включает три широтно вытянутые почвенные зоны: полярных пустынных, арктотундровых и тундровых почв.

Зоны полярных пустынных и арктотундровых почв занимают островную часть Арктики. Зона тундровых почв, протягиваясь в широтном направлении, охватывает северные части континентов. Ее южная граница и в Евразии и в Северной Америке отклоняется от широты и имеет дугообразную форму; наиболее северное положение эта граница занимает в центральной, наиболее континентальной части материков (70-73° с. ш.); к океаническим западным и восточным побережьям южная граница зоны тундровых почв проходит на 67-68° с. ш.

В условиях низких температур при высокой влажности транспирация влаги затрудняется, что вызывает физиологическую сухость и исчезновение древесной растительности. Чем континентальнее климат и суше воздух, тем далее на север, даже в условиях низких температур, продвигается лесная растительность и отодвигается соответственно граница тундровой зоны.

Различное положение зоны тундровых почв в системе термических поясов обусловливает наличие ареалов мерзлотных тундровых почв с горизонтом постоянной мерзлоты (как, например, в более северных и континентальных сибирских тундрах) и ареалов немерзлотных тундровых почв (например, в европейских тундрах).

Бореальный таежно-лесной биоклиматический пояс протягивается через Северную Америку и Евразию в форме сплошного

широтного вытянутого ареала, южная граница которого проходит во внутренних частях континентов на широте 55-57° с. ш. и смещается на 7-9° к югу, у западного и восточного побережий, где она проходит на широте 48-50° с. ш.

К бореально таежному лесному поясу приурочена зона подзолистых почв и подзолов, включающая три широтные подзоны: северную – глееподзолистых, центральную – типично-подзолистых и южную – дерново-подзолистых почв.

В качестве сопутствующих в каждой из этих подзон распространены иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые подзолы. Во внутренних частях Евразии и Северной Америки в зону подзолистых почв вклиниваются с севера ареалы таежно-мерзлотных, палевых мерзлотных и других почв с вечной мерзлотой.

В наиболее влажных приокеанических секторах бореального пояса на широте около 60° непосредственно на границе с почвами южной тундры располагаются небольшие по протяженности области распространения субарктических лугов и редколесий и связанные с ними дерновые субарктические грубогумусовые и дерново-торфянистые почвы.

В Северной Америке дерновые субарктические почвы занимают приморские равнины южной Аляски и Алеутские острова.

В Северной Европе подобные почвы распространены на атлантическом побережье Северной Норвегии, в Исландии, на Фарерских и Шетландских островах.

В Южном полушарии в бореальном поясе имеется только островная суша (Фолклендские острова, острова Принца Эдуарда и др.), где также распространены дерновые почвы, и лишь в южной части Огненной Земли появляются подзолы.

Почвенный покров суббореального (умеренно теплого) пояса полно и разнообразно представлен в Северном полушарии в Евразии и Северной Америке. На каждом из континентов этот пояс разделяется на три сектора: восточный и западный приокеанические и внутриматериковый континентальный.

Внутриконтинентальный сектор, особенно протяженный в Евразии и менее протяженный в Северной Америке, характеризуется серией узких широтных почвенных зон.

В соответствии с повышением температуры и уменьшением осадков в направлении с севера на юг последовательно сменяют

друг друга зоны: серых лесных почв, черноземов, каштановых почв и бурых пустынно-степных почв.

Именно такой спектр широтных зон характерен для Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин и Средней Азии.

С приближением к западному и восточному приокеаническим секторам и с увеличением влажности климата почвенные зоны отклоняются от широты и приобретают, как это особенно четко видно на равнинах Северной Америки, меридиональное направление.

В приокеанических западных и восточных секторах суббореального пояса обоих континентов, получающих большое количество осадков, господствуют смешанные и широколиственные леса, а в почвенном покрове преобладают буроземы, часто лессированные, перемежающиеся с поверхностно-глееэлювиальными почвами, получившими название псевдоподзолистых почв или псевдоглеев.

В суббореальном поясе Евразии буроземы на равнинах образуют два ареала: в приатлантической части Западной Европы и в муссонных областях юга Дальнего Востока, Японии, Кореи и Северо-Восточного Китая.

В Северной Америке также имеются два разорванных ареала буроземов: на востоке – на подгорных равнинах Северных Аппалачей к юго-востоку от Великих озер; на западе – на подгорных приморских равнинах и в межгорных долинах Берегового хребта и Каскадных гор.

Во всех названных случаях буроземы занимают также и горные склоны, образуя нижнюю вертикальную почвенную зону.

По мере удаления от океанических побережий и уменьшения влажности климата буроземы замещаются на этих же широтах иными почвенными образованиями.

В восточном приокеаническом секторе в Восточной Азии и в Северной Америке область распространения буроземов ограничена с запада особой почвенно-биоклиматической зоной высокотравных прерий с черноземовидными почвами (бруниземами). Эта зона имеет меридиональное направление, смыкаясь на севере с зоной серых лесных почв, а на юге (в субтропическом поясе) она переходит в зону красновато-черных почв прерий.

Субтропический пояс характеризуется отсутствием выраженных широтных почвенных зон, если не считать обширной области субтропических полупустынь и пустынь и свойственных им

пустынных почв, занимающих внутриконтинентальные секторы в Евразии, Северной Америке, Южной Африке и Австралии.

Почвенный покров и структура зональности в восточном и западном приокеанических секторах в субтропическом поясе существенно различны.

Восточные приокеанические секторы находятся в сфере воздействия восточных муссонов; в условиях влажного субтропического климата здесь формируются под вечнозелеными субтропическими лесами желтоземы и красноземы. Подобно буроземам, они не образуют выраженной широтной или меридиональной зоны.

Ареалы желтоземов и красноземов, подобно ареалам буроземов, могут быть названы почвенно-биоклиматическими областями. В Северной Америке это п-ов Флорида, прилегающие с севера низменности и южная часть Аппалачей, в Юго-Восточной Азии – прибрежные равнины, межгорные долины и низкие горы Центрального и Южного Китая и южных островов Японии; в Южной Америке желтоземы и красноземы распространены в субтропическом поясе на равнинах в бассейне Уругвая, а в горных районах – в Юго-Восточной Австралии, в Тасмании и на о. Северном в Новой Зеландии.

Области распространения желтоземов и красноземов к западу с нарастанием сухости климата сменяются серией меридиональных почвенных зон, являющихся как бы продолжением меридиональных зон суббореального пояса. Это зоны красновато-черных почв субтропических прерий, коричневых почв ксерофитных субтропических лесов и кустарников, серо-коричневых почв кустарниковых степей и сероземов субтропических полупустынь.

Наиболее четко серия подобных меридиональных зон выражена в субтропическом поясе Североамериканского континента. Фрагменты подобной же структуры наблюдаются в субтропическом поясе на лессовых плато в Китае (коричневые, серо-коричневые, сероземы), но здесь ареалы этих почв не образуют четко выраженных меридиональных зон.

В Южном полушарии элементы меридиональной зональности почв субтропического пояса наблюдаются в Южной Америке, где на широтах 30-40° ю. ш. в направлении от Атлантического побережья к внутренним равнинам последовательно сменяются область распространения красновато-черных почв прерий

и меридионально вытянутые узкие зоны субтропических черноземов, коричневых, серо-коричневых почв и сероземов.

Элементы подобной же структуры наблюдаются и на равнинах субтропической Юго-Восточной Австралии.

Западный приокеанический сектор субтропического пояса в отличие от восточного характеризуется средиземноморским типом климата с резко выраженным сухим летним периодом и в большей или меньшей степени влажным зимним.

Это области распространения летне-сухих (средиземноморских, калифорнийских) лесов и кустарников и эфемеровых полупустынь. В зависимости от степени влажности климата здесь чередуются ареалы коричневых почв ксерофитных субтропических лесов и кустарников, серо-коричневых почв ксерофитных кустарниковых степей и сероземов полупустынь.

На континентах подобный спектр почв наблюдается в субтропической зоне Средиземноморской Европы, Северной Африки и Передней Азии; в Северной Америке сочетания коричневых, серо-коричневых почв, сероземов и пустынных субтропических почв характерны для Калифорнии и Мексиканского нагорья.

В Южном полушарии подобные же сочетания почв характерны для юго-западной субтропической Австралии, южной субтропической Африки и субтропических районов тихоокеанского побережья Южной Америки (Чили).

Почти все названные районы имеют сложный рельеф, где чередуются горные хребты, плато и межгорные впадины, поэтому в западном приокеаническом субтропическом секторе на реальных континентах горизонтальные почвенные зоны не выражены. Здесь господствует горная зональность.

Тропический пояс – единственный, где зона пустынь занимает не только внутренние части континентов, но и выходит к западным побережьям. Эта закономерность выступает весьма отчетливо как в Северном, так и в Южном полушариях: в Африке, Северной и Южной Америке, Австралии.

По направлению от зоны тропических пустынь к экватору последовательно сменяют одна другую следующие почвенно-биоклиматические зоны: красновато-бурых почв опустыненных саванн, красно-бурых почв сухих саванн, коричнево-красных почв ксерофитных тропических лесов, красных ферраллитных и альферритных почв сезонно-влажных тропических лесов

и высокотравных саванн, красно-желтых ферраллитных почв постоянно-влажных тропических лесов.

Подобная структура почвенной зональности характерна для равнинной экваториальной и тропической Африки, где наблюдается относительно симметричное расположение названных зон к северу и югу от экватора. В восточной высокой Африке в силу местных климатических и орографических особенностей эта система нарушается.

Подобная же относительно симметричная система экваториальных и субэкваториальных почвенных зон наблюдается в Южной Америке.

В восточных приокеанических секторах континентов наблюдается проникновение красно-желтых ферраллитных, красных и красно-бурых почв саванн в более высокие северные и южные широты; широтные приэкваториальные почвенные зоны здесь изгибаются и приобретают меридиональное направление. Наблюдается смена зон не с севера на юг, а с запада на восток.

Красно-желтые ферраллитные почвы влажных тропических лесов занимают самые хорошо увлажненные восточные приокеанические области. К западу они последовательно сменяются красными и красно-бурыми почвами саванн и почвами тропических полупустынь и пустынь.

Примером подобной смены почвенно-биоклиматических областей и зон может служить тропическая муссонная Азия, где красно-желтые ферраллитные почвы влажных тропических лесов доходят вдоль восточных побережий Индокитая до Северного тропика; столь же далеко на север проникают красные и красно-бурые почвы саванн, занимающие более сухие области внутренних равнин Индокитая и Индостана. Еще западнее – на Аравийском полуострове – на этих же широтах красно-бурые почвы сменяются почвами тропических пустынь.

Проникновение красно-желтых ферраллитных почв до Северного тропика наблюдается также и на восточных, наиболее хорошо увлажненных побережьях Центральной Америки; побережье Калифорнийского залива на этих же широтах занято красно-бурыми почвами сухих саванн, а п-ов Калифорния – тропическими пустынями.

В суббореальном поясе Южного полушария на узком массиве суши Южной Америки наблюдается необычное для этих поясов

положение зоны полупустынных ландшафтов и почв непосредственно у восточных побережий. Причины этой аномалии – наличие вдоль восточных побережий Патагонии холодного Фолклендского течения и наличие горного барьера Анд на востоке, препятствующего проникновению влажных воздушных масс со стороны Тихого океана.

В бореальном поясе Южного полушария суша лишь островная. Восточная половина Огненной Земли, Фолклендские о-ва, о. Южная Георгия, Южные Сандвичевы о-ва, лежащие в этом поясе, безлесны, покрыты океаническими лугами и подушечниками и заняты дерновыми луговыми почвами и болотами.

Зона тундровых почв в Южном полушарии также отсутствует. Ледники Антарктики покрывают весь континент. Небольшие пространства, лишенные ледникового покрова (оазисы), в прибрежной части континента представляют собой полярные пустыни с карбонатными, местами засоленными почвами – аналогами арктических пустынных почв Северного полушария.

8.3. Региональные типы вертикальной (горной) биоклиматогенной зональности почв

Состав и структура почвенных вертикальных зон зависят от положения данной горной страны в системе географических поясов, а в пределах пояса – в различных секторах увлажнения (приокеанических и континентальных).

При всей сложности и многообразии типов распределения вертикальных почвенных зон и тесной зависимости их от орографии данной страны обобщение и систематизация материалов привели к представлениям об определенных типах структуры вертикальной зональности растительности и почв.

Наиболее простая и слабо меняющаяся структура горной зональности характерна для высокополярного и полярного поясов. Здесь выделяются два типа структур:

- *полярный пустынный* с широким распространением каменистых карбонатных арктических почв, часто засоленных, сменяющихся по мере увеличения абсолютной высоты нивально-ледниковой зоной, в пределах которой на выходах массивных пород наблюдается формирование карбонатных и гипсовых корок;

подобная картина характерна для Антарктики, для наиболее северных островов Канадского Арктического архипелага;

- *полярный арктотундровый,* свойственный горным массивам тундровой зоны Северной Америки и Евразии (горы Пойнт-Барроу на Аляске, горные массивы Новой Земли, Северного Урала, Таймыра, горы северо-восточной Сибири).

В бореальном поясе наблюдается некоторое усложнение структуры за счет появления новых почвенных зон в нижних частях гор и смещение границ почвенных зон кверху. Наибольшее разнообразие вертикальных зон наблюдается в горах внутреннего континентального сектора.

В бореальном поясе выделяются три типа существенно различных структур горной зональности:

- *бореальный гумидный*, приуроченный к горным массивам приокеанических западных и восточных областей, с горно-подзолистыми и горно-тундровыми почвами. Этот тип зональности характерен для Северных Кордильер, Скандинавского нагорья, восточных склонов гор Восточной Сибири;

- *бореальный экстраконтинентальный (мерзлотный)* широко распространен в горах и на плоскогорьях Средней Сибири и Восточной Сибири. В составе вертикальных почвенных зон преобладают почвы с постоянно мерзлым горизонтом – горные таежно-мерзлотные, кислые неоподзоленные и горно-подзолистые; с высотой они сменяются таежными подбурами и горно-тундровыми почвами; широко представлена гольцовая зона каменистой горной тундры;

- *бореальный континентальный тип* горной зональности хорошо выражен в горах Южной Сибири и в центральных Кордильерах. Состав вертикальных почвенных зон наиболее разнообразен и в наибольшей степени сходен со спектром широтных почвенных зон суббореального пояса. Он включает: горные черноземы, горные серые лесные почвы, горные кислые буро-лесные и буротаежные почвы, горные подзолистые и горно-тундровые почвы. Граница нивальной зоны по сравнению с горными районами гумидных суббореальных областей повышается на 500-700 м.

В суббореальном умеренно теплом поясе границы всех зон смещаются кверху. Появляются как в приокеанических, так и в континентальных секторах в высоком поясе гор зоны субальпийских горно-луговых и альпийских горно-луговых почв,

отсутствующих в более холодных поясах. Общая структура горной зональности усложняется особенно в континентальном секторе.

В суббореальном поясе выделяются два типа структур горной зональности:

- *суббореальный гумидный тип* зональности выделяется в западном и восточном приокеанических секторах. В системе вертикальных почвенных зон значительное место занимают бурые горно-лесные и темно-бурые кислые горно-лесные почвы, чередующиеся или сменяющиеся в высоких частях гор горно-подзолистыми и горно-луговыми. Такая смена почв наблюдается в Альпах, в береговых хребтах Центральных Кордильер, элементы этого же вертикального ряда почв (его нижние члены) характерны для Аппалачей, гор Дальнего Востока, Северной Кореи, Северной Японии, Тасмании, западных склонов гор о. Южного в Новой Зеландии, западных склонов Южных Анд в Чили;

- *суббореальный континентальный тип* наиболее хорошо выражен в горах Средней и Центральной Азии – в Северном и Восточном Тянь-Шане, в Восточном Алтае, в Кентее и Хангае. Подножия гор здесь лежат в области сухих степей и полупустынь. В составе вертикальных почвенных зон появляются горно-каштановые почвы, высоко в горы проникают горные черноземы, в горно-лесном поясе преобладают темно-бурые или темноцветные горно-лесные почвы, слабо ненасыщенные, часто с карбонатным горизонтом, чередующиеся с черноземовидными горно-луговыми и лугово-степными почвами. Хорошо выражены зоны субальпийских и альпийских горно-луговых почв. Нивальная линия лежит на 1200-1300 м выше, чем в горах приокеанических секторов континентов.

В субтропическом поясе выделяются четыре типа структур горной зональности:

- *субтропический средиземноморский тип* с участием горно-коричневых, бурых горно-лесных и горно-луговых почв наиболее хорошо выражен в горах Южной Средиземноморской Европы, на северозападных склонах Атласа в Северной Африке, на Береговых хребтах Кордильер, преимущественно на западных, обращенных к океану склонах. В Южном полушарии подобный же тип горной зональности свойствен западным склонам Анд в субтропическом поясе;

- *субтропический гумидный тип* характеризуется существенно иными вертикальными почвенными зонами. Здесь господствуют горные красноземы и желтоземы, часто оподзоленные, сменяющиеся в более высоких зонах желто-бурыми, бурыми и темно-бурыми горно-лесными почвами и зоной дерновых и торфянистых горно-луговых почв. Наиболее полно этот тип зональности выражен в горах Центрально-Южного Китая и в Восточном Тибете;

- *субтропический континентальный тип* горной зональности в отдельных звеньях сходен с субтропическим средиземноморским. Однако нижние члены вертикального ряда почв здесь представлены горными сероземами и горными серо-коричневыми почвами, затем следуют те же зоны, что и в средиземноморском ряду: горно-коричневых, горных бурых лесных и темно-бурых горно-лесных почв. Зона горно-луговых почв местами замещается зоной горных лугово-степных почв. Наиболее полно такой тип зональности выражен в горах Средней Азии; фрагменты этого ряда характерны для гор передней Азии, юго-восточных склонов Атласа, южной части Скалистых гор и бассейна Колорадо, северной части Западной Сьерра-Мадре на Мексиканском нагорье. В Южном полушарии фрагменты этой же структуры обнаруживаются на восточных склонах субтропических Анд и в горах южной оконечности Африки;

- *субтропический экстраконтинентальный тип* горной зональности характерен для гор и нагорий субтропического пояса Центральной Азии. Здесь на всех абсолютных высотах господствуют ландшафты и почвы пустынь или холодных сухих степей, переходящие в Тибетском нагорье, а также нагорьях Восточного Памира в обширные пространства высокогорных почв холодных пустынь. Граница нивальной зоны находится здесь на абсолютной высоте 5200-5800 м, т. е. лежит на 1000 м выше, чем в горах восточных приокеанических областей.

В тропическом поясе, в его центральном и западном секторах, структура зональности упрощается за счет преимущественного распространения в широком диапазоне абсолютных высот пустынных ландшафтов и почв. Здесь выделяются:

- *экстрааридный тип* горной зональности с господством горных пустынных почв. Яркими примерами этого типа служат Центральные Анды и горные массивы, поднимающиеся в центре Сахары – Тибести и Ахаггар;

- *гумидный тип* горной зональности тропического пояса, характерный для гор муссонной Юго-Восточной Азии. Вертикальный ряд почв начинается зоной горных красно-желтых (или темно-красных) ферраллитных почв, сменяющихся с высотой гумусными ферраллитными или аллитными почвами, переходящими в свою очередь в горные бурые и темно-бурые торфянистые, местами оподзоленные почвы. Верхняя безлесная зона занята высокогорными торфянистыми и торфянисто-дерновыми почвами. Этот тип горной зональности может быть назван гумидным экваториально-тропическим. Он характерен для Северных Анд, Восточных Гималаев, гор Малайского архипелага, Новой Гвинеи и др.

От приведенного ряда незначительно отличается субгумидный экваториально-тропический тип горной зональности, свойственный горам Восточной Африки, западным склонам гор Мадагаскара, восточным склонам Центральных Анд. Здесь появляются горные красно-бурые и горные красные почвы саванн.

Имеется много переходных типов со сложным переплетением элементов различных структур, обусловленных местными особенностями климата и рельефа.

Самый высокий уровень организации почвы – это мегаструктуры почвенного покрова. Они проявляются в различных сочетаниях почвенно-биоклиматических поясов и почвенно-биоклиматических областей на поверхности суши и имеют планетарный масштаб.

Контрольные вопросы

1. В форме каких законов проявляются главные закономерности в географии почв?
2. В чем заключается закон фациальности почв?
3. Сущность закона аналогичных топографических рядов.
4. В чем проявляется закон горизонтальной почвенной зональности?
5. Какие региональные закономерности горизонтальной почвенной зональности характерны для почвенно-биоклиматических поясов?
6. Какие региональные закономерности вертикальной (горной) почвенной зональности характерны для почвенно-биоклиматических поясов?

9. Современное состояние, мелиорация и охрана почвенных ресурсов

9.1. Функциональная ценность и структура использования почвенных ресурсов

Общая площадь суши Земли составляет около 150 млн км^2, что немногим менее одной трети всей поверхности планеты. Если исключить площади материковых ледников и внутриконтинентальных вод, то оставшиеся несколько более 130 млн км^2 будут характеризовать территорию, покрытую почвами.

При этом сюда будут включены как хорошо сформированные почвы (например, черноземы), так и примитивные или слаборазвитые почвы с коротким профилем (например, почвы песчаных пустынь, полярных районов, каменистых высокогорий и др.).

Формы использования человеком почвенного покрова весьма разнообразны. Являясь обязательным компонентом существования и благосостояния человечества, почвы служат фундаментом для поселений, промышленных объектов и транспортной сети, обеспечивают рекреационные потребности людей, их используют для складирования отходов производства и т. д. Наиболее фундаментальными для человека функциями почв оказываются те, благодаря которым поддерживается приемлемая для него среда обитания и биологическая продуктивность.

Среди многочисленных экологических функций почв выделяют глобальные и биогеоценотические.

Глобальные функции включают:

- гидросферные функции почвенного покрова. Выражаются в формировании речного стока, трансформации поверхностных вод в грунтовые, в обеспечении живых организмов водоемов приносимыми почвенными соединениями, в выполнении роли сорбционного барьера, защищающего акватории от загрязнения;

- атмосферные функции почвенного покрова. Заключаются в поглощении и отражении солнечной радиации, регулировании влагооборота и газового режима воздушного бассейна, в частности в удержании некоторых газов от ухода в космическое пространство и др.;

- почвы участвуют в биогеохимической трансформации верхних слоев литосферы, оказываясь источником веществ для образования минералов, пород, полезных ископаемых. Они обеспечивают передачу аккумулированной солнечной энергии в глубокие части земной коры, защищают ее от чрезмерной эрозии.

В широком общебиосферном плане почвенный покров выступает как связующее звено биологического и геологического круговоротов, как планетарная мембрана и узел всех биосферных связей, а также как фактор эволюции живых организмов.

На *биогеоценотическом уровне* также в полной мере проявляется полифункциональность почв. Выделяют около двух десятков биогеоценотических почвенных функций, которые обусловливают существование и эволюцию наземных экосистем. Особо важными для живых организмов представляются те из них, которые обеспечивают:

- жизненное пространство, жилище и убежище;
- условия депонирования семян и других зачатков, влаги, элементов питания и энергии;
- стимулирование и ингибирование биохимических и других процессов;
- сорбцию веществ, поступающих из атмосферы и с грунтовыми водами, а также сорбцию микроорганизмов;
- поступление сигналов для ряда циклических (сезонных и др.) биологических процессов, а также поддержание механизмов некоторых сукцессионных смен;
- регуляцию численности, состава и структуры биоценозов; сохранение биоразнообразия;
- «память» биогеоценоза;
- трансформацию веществ и энергии, находящихся в биогеоценозе;
- санитарную функцию;
- буферное и защитное экранирование биогеоценотической системы.

Наиболее интегральной экологической функцией почвенного покрова, ценнейшим для человека его качеством является *плодородие почв,* т. е. способность обеспечивать формирование биомассы растений, их рост, развитие и циклическое воспроизводство.

В более широком плане почва обладает *биологической продуктивностью,* которая касается не только растений, но и других организмов, полностью или частично обитающих в почве.

Свойства и режимы почв, обеспечивающие высокий уровень плодородия можно объединить в четыре группы:

- комплекс физических свойств почв: водопрочная зернистая и мелкокомковатая структура; высокие общая пористость и пористость аэрации, способствующие оптимальному воздушному режиму; хорошие впитывающая и водоудерживающая способность; благоприятные физико-механические свойства, обеспечивающие легкость обработки почв;

- комплекс химических и физико-химических свойств: высокое содержание гумуса с преобладанием в его составе гуматов кальция; высокое содержание доступных растениям форм азота, фосфора и калия; наличие доступных форм необходимых микроэлементов; близкая к нейтральной реакция среды; высокая емкость поглощения и насыщенность почвенного поглощающего комплекса кальцием, малое содержание или отсутствие поглощенных водорода, алюминия и натрия; отсутствие избытка легкорастворимых солей;

- комплекс биологических свойств: высокий уровень биологической активности; преобладание бактериальной микрофлоры; активность микроорганизмов-азотфиксаторов; ферментативная активность микроорганизмов, продуцирующих ферменты-биостимуляторы; наличие и активность мезофауны, разрыхляющей почву и способствующей образованию структуры;

- благоприятный гидротермический режим, обеспечивающий в течение всего вегетационного периода достаточные для оптимального развития растений запас тепла и доступной влаги.

Уровни природного плодородия почв, не подвергающихся воздействию человека, очень различны. Имеются почвы очень плодородные, в которых все или большая часть названных свойств близки к оптимальным. Вместе с тем есть почвы, которые в естественном состоянии отличаются низким плодородием.

В суббореальных поясах Земли наиболее высоким уровнем естественного плодородия обладают черноземы луговых степей и черноземовидные почвы прерий. В более влажных лесных областях суббореального и особенно бореального поясов, хотя и имеется достаточное количество влаги, повышается кислотность почв

и понижается содержание элементов минерального питания. В еще более высоких широтах в бореальном поясе не хватает тепла, почвы часто переувлажнены и поэтому менее плодородны.

В почвах аридных областей главный лимитирующий фактор плодородия – недостаток влаги, часто высокая щелочность, избыток солей, неблагоприятные физические и физико-химические свойства, связанные с наличием поглощенного натрия (например, в солонцеватых почвах и солонцах).

По отдельным континентам, странам и суше в целом были подсчитаны площади почв, сельскохозяйственное использование которых затрудняется как природными факторами, так и развитием некоторых отрицательных свойств почв при их использовании. Были учтены следующие лимитирующие факторы и свойства: недостаток и избыток влаги, уплотнение почв, малая их мощность (каменистость), наличие вечной мерзлоты.

Из названных факторов в мире в целом наиболее широко проявляется недостаток влаги; засухи выступают как лимитирующий фактор плодородия на 28% площади суши. В Южной Азии, Африке и Австралии ими охвачено 43-55% территории.

Весьма значительное лимитирующее воздействие оказывают уплотнение почв (23%,) и их малая мощность (22%).

Избыток влаги ограничивает возможности использования почв на 10%, а вечная мерзлота – на 6% площади суши.

Таким образом, остается всего лишь 11% площади суши, на которой почвы не подвержены воздействию названных лимитирующих факторов.

О структуре использования почвенных ресурсов можно судить на основании мировых статистических данных об использовании земель. Выделяются площади пашни, пастбищ, лесов и кустарников и прочих земель, частично или полностью лишенных почвенного покрова (снега, ледники, скальные поверхности, развеваемые, лишенные растительности пески).

Такие данные показывают, что в настоящее время лишь небольшая часть общей площади суши мира (11,2%) распахана. Однако по отдельным континентам и странам площади распаханных почв и доля их участия в общем земельном фонде существенно варьируют.

Площадь распаханных земель близка к средней мировой в Северной и Центральной Америке (12,7%), несколько выше в Азии

(16,8%). Слабо используется в земледелии почвенный покров в Южной Америке (6,4%) и особенно в Африке (6,4%) и в Австралии с Океанией (6,1%). Наиболее высока степень распаханности земель в зарубежной Европе (32,3%).

Сравнение площадей пахотных земель по географическим поясам показывает, что первое место по общей площади пахотных земель (неорошаемых и орошаемых) занимают субтропики (730 млн га); почти такие же площади пахотных земель в суббореальных поясах (720 млн га) и несколько меньше в тропических (656 млн га).

Площадь сельскохозяйственных земель в мире не остается постоянной. В развивающихся странах она неуклонно увеличивается, в развитых странах проявляется обратная тенденция. Сокращение площади пашни за последние годы в развитых странах связано с экономическими причинами – ростом производительности продукции, перепроизводством основных сельскохозяйственных культур и снижением цен на фермерскую продукцию.

По данным государственного учета (на 01.01.2020 г.), общая площадь земельного фонда РФ составляет 1712519,1 тыс. га, который распределяется по категориям земель. Почти две трети территории страны (65,8%) занимают земли лесного фонда; около четверти территории (22,3%) – земли сельскохозяйственного назначения; 2,9% территории относится к землям особо охраняемых территорий и объектов; 1,6% – земли водного фонда; 1,2% – земли населенных пунктов; 1,0% – земли промышленности и иного специального назначения; 5,2% – земли запаса.

9.2. Состояние почвенных ресурсов и факторы их изменения

Наиболее значимым фактором, определяющим состояние почвенных ресурсов, является хозяйственная деятельность людей, в первую очередь – сельскохозяйственная, поскольку она охватывает наибольшие площади земель.

До появления земледельческой культуры, на первых этапах развития человеческого общества воздействие человека на почвы было незначительным. Но с возникновением земледелия, различных форм обработки земли, сельскохозяйственной техники, а позднее и удобрений, по мере развития различных отраслей

промышленного производства, с ростом численности населения планеты это воздействие все более и более возрастало.

В истории глобальных изменений почв и почвенного покрова, вызванных антропогенным фактором, можно выделить несколько периодов:

- в палеолите и неолите (1-2 млн лет назад) были очень медленные и слабые изменения почв;

- в течение последних 10 тыс. лет развивающееся земледелие, вначале охватив тропические территории, распространилось в суббореальные и бореальные области; в аридных и семиаридных районах составной частью земледелия стало орошение;

- в течение последних 300 лет произошла колонизация континентов, земледелие начало развиваться в зоне степей, прерий и саванн с преимущественным развитием товарного производства сельскохозяйственных продуктов; заметное воздействие на почвы стали оказывать поселения людей, дорожная сеть;

- в течение последних 150 лет получила развитие и распространение химизация сельского хозяйства; в качестве фактора изменений почвенного покрова начала проявлять себя бурно развивающаяся промышленность;

- последние 50 лет сельскохозяйственное производство развивается на основе научно-технического прогресса, с использованием интенсивных технологий; высокие темпы набирают добывающие, энергетические, перерабатывающие отрасли экономики, нередко становясь мощным фактором воздействия на почвенный покров.

Воздействие человека на почвы может быть косвенным и прямым.

Косвенное (через факторы почвообразования) *воздействие* осуществляется путем:

1. изменения среды почвообразования:

- макро- и микроклимата;

- химического состава атмосферы (повышения содержаний в воздухе CO_2, CH_4, SO_x, NO_x, продуктов радиоактивного распада);

- увеличения содержания аэрозолей как природного (пыль), так и антропогенного (техногенные аэрозоли, силикаты, сульфаты и др.) происхождения;

2. изменения гидросферы:

- уровня морей (включая изменения интенсивности приливов);

- глубины залегания и режима фунтовых вод;

- режима рек и озер (при строительстве плотин, каналов);

3. изменения в литосфере (почвообразующих породах):

- изменения окислительно-восстановительных и кислотно-основных условий;

- изменения условий миграции и аккумуляции солей и в целом солевого баланса;

- извлечения на поверхность пород, обогащенных разными, в том числе токсичными, химическими элементами и их соединениями;

4. изменения естественного растительного покрова:

- в результате вырубки или посадки лесов, перевыпаса скота на пастбищах;

- при выжигании лесов, саванн и кустарников;

- в результате перегрузки современной экологической емкости природного ландшафта пахотными угодьями, сенокосами, пастбищами и т. д.

Прямое воздействие человека на почвы осуществляется:

- при ее обработке, особенно с применением разнообразной тяжелой сельскохозяйственной техники;

- при орошении и осушении почв;

- при применении органических и минеральных удобрений, а также пестицидов;

- при турбациях почвенного профиля при строительных и других работах и т. д.

Современное состояние значительной части почвенного покрова мира – это результат развития промышленности и сельского хозяйства в течение последних 100-150 лет при всевозрастающем росте народонаселения.

Воздействия человека на почвы, прямые или косвенные, имеют как положительные, так и отрицательные последствия.

К *положительным эффектам* воздействия человека на почвы приводят целенаправленные действия, базирующиеся на научно обоснованных рекомендациях и адекватной земельной политике.

Особенно показательны позитивные антропогенные изменения почв, которые приводят к повышению их продуктивности и проявляются в значительном росте урожайности сельскохозяй-

ственных культур. Из двух факторов прироста мировой земледельческой продукции – освоение новых земель и увеличение урожайности – именно последний фактор играл в последние десятилетия основную роль в мире.

Применение минеральных удобрений совместно с органическими наряду с совершенствованием способов внесения удобрений, приемов обработки почв и подбором наиболее высокопроизводительных в данных биоклиматических условиях сортов культурных растений остается для человечества составной частью стратегии улучшения земледельческих качеств почвенного покрова и решения продовольственных проблем.

Наряду с удобрениями для повышения плодородия почв применяется их мелиорация, и в частности – для почв с неблагоприятным водным режимом – их орошение и осушение.

Кроме орошения мелиорация почв включает широкий спектр других агрофизических, агрохимических, агротехнических и инженерных мероприятий, которые способствуют повышению и сохранению высокого уровня продуктивности почв и соответственно улучшению их качества.

Научной основой для разработки почвенно-мелиоративного проектирования служат специальные почвенные карты, содержащие информацию об актуальных свойствах почв и возможном их изменении при том или ином типе использования. Одной из важнейших задач современного почвоведения является разработка общей концепции и критериев качества почв, а также методов его улучшения.

Хозяйственная деятельность людей приводит не только к положительным, но и к *отрицательным результатам* в состоянии почв.

Так, наряду с несомненным положительным эффектом применения минеральных удобрений наблюдаются и нежелательные последствия. Избыток азотных удобрений обусловливает накопление в почве нитратов. Вымывание избыточных нитратов из почв создает опасность загрязнения грунтовых и поверхностных вод, они становятся непригодными для питья и приготовления пищи.

Многие удобрения, например сульфат аммония, аммиачная селитра, суперфосфат и другие, при длительном применении подкисляют почвы и таким образом ухудшают их свойства. Поэтому,

чтобы избежать подкисления почв, наряду с удобрениями необходимо вносить для нейтрализации кислотности почв известь.

В некоторых удобрениях в виде примесей присутствуют микроэлементы (свинец, кадмий, фтор), накопление которых в почвах может вызвать токсический эффект.

Некоторые токсичные микроэлементы (мышьяк, ртуть) входят в состав пестицидов: гербицидов, инсектицидов и фунгицидов, применяемых для борьбы с сорняками, вредными насекомыми, в качестве протравителей семян, для борьбы с болезнями растений.

Загрязнение почв токсичными микроэлементами и остаточными количествами пестицидов – одна из серьезных проблем сельскохозяйственного использования земель. Загрязнению подвергаются не только почвы пахотных угодий, но прилегающие к ним территории, занятые сенокосами и пастбищами, куда могут поступать загрязнители при поверхностном, внутрипочвенном боковом стоке и с грунтовыми водами.

Вокруг промышленных центров и транспортных магистралей техногенное загрязнение почв тяжелыми металлами и другими токсичными микроэлементами, а также полициклическими ароматическими углеводородами повышается в десятки раз: создаются локальные техногенные геохимические аномалии в радиусе нескольких километров от источников загрязнения.

Выбросы в атмосферу оксидов азота, серы и их последующее окисление создают опасность появления кислотных дождей и соответственно подкисления почв.

Наряду с загрязнением почв их хозяйственное использование сопровождается развитием эрозии и дегумификация почв.

Ускоренная антропогенная эрозия – один из наиболее широко распространенных негативных процессов, разрушающих почвенный покров и снижающих плодородие почв.

Борьба с водной и ветровой эрозией почв, хотя и ведется повсеместно и в ослаблении этих процессов достигнуты за последние 30-50 лет определенные успехи, все же ликвидировать их полностью не удается. Смываются частично или полностью верхние – самые плодородные – гумусовые горизонты почв.

Весьма серьезные проблемы сохранения почв и почвенного покрова стоят при использовании почв в условиях орошения. Согласно международной статистике, около 50% орошаемых земель подвержены вторичному засолению, подщелачиванию

и подтоплению. Это связано как с технологическим несовершенством методов поливов, так и с недостатками проектирования, выбором территории и общего устройства ирригационных систем без должного учета солевых и водных балансов орошаемых территорий, водно-солевого режима почв и грунтовых вод.

Вследствие деятельности человека деградировало около 2000 млн га почв, что приблизительно составляет 15% от поверхности суши Земли. При этом около 910 млн га земель оцениваются как умеренно деградированные со значительным уменьшением плодородия, около 300 млн га почв – как сильно деградированные и 9 млн га – как крайне деградированные, т. е. не подлежащие восстановлению.

Количественное соотношение основных видов деградации почв следующее: 56% приходится на водную эрозию, 28% – на ветровую эрозию, 12% – на химическую и 4% – на физическую деградацию почв.

В России, по данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды РФ в 2019 году», обследованная на негативные процессы площадь сельскохозяйственных угодий составила 12773,25 тыс. га, из них сельскохозяйственные угодья, подверженные:

- ветровой эрозии составили 1643,74 тыс. га (12,9%),
- водной эрозии – 2467,89 тыс. га (19,3%),
- засолению – 277,51 тыс. га (2,2%),
- переувлажнению – 849,76 (6,7%).

Эрозия почв – процесс разрушения почвенного профиля под действием воды (водная эрозия) и ветра (ветровая эрозия, или дефляция).

Водная эрозия проявляется на склонах с уклоном более 1° и даже при уклоне 0,3-0,5° при стоке талых и дождевых вод. По форме проявления различают поверхностную (плоскостную) водную эрозию или смыв почвы, и овражную водную эрозию или размыв почвы. Степень развития водной эрозии определяется природными и антропогенными факторами, к которым относится климат, рельеф, растительный покров, гранулометрический состав.

Ветровая эрозия (дефляция) – это разрушение почвенного покрова под действием ветра. Возникновение ветровой эрозии связано с действием воздушных потоков на частицы почвы, которые приходят в движение.

В зависимости от интенсивности и формы проявления эрозия подразделяется на местную, или повседневную, пыльные бури и выдувание почвы зимой вместе со снегом. Факторы ветровой эрозии – климат, рельеф местности, растительность, свойства почв.

Наиболее сложной формой эрозионных процессов является *совместная эрозия* – одновременное проявление водной и ветровой эрозии. Совместная эрозия может проявляться при одновременном сочетании следующих факторов: переувлажнение почвы-сток воды-смыв; размыв-иссушение-распыление-выдувание.

Промышленная эрозия почв – это разрушение почвенного покрова промышленной деятельностью человека.

Добыча полезных ископаемых открытым способом сопровождается образованием карьеров, отвалов, терриконов, которые нарушают растительный и почвенный покровы, гидрологический и гидрохимический режимы территории.

Подземная добыча полезных ископаемых со временем приводит к развитию просадочных явлений, изменению рельефа и гидрологического режима территории.

Добыча нефти ведет к загрязнению почвы сырой нефтью, нефтяными водами, пластовыми водами.

Промышленное и гражданское строительство, сооружение линий электропередач, дорожное строительство сопровождается полным разрушением почвенного покрова и бессрочным изъятием земель.

Процессы *вторичного засоления*, *осолонцевания* и *слитизации* почв возникают на орошаемых землях при нарушении правил эксплуатации мелиоративных систем.

Вторичное засоление – это засоление почвы при орошении ее минерализованными водами или пресными водами в результате подъема уровня минерализованных грунтовых вод.

Вторичное осолонцевание – это комплекс процессов, вызванных содовым засолением, что приводит к подщелачиванию почвенного раствора, увеличению содержания натрия в составе поглощенных катионов, повышению мобильности органического вещества, ухудшению водно-физических свойств почвы и прежде всего структуры.

Вторичная слитизация – это ухудшение структуры почвы вследствие содового засоления. Слитизация ведет к понижению

содержания доступной для растений влаги, к ухудшению воздухообмена, затруднению обработки почвы, промывки от солей и др.

Переувлажнение почв – состояние почвы в целом или отдельного ее горизонта, при котором влажность почвы (или отдельного горизонта) сохраняется выше наименьшей влагоемкости сравнительно длительный период времени, затрудняя или исключая воздухообмен между почвой и приземным слоем. Сопровождается чаще всего возникновением анаэробных условий и соответствующих им окислительно-восстановительных процессов, приводящих к угнетению или гибели растений.

9.3 Социально-экономические факторы охраны почв и почвоохранная политика в России

Почвенные ресурсы являются одним из важнейших национальных богатств России. С ними теснейшим образом связана продовольственная, экологическая и экономическая безопасность страны. На протяжении отечественной истории отношение общества и государства к охране почв существенным образом изменялось в соответствии с эволюцией идеологических доктрин, национального менталитета и подходов к решению социальных задач.

Становление национальных подходов к охране почв произошло в конце XIX в., когда Россия столкнулась с масштабными явлениями деградации почвенных ресурсов, прежде всего черноземной зоны, причиной чего были жестокие засухи и нерациональный подход к землепользованию.

Тогда (в 1886 г.) под эгидой Вольного экономического общества была организована Черноземная комиссия, а в 1888 г. – Почвенная комиссия, которую возглавил В. В. Докучаев.

В своих основополагающих трудах он показал, что деградация почв является следствием нерегламентированной распашки, уничтожения лесов на водоразделах, ухудшения водного режима территорий, а первопричиной всего этого остается архаичность российской системы организации сельского хозяйства.

В. В. Докучаев со своими сподвижниками обосновал систему мероприятий по преодолению ущерба, нанесенного почвам России, и развернутую программу восстановления земель черноземной полосы страны.

В 1906 г. российское правительство начало радикальные изменения системы землевладения. Свободный выход из общины, крестьянская собственность на землю, хуторское расселенение, создание крестьянских банков для получения ссуд изменили всю систему крестьянского хозяйства в стране. Оживился внутренний сельскохозяйственный рынок, стало производиться больше продукции, повышаться ее конкурентоспособность, начали осваиваться передовые приемы обработки и мелиорации почв, и как результат – наметилось улучшение их качества.

Важным пунктом реформы было переселение крестьян на свободные земли в Сибирь, Среднюю Азию и Казахстан. Для учета и оценки качества этих земель при российском правительстве организовывались специальные почвенно-ботанические экспедиции. Были составлены почвенные карты на общую площадь около 3 млн км^2. В перспективе эти картографические материалы должны были стать основой рационального землепользования в районах нового освоения.

Октябрьская революция 1917 г. остановила земельную реформу, начатую при столыпинском правительстве. «Декретом о земле» отменялась частная собственность на землю и запрещались земельные сделки (купля, продажа, залог и др.).

Земля объявлялась «всенародным достоянием», национализировалась и подлежала передаче в пользование всем желающим трудоспособным гражданам страны по равной норме. Очевидно, что курс на «уравнительное землепользование» не мог конструктивно способствовать решению почвоохранных задач.

Некоторым временным отступлением от этого подхода была начавшаяся в 1921 г. новая экономическая политика (НЭП), при которой были введены элементы рыночных отношений в сельском хозяйстве, и на основе разрешенной аренды стало возможным перераспределение земли в пользу наиболее рачительных земледельцев – «цивилизованных кооператоров». Открылись перспективы не только для практической реализации такой политики, но и для ее научно обоснованного совершенствования.

В 20-е гг. ярко проявила себя уникальная плеяда выдающихся российских ученых, исследования которых касались различных вопросов оптимального землепользования, – Д. Н. Прянишников, В. И. Вернадский, Н. И. Вавилов, А. В. Чаянов, К. Д. Глинка и др.

В первые годы советской власти даже по признанию западных исследователей новому правительству в принципе не были чужды природоохранные идеи. Оно пыталось реализовать доктрину рациональной организации экономической и социальной жизни страны, поэтому, в частности, позитивно воспринимало намерения специалистов установить лимиты экономической активности в различных природных регионах России, которые могли быть разработаны на базе «эталонных» исследований в «чистой природе».

Однако к концу 20-х годов главенствующим со стороны государственной власти становится утилитарный подход к природным, в том числе почвенным, ресурсам. Официально поддерживается идеология «борьбы с природой», «покорения природы». Поэтому вопросы, так или иначе касавшиеся почвенной деградации, все в меньшей и меньшей степени становились объектом внимания.

В послевоенные годы начинает осуществляться программа восстановления разрушенного народного хозяйства. В основных земледельческих районах степной и лесостепной зон развертываются масштабные мелиоративные и землеустроительные работы, направленные на улучшение качества почв и повышение их устойчивости против засух.

Программа осуществлялась на основе позитивных научных идей В. В. Докучаева, П. А. Костычева, В. Р. Вильямса и имела в основном положительное значение для восстановления плодородия почв и их охраны. Однако, несмотря на это, она была приостановлена в середине 50-х годов.

Для решения обостряющейся зерновой проблемы были приняты новые ориентиры – освоение целинных и залежных земель в восточных районах страны. И до начала, и в процессе целинной кампании учеными страны велись основательные разработки почвосберегающих земледельческих технологий, специально адаптированных к засушливым территориям, составлялись карты эрозионно-опасных земель. Бесплужная и безотвальная обработка почвы, парозерновые севообороты с короткой ротацией, почвозащитный комплекс системы ландшафтного земледелия – весь этот арсенал мер вполне мог обеспечить экологически безопасное освоение целинных и залежных земель.

Однако рекомендации специалистов не были в то время использованы в необходимой степени. Перепахивание всех площадей подряд, включая склоны, пески, засоленные земли,

вызвало сильнейшую дефляцию почв и деградацию почвенного покрова.

В 1967 г. Правительство выпускает постановление, посвященное неотложным мерам по защите почв от эрозии и дефляции. Оно становится одним из первых решений, которое вместе с рядом других государственных документов формирует почвоохранную политику страны в 1960-1980 гг.

В этих документах декларируется, что охрана и повышение плодородия почв являются общенародной задачей, что государство осуществляет контроль за состоянием земельных ресурсов и устанавливает формы уголовной и административной ответственности за нарушение утвержденного режима их использования.

Указывалось, что предприятия за счет своего бюджета должны принимать меры по поддержанию качества почв и выплачивать компенсацию в случае нанесения им ущерба.

С конца 60-х годов на охрану земель в стране в плановом порядке выделяются материальные ресурсы и капитальные вложения, разрабатываются генеральные схемы и местные проекты рационального землеустройства, обосновываются зональные почвосберегающие системы земледелия и т. д.

Однако к концу 80-х годов почвенно-деградационные процессы проявляют себя во многих регионах страны. Различные правительственные программы, направленные на интенсификацию сельского хозяйства, приводят к увеличению антропогенных нагрузок на почвы.

Помимо водной и ветровой эрозии, которая, несмотря на возрастающий объем противоэрозионных мероприятий, поражает все большие площади земельных угодий, обнаруживают себя загрязнение почв пестицидами и избытками минеральных удобрений, их дегумификация и переуплотнение.

Масштабные водно-мелиоративные проекты нередко становятся причиной вторичного засоления и заболачивания почвенного покрова.

Интенсивное развитие металлургии, энергетических мощностей тепловых электростанций, уровня урбанизации приводит в ряде мест к значительному загрязнению земель стоками промышленных поллютантов и их атмосферными выпадениями, твердыми отходами производства. Почвам наносится ущерб из-за аварийных разливов нефти и антропогенных пожаров на нефтепромыслах.

Причины всего этого заключались в том, что на практике постулат форсированного экономического развития, как правило, давлел над идеей экологически сбалансированных отношений между человеком и природой.

Все основные материальные и трудовые ресурсы направлялись прежде всего на ускорение темпов и увеличение объемов производства. Именно эти показатели были главными при оценке работы сельскохозяйственных и промышленных предприятий. Что же касается почвоохранных мер, то при всех официальных декларациях об их важности они во многих случаях отступали на второй план.

Нередко даже предусмотренные государственными программами капитальные вложения в охрану земель не осваивались руководителями предприятий, поскольку требовали отвлечения сил и внимания от основных производственных задач, которые и без того, как правило, выполнялись с большим напряжением.

С середины 80-х годов в стране начинается новый этап эволюции почвоохранной политики, происходит перестройка всех структур общества, и ее лидеры объявляют решение экологических задач одними из важнейших, ставя их по приоритетности на одно из первых мест.

Начинается пребразование земельных отношений. Его правовой базой являются новые основы законодательства о земле, а также последовавшие за ними российские законы «О земельной реформе», «О крестьянском (фермерском) хозяйстве», «О социальном развитии села» и др.

Правительство ставит целью реорганизацию колхозов и совхозов путем образования на их землях сельскохозяйственных кооперативов, акционерных обществ, товариществ или индивидуальных крестьянских хозяйств. Вводится, хотя и ограниченное, право частной собственности на землю. Реформаторы возлагают надежды на то, что новые формы землевладения обеспечат более эффективное хозяйствование на селе и что новый хозяин земли (фермер или кооператор) не допустит порчи своей собственности.

Принимается новый земельный кодекс, в котором среди других положений излагаются некоторые меры экономического стимулирования охраны земельных ресурсов. Были приняты и другие государственные решения, направленные на упорядочение земельных отношений и совершенствование системы учета и охраны

земель в соответствии с социально-экономическими преобразованиями, происходящими в стране.

С начала 90-х годов параллельно с созданием новой законодательной базы для рационального использования и улучшения экологического качества почв в России предпринимаются попытки практического решения почвоохранных проблем путем подготовки и выполнения специальных государственных программ.

В этом плане показательной является «Государственная комплексная программа повышения плодородия почв России», утвержденная постановлением Правительства в 1992 г. и предусматривавшая на больших площадях внесение в почвы органических и минеральных удобрений, их известкование и гипсование, развитие противоэрозионных овражно-балочных насаждений, предполагалась реконструкция оросительных и осушительных систем и т. д.

К середине 90-х годов российские ученые и специалисты разрабатывают целый комплекс новых технологий и инженерных решений для обеспечения экологически устойчивого использования земельных ресурсов в стране.

Научно обоснованы концепция и методические рекомендации для развития адаптивно-ландшафтных систем земледелия на основе всестороннего учета природно-ресурсного и социального потенциалов территорий, а также экологической оправданности и экономической рентабельности проектов.

К сожалению, вышеуказанные законодательные, организационные и научно-исследовательские наработки не были в полной мере реализованы на практике и оказались недостаточными для того, чтобы решить проблемы охраны почв в России.

Предусмотренные «Программой повышения плодородия почв» объемы работ из года в год отставали от намеченных планов и даже имели тенденцию к ежегодному снижению. В результате деградация российских почв не только не была приостановлена, но и усилилась в ряде регионов.

Причины такого неблагополучного положения с почвенными ресурсами страны и низкой эффективностью государственных мер по его исправлению заключались в особенностях российских экономических реформ.

Начиная с 1992 г. правительством была сделана ставка на монетарные механизмы перехода к рыночным отношениям. Усилия были сосредоточены на создании новой финансово-банковской

системы, стабилизации курса национальной валюты, развитии основ свободной торговли и саморегулирования экономики.

Всеми возможными средствами форсировалась «капитализация» экономической жизни. В этих условиях стихия «дикого» рынка стала захлестывать страну и препятствовать необходимой работе государственной власти по планомерной структурной перестройке экономики.

Как и в других производственных отраслях, структурные изменения в сельском хозяйстве оказались непоследовательными и малоэффективными. Превращение колхозов и совхозов в товарищества с ограниченной ответственностью, ассоциации крестьянских хозяйств и др. происходило часто поспешно, без создания необходимых условий для существования предприятий новых форм собственности.

Большинство из них оказывались в трудном положении из-за резкого усиления налогового пресса, крайне обременительного банковского кредитования, непривычной конкуренции с зарубежными поставщиками на рынке товарной продукции и отсутствия должной государственной заботы и поддержки.

Дополнительными проблемами для семейных фермерских хозяйств были недостаток начального капитала, потеря доступа к производственной инфраструктуре (ремонт техники, хранение продукции и др.), отсутствие традиций индивидуального хозяйствования и нередко скептицизм местной власти.

Перечисленные финансовые, материальные и организационные трудности вынуждали земледельцев сдерживать рост производственных издержек за счет нарушения технологии сельскохозяйственных работ, а также сокращения затрат на почвоохранные и мелиоративные мероприятия, что приводило к «истощительному сельскохозяйственному землепользованию» и деградации почвенного покрова.

Из сказанного можно сделать вывод о том, что та или иная форма собственности на землю, включая частную, сама по себе не гарантирует экологически устойчивого использования земельных ресурсов, повышения плодородия почв и соблюдения землевладельцами норм почвоохранного законодательства.

Только адекватная и последовательная политика государства, направленная на управление экологическим поведением землепользователя, может обеспечить достижение этих целей.

Поэтому в самом начале XXI в. необходимо осознание того, что проведение последовательной целенаправленной природоохранной, в том числе почвоохранной, политики должно быть одной из важнейших государственных функций.

В этом случае почвоохранные программы будут реально выполняться, а почвоохранное законодательство не ограничится лишь декларированием правильных положений, а будет включать в себя четкие механизмы их исполнения, подкрепленные бюджетными решениями.

Параллельно с этим в стране должны предприниматься меры для перенесения хотя бы части бремени экологических затрат с государства на частные источники.

Это может быть достигнуто путем развития в сельском хозяйстве рынка экологических квот, который успешно действует в ряде стран и заключается в выделении государственных квот на загрязнение почв и вод, на сокращение площадей влажных земель с гидроморфными почвами и т. д.

При такой постановке вопроса роль государства выражается не в прямом финансовом обеспечении почвоохранных программ, а только в установлении «правил игры» на рынке экологических квот и контроле за соблюдением этих правил.

В России необходимо создать систему реальных стимулов для экологически безопасного использования почвенных ресурсов. Такие формы деградации земель, как почвенная эрозия, засоление почв, потеря почвенного плодородия, являются лишь физическим выражением истощительного землепользования и некачественного управления хозяйством, вызванных негативными экономическими, социальными, политическими и правовыми факторами.

Многие прежние почвоохранные российские программы концентрировались именно на устранении симптомов, вместо того чтобы устранять причины проблем. При этом землепользователи рассматривались только как получатели предписанных экспертами рекомендаций. Совершенно ясно, что подобный подход не мог дать хороших результатов. Спускаемые сверху рекомендации были часто непривлекательными для землепользователей, поскольку они не видели в них своего интереса.

Подобный подход к охране почв должен быть изменен. Землепользователь должен быть непосредственно вовлечен в процесс осознания проблем, принятия решений и их реализации.

Для экологически безопасного использования почвенных ресурсов в России должен быть разработан широкий спектр механизмов стимулирования землепользователей – грантов, субсидий, займов, налоговых поощрений, гарантий закупочных цен, выгодных соглашений по землевладению, долевого с государством участия в почвоохранных мероприятиях, страховых экологических премий, а также технической и социальной помощи, маркетинговых и образовательных услуг и т. д.

Проблема охраны и рационального использования природных ресурсов стала в настоящее время одной из самых насущных задач человечества.

Охрана почв в этой проблеме занимает особое место, которое определяется, прежде всего, тем, что 88% пищи человечество получает в результате обработки земли.

Если же учесть и продукты животноводства, использующего луга и пастбища, то эта цифра возрастает до 98%. А между тем ценность почвы определяется не только ее исключительно важным значением для сельского хозяйства, но и той великой экологической ролью, которую она играет в жизни всех организмов суши и биосферы Земли в целом.

Охрана и рациональное использование почв – это система мероприятий, направленных на защиту, улучшение и рациональное использование земель, увеличение плодородия почв и поддержание устойчивости биосферы в целом.

Защита почв от водной эрозии заключается в предупреждении, ликвидации очагов и прекращении процесса ее развития. Сущность мероприятий состоит в уменьшении поверхностного стока, сохранении максимального количества атмосферных осадков, переводе поверхностного стока во внутрипочвенный, в усилении противоэрозионной стойкости почв.

Разработка принципов охраны почв от ветровой эрозии должна предусматривать создание ветроустойчивых агрегатов почвы и сохранение пожнивных остатков на ее поверхности.

Защита почв от ветровой эрозии осуществляется с помощью почвозащитных севооборотов, агротехнических и лесомелиоративных мероприятий.

Нарушенные в результате промышленной эрозии земли подлежат рекультивации. Рекультивация земель – это комплекс мероприятий по восстановлению и оптимизации нарушенных

ландшафтов. Она включает комплекс горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных и инженерно-строительных работ, направленных на восстановление нарушенного плодородия почв.

Охрана почв от избыточного орошения и вторичного засоления включает следующие мероприятия:

- создание закрытой сети каналов, включающей инфильтрацию;
- создание дренажной сети, не допускающей подъема уровня грунтовых вод;
- капитальные промывки засоленных почв для удаления солей из корнеобитаемого слоя и др.

Охрана почв от содового засоления и слитости включает следующие мероприятия:

- химическая мелиорация (гипсование);
- применение физиологически кислых и кальцийсодержащих удобрений;
- включение в севооборот многолетних трав;
- рациональное водопользование, исключающее затопление, подтопление и иссушение почв;
- мониторинг водно-солевого режима орошаемых почв, их структурного состояния, содержания гумуса для предотвращения деградации орошаемых земель.

Для восстановления почв, загрязненных пестицидами, необходимо: внесение высоких доз органических удобрений; внесение химических соединений, ускоряющих разложение и поглощение пестицидов; глубокая отвальная обработка почвы; проведение промывных поливов и др.

Очищение почв от тяжелых металлов проводят путем промывок, извлечения из почвы с помощью выращиваемых растений, внесения фосфорных минеральных удобрений, удаления верхнего загрязненного слоя и др.

Восстановление загрязненных нефтепродуктами почв возможно путем выращивания растений, устойчивых к нефтяному загрязнению, в результате завоза незагрязненной почвы.

Охрана почв от разрушения и загрязнения чрезвычайно сложна и многогранна. Практическое осуществление мер по охране почв связано не только с природными особенностями, но и с социально-экономическими условиями. Поэтому успешное решение

этой проблемы, особенно в масштабах целых стран, приобретает международное значение.

Непременным условием правильного землепользования является организация и систематическое проведение экологического мониторинга почв, который должен предусматривать не только слежение за динамикой свойств почв, но и периодическое картографирование почвенного покрова.

Контрольные вопросы

1. Перечислите глобальные и биоценотические функции почвы.
2. Назовите факторы, обеспечивающие высокий уровень плодородия почв.
3. Охарактеризуйте лимитирующие факторы плодородия почв.
4. В чем проявляется косвенное и прямое воздействие человека на почвы?
5. Назовите положительные и отрицательные эффекты воздействия человека на почвы.
6. Охарактеризуйте периоды становления почвоохранной политики в России.
7. Перечислите основные социально-экономические факторы охраны почв.

Краткий словарь терминов и определений

Абсолютный возраст почв – время, прошедшее с начала формирования почвы до настоящего времени.

Автоморфные почвы – формируются на ровных поверхностях и склонах при глубоком залегании грунтовых вод (глубже 6 м), не оказывающих воздействие на процессы почвообразования.

Агрегатный состав почв – относительное содержание в почве структурных отдельностей различной формы и размеров, состоящих из механических элементов.

Актуальная щелочность – обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей (Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$), при диссоциации которых образуется гидроксильный ион.

Аллювиальный процесс – это перемещение паводковыми водами взмученного материала и накопление речного аллювия в результате оседания на поверхности пойменных почв твердых частиц из паводковых вод.

Альбедо почвы – представляет собой количество коротковолновой солнечной радиации, отраженное поверхностью почвы и выраженное в долях единицы или в процентах от общей величины солнечной радиации, достигающей поверхности почвы.

Амфолитоиды почв – почвенные коллоиды, способные менять заряд и проявлять либо ацидоидные, либо базоидные свойства, в зависимости от реакции среды.

Анализ почвы – совокупность методов исследования состава и свойств почвы.

Ареал почвенный элементарный – площадь, занимаемая однородным почвенным образованием, внутри которого отсутствуют какие-либо почвенно-географические границы.

Ацидоиды почвы – отрицательно заряженные коллоиды (многие глинистые минералы, кремнекислота, гуминовые кислоты).

Агроландшафт – ландшафт, на большей части которого естественная растительность заменена посевами и посадками сельскохозяйственных растений.

Базоиды почвы – положительно заряженные коллоиды (гидраты окислов железа, алюминия).

Баланс водный почвы – совокупность всех видов поступления влаги в почве и ее расхода из почвы в их количественном выражении за определенный промежуток времени и для определенного слоя почвы. Выражается в мм водного слоя или $м^3$/га в форме уравнения водного баланса.

Биологическая поглотительная способность – обусловлена поглощением элементов питания и кислорода почвенного воздуха корнями растений и микроорганизмами.

Биоценоз – совокупность организмов, населяющих данный биотоп и характеризующихся определенными отношениями как между собой, так и с абиотическими факторами среды.

Буферность почвы – способность жидкой и твердой фаз почвы противостоять изменению реакции среды при добавлении кислоты или щелочи.

Болотный (гидроморфный) процесс почвообразования развивается под влиянием болотной (главным образом моховой и осоковой) растительности в условиях постоянного избыточного увлажнения, вызывающего оглеение и накопление слаборазложившихся органических остатков в виде торфа.

Бонитировка почв – сравнительная оценка качества почв, их потенциального плодородия и производительной способности.

Вещество органическое почв – совокупность всех органических веществ, входящих в состав твердой, жидкой и газовой фаз почвы.

Виды почв – группы почв в пределах рода, различающиеся свойствами, обусловленными степенью развития почвообразовательных процессов (уровень гумусированности, мощность гумусовых и элювиальных горизонтов и др.).

Включения – инородные тела в профиле почвы, присутствие которых не связано с характером почвообразовательного процесса.

Влажность устойчивого завядания (ВЗ) – влажность, при которой растения теряют тургор и погибают.

Влажность разрыва капилляров (ВРК) – характеризует запасы воды в почве, соответствующие разрыву сплошности капилляров, связанному с испарением и потреблением растениями.

Водный режим – совокупность явлений поступления, передвижения, изменения физического состояния и расхода воды в почвах.

Водоподъемная способность – свойство почвы вызывать восходящее передвижение влаги в ней за счет капиллярных сил.

Вторичное засоление – засоление почв, связанное с поднятием уровня грунтовых вод при орошении.

Вторичные минералы – образовались в результате экзогенных процессов выветривания из первичных минералов.

Выветривание (синоним – гипергенез) – совокупность абиотических и биологических процессов разрушения и образования горных пород и слагающих их минералов под воздействием агентов атмосферы, биосферы, гидросферы в верхних слоях земной коры.

Выпахивание – снижение уровня плодородия пахотных почв, ухудшение их агрономических свойств (снижение содержания гумуса, обесструктуривание, переуплотнение) в результате использования их при низком уровне поступления в почву источников гумуса (органических удобрений и послеуборочных остатков).

Выпотной водный режим – складывается в почвах семиаридного и аридного климата (КУ<0,55) при неглубоком залегании грунтовых вод.

Выщелачивание – вымывание из почвы растворимых веществ в процессе выветривания и почвообразования нисходящим или боковым током почвенного раствора в нижележащие горизонты или почвообразующую породу.

Генерализация – объединение почвенных контуров карт крупного масштаба при составлении на их основе карт более мелкого масштаба.

Генезис почв – происхождение и развитие почвы; включает информацию о путях развития внутрипочвенных процессов и их связи с факторами почвообразования.

География почв – наука, изучающая закономерности формирования и пространственного размещения почв.

Гидролитическая кислотность – обусловлена количеством ионов водорода и алюминия, находящихся в обменном (частично в необменном) состоянии в почвенно-поглощающем комплексе, которые извлекаются из почвенно-поглощающего комплекса раствором гидролитически щелочной соли сильного основания и слабой кислоты.

Гипсование – химическая мелиорация солонцов гипсом.

Горизонты почв – субгоризонтальные слои, различающиеся по морфологическим и аналитическим показателям.

Гранулометрический состав почвы – относительное содержание в ней неагрегированных частиц разной величины – камней, гравия, песка, пыли и ила.

Гуминовые кислоты – группа темноокрашенных (от бурой до черной) гумусовых кислот, которые хорошо растворяются в щелочных растворах, но не растворяются в минеральных кислотах и в воде.

Гумины (негидролизуемый остаток) – совокупность соединений гуминовых и фульвокислот, очень прочно связанных с минеральной частью почв.

Гумификация – образование высокомолекулярных гумусовых веществ специфической природы из промежуточных продуктов распада свежих органических веществ.

Гумус – совокупность специфических и неспецифических органических веществ почвы, сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации растительных остатков.

Дегумификация – снижение содержания гумуса в результате процессов минерализации в почвах.

Делювиальные отложения (делювий) – продукты эрозии, отложенные временными водотоками дождевых и талых вод в нижней части склонов.

Дерновый процесс почвообразования состоит в накоплении гумуса, аккумуляции биофильных элементов и формировании водопрочной структуры под воздействием травянистой растительности.

Дефляция почв (ветровая эрозия) – процесс механического разрушения или перемещения почвы под действием ветра.

Детрит – промежуточные продукты разложения и гумификации источников гумуса, не связанные с минеральной частью почвы.

Диагностика почв – определение принадлежности почв к тому или иному классификационному подразделению по определенной совокупности признаков.

Дифференцированный почвенный профиль – профиль, в котором толща по вертикали четко разделяется морфологически на почвенные генетические горизонты. По соотношению

генетических горизонтов различают следующие типы профилей: аккумулятивный, элювиальный, элювиально-иллювиальный, гидрогенно-аккумулятивный.

Емкость катионного обмена (ЕКО) – количество способных к обмену поглощенных катионов в мг-экв, содержащихся в 100 г почвы.

Естественное (природное) плодородие – плодородие, которым обладает почва (ландшафт) в естественном состоянии. Оно характеризуется продуктивностью естественных фитоценозов.

Засоление – накопление водорастворимых солей при выпотном типе водного режима.

Земельный кадастр – реестр, опись и оценка земель по их продуктивности.

Известкование почв – агротехнический прием внесения в почву известковых удобрений и извести для устранения избыточной кислотности; способы химической мелиорации кислых почв.

Иллювиальный горизонт – горизонт вмывания, почвенный горизонт, расположенный на некоторой глубине от поверхности почвы, в котором происходит накопление гумуса, ила, карбонатов, гипса и др. веществ, вынесенных из вышележащих горизонтов. Имеет плотное сложение и низкую водопроницаемость.

Искусственное плодородие – плодородие, которым обладает почва (агроландшафт) в результате хозяйственной деятельности человека.

Источники гумуса – свежие, неразложившиеся вещества растительного и животного происхождения, ежегодно поступающие в почву в виде наземного и корневого опада растений, остатков животного происхождения, в том числе микроорганизмов.

Капиллярная вода – является свободной и удерживается и передвигается в почве капиллярными (менисковыми) силами.

Коэффициент увлажнения (КУ) – отношение суммы осадков за год к годовой испаряемости.

Кислотность обменная – обусловлена количеством ионов водорода и алюминия, находящихся в обменном состоянии в составе почвенно-поглощающего комплекса, которые извлекаются из почвы раствором нейтральной соли.

Классификация почв – объединение почв в группы по их важнейшим свойствам, происхождению и особенностям плодородия.

Климат – многолетний режим погоды, среднее состояние атмосферы той или иной территории, характеризуемое средними показателями метеорологических элементов и их крайними показателями, дающими представление об амплитудах колебаний в течение суток, сезонов и целого года.

Комплексы почвенные – чередование контрастно различающихся по своим свойствам почв, обусловленное микрорельефом.

Контрастность почвенного покрова (почвенной комбинации) – показатель степени различия между почвами, входящими в почвенный покров (почвенную комбинацию). Различают общую контрастность, учитывающую всю сумму свойств почв, и частную, учитывающую степень различия почв по отдельным свойствам (степень оподзоленности, оглеения, гранулометрический состав и т.д.).

Контур почвенный – выделенный на почвенной карте ареал почвенного покрова, включающий одну или несколько закономерно чередующихся почв.

Ледниковые (гляциальные, моренные) отложения – продукты выветривания различных пород, перемещенные и отложенные ледником.

Лессивирование (лессиваж, обезыливание, иллимеризация) – процесс пептизации, отмывки илистых и тонкопылеватых частиц с поверхности более крупных частиц и вынос их без разрушения вниз по профилю.

Ландшафт – целостное природное образование; территория, однородная по происхождению и истории развития, обладающая единым геологическим основанием, однотипным рельефом, единообразным сочетанием почв, растительности и отличающаяся от других территорий структурой, характером взаимосвязи и взаимодействия между отдельными компонентами этой территории.

Ленточные глины – тонкослоистые песчано-глинистые флювиогляциальные отложения, образуются в приледниковых озерах. Для них характерно чередование тонко-песчаных и илистых слоев

Лесс – осадочная горная порода от палевого до желто-коричневого цвета, неслоистая, пористая, состоящая из сцементированной известковой пыли, тонкозернистого кварца и глины, часто с включением журавчиков-конкреций $CaCO_3$; преобладают частицы 0,01-0,05 мм. Происхождение эоловое, от ледниковых потоков, при мерзлотном выветривании, делювиальном процессе.

Лессовидные суглинки – породы, близкие к лессам; отличаются от них меньшим содержанием крупнопылеватой фракции и большими колебаниями содержания других фракций, меньшей пористостью, окраска от желтовато-бурой до красновато-бурой; обычно содержат карбонаты; бескарбонатные лессовидные суглинки называют покровными суглинками.

Макрорельеф – крупные формы земной поверхности, занимающие большую площадь, с колебаниями высот, измеряемыми сотнями метров и километрами (горные хребты, плоскогорья, равнины).

Мегарельеф – наиболее крупные неровности земной поверхности – материковые массивы и океанские впадины.

Мезорельеф – формы рельефа средних размеров с колебаниями высот, измеряемыми метрами и десятками метров (склоны, ложбины, балки, террасы и др.).

Мелкозем – частицы почвы размером менее 1 мм.

Механическая поглотительная способность – способность почвы как всякого пористого тела задерживать взвешенные твердые частицы из фильтрующихся суспензий крупнее почвенных пор.

Микрорельеф – мелкие формы рельефа, занимающие незначительные площади с колебаниями высот в пределах одного метра (западины, блюдца, бугорки и др.).

Мергель – осадочная горная порода, переходная от известняков и доломитов к глинистым породам, содержит от 30 до 90% $CaCO_3$ и $MgCO_3$, от 10 до 70% глинистого материала.

Минералогический состав почв – ассоциация первичных (кварц, полевые шпаты, плагиоклазы, мусковит, биотит и др.) и вторичных или глинистых минералов (монтмориллонит, вермикулит, анортит, нонтронит, хлорит, гидрослюды).

Минеральная часть почвы – основная часть почвенной массы, представленная минеральными соединениями; составляет 90-99% веса почвы (в органогенных почвах – до 10%). Представлена силикатными и алюмосиликатными минералами, аморфными и кристаллическими гидроксидами алюминия, кремния, железа, различными минеральными солями.

Морфология почв – внешнее выражение процессов почвообразования. Характеризуется строением почвенного профиля,

окраской, структурой, сложением, наличием новообразований и аккумуляции их в какой-то части профиля.

Мощность почвенного горизонта – толщина горизонта от поверхности почвы или вышележащего горизонта до нижележащего горизонта.

Мощность почвы – толщина от поверхности вглубь до слабо затронутой почвообразовательными процессами материнской породы.

Наименьшая влагоемкость (НВ) – характеризует наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги, которое может удерживать почва поле стекания избытка влаги при отсутствии подпора грунтовых вод (глубоком залегании).

Нанорельеф – самые мелкие формы рельефа с колебаниями высот в пределах 30 см: кочки, неровности, связанные с обработкой почвы (борозды, гребни и др.).

Непромывной водный режим – формируется в полувлажных (семигумидных) областях и полусухих (семиаридных) областях (КУ 1,0-0,33). Почвенная толща промачивается в пределах 1-2,5 м.

Недифференцированный почвенный профиль – профиль, в котором переход одного генетического горизонта в другой очень постепенный (нет геометрической линии перехода, а есть полоса).

Новообразования – морфологически выраженные скопления различных веществ, которые образовались в результате почвообразовательного процесса.

Номенклатура почв – система названий почв, наименование почв в соответствии с их свойствами и классификационным положением.

Обменная кислотность – обусловлена количеством ионов водорода и алюминия, находящихся в обменном состоянии в составе почвенно-поглощающего комплекса, которые извлекаются из почвы раствором нейтральной соли.

Обменное поглощение (обменная сорбция) катионов – способность катионов диффузного слоя коллоидов обмениваться на эквивалентное количество катионов почвенного раствора.

Оглеение – процесс метаморфического преобразования минеральной почвенной массы под воздействием восстановительных процессов при переувлажнении.

Оглинение – процесс образования глинистых минералов в почвенном профиле.

Окультуривание – процесс улучшения свойств почв путем проведения целенаправленных мероприятий (внесение органических и минеральных удобрений, мелиорации и др.).

Оподзоливание – кислотный гидролиз первичных и вторичных минералов и вынос продуктов гидролиза за пределы элювиального горизонта или почвенного профиля.

Оптимальные параметры почвы – 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 растений.

Органогенные почвы – почвы, профиль которых (весь или большая часть) состоит из торфа различной степени разложения и ботанического состава.

Осолодение – элювиально-глеевый процесс с участием лессивирования и оподзоливания, на первых стадиях – щелочного гидролиза, выщелачивания, в зависимости от кислотно-щелочных условий, степени промачивания и стадии развития.

Относительный возраст почвы – степень (стадия) развития почвы.

Отдел – группа почв, характеризующаяся единством основных процессов почвообразования, формирующихся главные черты почвенного профиля.

Охрана и рациональное использование почв – система мероприятий, неправленых на защиту, улучшение и рациональное использование земель, повышение плодородия почв и поддержание устойчивости биосферы в целом.

Первичные минералы – образовались в глубоких слоях земной коры при высоких температурах и давлении.

Периодически промывной водный режим – формируется на границе влажных (гумидных) и полувлажных (семигумидных) областей (КУ 0,8-1,2).

Плодородие – способность почв обеспечивать рост и развитее растений.

Плотность почвы – масса сухого вещества почвы в единице ее объема ненарушенного естественного сложения.

Плотность твердой фазы почвы – средняя плотность частиц, из которых состоит почва, – масса сухого вещества в единице объема твердой фазы почвы.

Поглотительная способность почвы – способность почвы поглощать и удерживать твердые, жидкие, газообразные вещества и микроорганизмы.

Подтип почв – группа почв в пределах типа, качественно отличающаяся по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования и являющаяся переходной между типами.

Пойма – часть долины реки, прилегающая к ее руслу, покрытая растительностью и периодически затопляемая в периоды половодья.

Покровные суглинки – относятся к внеледниковым отложениям и рассматриваются как отложения мелководных приледниковых разливов талых вод.

Полная влагоемкость (ПВ) – наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех пор водой.

Порозность почв (пористость, скважность) – суммарный объем пор между твердыми частицами, занятый воздухом и водой.

Постлитогенные почвы – почвы, в которых почвообразование осуществляется на сформировавшейся минеральной почвообразующей породе и существенно не нарушается отложением свежего материала.

Потенциальная кислотность – обусловлена (в основном) наличием ионов водорода и алюминия в поглощенном состоянии в составе почвенно-поглощающего комплекса. Она подразделяется на обменную и гидролитическую.

Потенциальная щелочность – обусловлена наличием в почвенно-поглощающем комплексе обменного натрия.

Потенциальное плодородие – способность почв (ландшафтов и агроландшафтов) обеспечивать определенный урожай или продуктивность естественных ценозов.

Почва – самостоятельное естественно-историческое биокосное природное тело, возникшее на поверхности Земли в результате воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, представляющее собой открытую четырехфазную динамичную систему с характерными признаками и свойствами и обладающее способностью обеспечивать рост и развитие растений.

Почвоведение – наука о происхождении (генезисе) почв, их составе и свойствах, законах распространения и путях рационального использования.

Почвенная зона – ареал зонального почвенного типа и сопутствующих ему интразональных почв.

Почвенная карта – специальная карта, изображающая почвенный покров определенной территории.

Почвенная комбинация (ПК) – система регулярно чередующихся, в разной степени генетически связанных ЭПА.

Почвенно-биоклиматическая область – совокупность почвенных зон и горных почвенных провинций, объединенных в пределах пояса не только общностью радиационных и термических условий увлажнения и континентальности.

Почвенно-биоклиматический пояс – совокупность почвенных зон и горных почвенных провинций, объединенных общностью радиационных и термических условий.

Почвенно-гидрологические константы – граничные значения влажности, при которых количественные изменения в подвижности воды переходят в качественные различия.

Почвенно-генетический горизонт – сравнительно однородный слой в составе почвенного профиля, характеризующийся относительно однородной окраской, сложением, составом и морфометрией.

Почвенно-географическое районирование – группировка (классификация) территорий с однотипной структурой почвенного покрова, которая обусловлена однородностью факторов почвообразования.

Почвенный округ – часть почвенной провинции, характеризующаяся определенным типом почвенных комбинаций, обусловленным особенностями рельефа и почвообразующих пород.

Покров почвенный – совокупность почв, развитых на данной территории, то есть трехмерное тело, горизонтальное простирание которого определяется простиранием почв на рассматриваемой территории, а вертикальное – мощностью почв.

Почвенный поглощающий комплекс (ППК) – совокупность минеральных, органических, и органо-минеральных компонентов твердой фазы почвы, обладающих ионообменной способностью.

Почвенная провинция – часть почвенной зоны, отличающаяся специфическими особенностями почв, связанными либо с различиями в увлажнении и континентальности, либо с температурными различиями.

Почвенный район – часть почвенного округа, характеризующаяся одним типом мезоструктуры почвенного покрова.

Почвенный скелет – частицы почвы размером более 1 мм.

Почвообразующая порода – геологическое минеральное образование, которое выступает основой формирования почвенного профиля.

Почвообразовательный процесс – совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще.

Почвоутомление – процесс нарушения экологического равновесия в системе «почва-растение», являющийся следствием одностороннего воздействия на почвенную среду культурных растений (односторонний вынос элементов питания, размножение вредителей, фитопатогенной микрофлоры, корневые выделения и др.).

Пролювиальные отложения (пролювий) – образовались в результате переноса и отложения продуктов выветривания временными горными реками и обладающими большой силой потоками у подножий склонов.

Промывной водный режим – формируется в гумидных областях (таежно-лесная зона, влажные тропики и субтропики), где осадки превышают испаряемость (КУ>1).

Разновидности почв – группы почв в пределах вида, различающиеся по гранулометрическому составу поверхностных горизонтов.

Разряды – группы почв в пределах разновидности, различающиеся генезисом и свойствами почвообразующих пород.

Рекультивация почвы – комплекс горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных, инженерно-строительных работ, направленных на восстановление нарушенных техногенными процессами почв.

Рельеф – совокупность неровностей земной поверхности разного масштаба.

Роды почв – группы почв в пределах подтипа, особенности которых определяются комплексом местных условий (состав почвообразующих пород, химизм грунтовых вод, вертикальная и латеральная миграция и аккумуляция веществ и др.).

Систематика почв – раздел почвоведения, занимающийся описанием (диагностика), обозначением (таксономия) и классификацией современных и палеопочв.

Состав почвы – соотношение (массовое или объемное) компонентов почвенного материала, выраженное в процентах его общей массы или объема. Различают фазовый, агрегатный (структурный), микроагрегатный, гранулометрический, минералогический и химический состав почвы.

Строение почвенного профиля – общий вид почвы со всеми почвенными горизонтами.

Структура почвенного покрова – формы пространственных смен элементарных почвенных ареалов, в разной степени генетически связанных между собой и создающих определенный пространственный рисунок.

Структура почвы – взаимное расположение структурных отдельностей (агрегатов) определенной формы и размеров.

Таксономия почв – система названий почв, выделяемых в почвоведении.

Тип почвенного профиля – однотипный набор и сочетание (последовательность расположения) почвенных генетических горизонтов. Различают почвы с дифференцированным и недифференцированным профилем.

Тип почв – группа почв, которая развивается в однотипно сопряженных биологических, климатических и гидрологических условиях и характеризуется ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами.

Угодье – участок земли, отличающийся от соседних по способам хозяйственного использования (угодья охотничьи, лесные, сельскохозяйственные и т.д.).

Удобрения – вещества органического и минерального происхождения, которые содержат необходимые для растений элементы питания.

Факторы почвообразования – среда (климат, биота, почвообразующие породы) и условия (рельеф местности, гравитационное и электромагнитное поля, время), под воздействием которых формируется почва.

Физико-географические карты – отображают отдельные компоненты или явления природы (рельеф, климат почвы и др.) и

их закономерные сочетания – природные территориальные комплексы.

Физические свойства почвы – совокупность свойств, характеризующих физическое состояние почвы, а также взаимодействия ее с внешними физическими агентами (вода, тепло, механическое воздействие и др.) и характер трансформации этих воздействий в самой почве.

Флювиогляциальные отложения – слоистые осадки, отлагавшиеся потоками талых ледниковых вод и представленные преимущественно галькой, гравием и косослоистыми песками. Слагают аккумулятивные формы рельефа.

Физико-химическая поглотительная способность почв – это способность почвы поглощать из раствора различные катионы или анионы, отдавая в обмен эквивалентное количество ионов твердой фазы (из диффузного слоя мицеллы).

Физическая глина – частицы размером менее 0,01 мм.

Физический песок – частицы размером более 0,01 мм.

Физическая поглотительная способность – это способность почвы адсорбировать пары воды, газы и растворимые вещества за счет поверхностной энергии твердых частиц почвы (твердая поверхность почвенных частиц).

Флювиогляциальные (водно-ледниковые) отложения – отложения временных водотоков и замкнутых водоемов, образовавшихся при таянии ледника.

Фульвокислоты – группа светлоокрашенных (от желтой до бурой) гумусовых кислот (креновые, апокреновые), которые хорошо растворяются в щелочных, кислотных растворах и воде.

Химический состав почв – совокупность химических элементов и их соединений. Различают элементный (валовой) состав минеральной части почвы, жидкой и газообразной фаз почв.

Химическая поглотительная способность – это способность почвы закреплять нерастворимые соединения, образующиеся в результате химических обменных реакций в почвенном растворе или при взаимодействии с твердой частью почвы.

Щелочность почвы –обуславливается присутствием солей в почвенном растворе и поглощенных катионов натрия.

Эволюция почв – изменение в пространстве и времени уже сформированных почв в новые типы и подтипы, связанное с эволюцией климата, рельефа, растительности или гидрологии.

Элементарный почвенный ареал (ЭПА) – небольшой участок территории, на котором почвенный покров представлен одним разрядом почв. ЭПА – наименьший таксономический уровень структуры почвенного покрова.

Элементарный процесс почвообразования (ЭПП) – сочетание взаимосвязанных физических, химических и биологических (частных почвообразовательных) процессов, обеспечивающих образование того или иного признака почвы.

Экономическое плодородие – эффективное плодородие, измеряемое в экономических показателях, учитывающих стоимость урожая и затраты на его получение.

Элементарный почвенный ареал (ЭПА) – почвенный покров, внутри которого отсутствуют какие-либо почвенно-географические границы. ЭПА – самый низкий таксономический уровень структуры почвенного покрова.

Элювиальные отложения (элювий) – продукты выветривания массивно-кристаллических пород, оставшиеся на месте их образования.

Эоловые отложения – формируются в процессе переноса и аккумуляции минерального материала воздушными потоками.

Эрозия почв – процесс разрушения почвенного профиля под действием воды (водная эрозия) и ветра (ветровая эрозия, или дефляция).

Эффективное плодородие – часть потенциального плодородия, реализуемая в урожае сельскохозяйственных культур при определенных климатических (погодных) и агротехнологических условиях.

Рекомендуемая литература

1. Вальков, В. Ф. Почвоведение : учебник / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – М. : ИКЦ «МарТ» ; Ростов-на-Дону : Издательский центр «МарТ», 2004. – 496 с.

2. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение : учебник / Н. Ф. Ганжара. – М. : Агроконсалт, 2001. – 392 с.

3. Ганжара, Н. Ф. Практикум по почвоведению : учебное пособие / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов, Р. Ф. Байбеков. – М. : Агроконсалт, 2002. – 280 с.

4. Геннадиев, А. Н. География почв с основами почвоведения : учебник / А. Н. Геннадьев, М. А. Глазовская. – М. : Высш. шк., 2005. – 461 с.

5. Добровольский, Г. В. География почв : учебник / Г. В. Добровольский, И. С. Урусевская. – М. : Изд-во МГУ ; КолосС, 2004. – 460 с.

6. Жичкина, Л. Н. Почвоведение и инженерная геология : учебное пособие / Л. Н. Жичкина. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 138 с.

7. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение : учебник / В. И. Кирюшин. – М. : КолосС, 2010. – 687 с.

8. Кирюшин, В. И. Классификация почв и агроэкологическая типология земель : учебное пособие / В. И. Кирюшин. – СПб. : Лань, 2016. – 288 с.

9. Кузин, Е. Н. Почвоведение : учебное пособие / Е. Н. Кузин, Н. П. Чекаев, Е. Е. Кузина. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – 167 с.

10. Кузина, Е. Е. Почвоведение с основами геологии : учебное пособие / Е. Е. Кузина, Е. Н. Кузин, А. Н. Арефьев. – Пенза : РИО ПГАУ, 2018. – 238 с.

11. Ковриго, В. П. Почвоведение с основами геологии : учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – М. : Колос, 2000. – 416 с.

12. Курбанов, С. А. Почвоведение с основами геологии : учебное пособие / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедов. – 2-е изд. – СПб. : Лань, 2016. – 288 с.

13. Наквасина, Е. Н. Почвоведение : учебное пособие / С. В. Любова, Е. Н. Наквасина. – Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, 2016. – 148 с.

14. Наумов, В. Д. География почв (Почвы России) : учебник / В. Д. Наумов. – М. : Проспект, 2016. – 344 с.
15. Самофалова, И. А. Современные проблемы классификации почв : учебное пособие / И. А. Самофалова. – Пермь : Пермская ГСХА, 2012. – 175 с.
16. Уваров, Г. И. Экологические функции почв : учебное пособие / Г. И. Уваров. – 3-е изд. – СПб. : Лань, 2018. – 296 с.
17. Щеглов, Д. И. Процессы почвообразования : учебное пособие / Д. И. Щеглов, Л. И. Брехова. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. – 58 с.

Оглавление

Предисловие..... 3
1. Почвоведение как отрасль естествознания: история, предмет, задачи..... 5
1.1. Почвоведение в системе наук. Понятие о почве..... 5
1.2. Роль почвы в природе и обществе..... 8
1.3. Краткая история развития почвоведения..... 10
2. Образование почв..... 16
2.1. Факторы почвообразование..... 16
2.1.1. Атмосфера и климатические условия, как фактор почвообразования..... 16
2.1.2. Основные функции биологического фактора в почвообразовании..... 19
2.1.3. Горные породы и их влияние на почвообразование..... 24
2.1.4. Рельеф как фактор почвообразования..... 30
2.1.5. Время почвообразования и возраст почв..... 31
2.1.6. Локальные и антропогенные факторы почвообразования..... 34
2.2. Процессы почвообразования..... 35
2.2.1. Почвообразование как природный процесс..... 36
2.2.2. Стадии почвообразования..... 37
2.2.3. Процессы, определяющие почвообразование..... 38
3. Состав и свойства твердой, жидкой, газовой и живой фаз почвы..... 49
3.1. Происхождение и состав минеральной части почв..... 49
3.2. Гранулометрический состав почв..... 51
3.3. Химический состав почв..... 53
3.4. Органическое вещество почв..... 56
3.5. Жидкая фаза почв..... 60
3.6. Газовая фаза почв..... 68
3.7. Биологическая фаза почв..... 72
3.8. Поглотительная способность почв..... 76
3.9. Кислотность и щелочность почв..... 77
3.10. Структура, общие физические и физико-механические свойства почв..... 79
3.11. Тепловые свойства и тепловой режим почвы..... 84
4. Плодородие почв..... 89
4.1. Понятие о плодородии почв..... 89
4.2. Виды и формы плодородия почв. Воспроизводство почвенного плодородия..... 91
4.3. Плодородие почв и продуктивность биогеоценозов..... 94
5. Классификация, таксономия и номенклатура почв..... 97

5.1. Основные понятия классификации почв..... 97
5.1.1. Диагностика и классификация почв СССР 1977 г. 99
5.1.2. Диагностика и классификация почв России 2004 г. 102
5.2. Мировая реферативная база почвенных ресурсов..... 105
6. Почвенно-географическое районирование..... 112
6.1. Почвенно-географическое районирование России..... 112
6.2. Уровни организации почвенного покрова..... 115
7. Свойства, генезис и география основных типов почв..... 119
7.1. Почвы арктической и тундровой зон..... 119
7.2. Почвы таежно-лесной зоны..... 122
7.3. Почвы лесостепной и степной зон..... 130
7.4. Почвы зоны сухих степей и полупустынь..... 136
7.5. Интразональные почвы..... 140
8. Общие закономерности географии почв и региональная организация почвенного покрова..... 148
8.1. Факторы, определяющие общие закономерности географии почв..... 148
8.2. Региональные особенности горизонтальной биоклиматогенной зональности почв..... 151
8.3. Региональные типы вертикальной (горной) биоклиматогенной зональности почв..... 157
9. Современное состояние, мелиорация и охрана почвенных ресурсов..... 162
9.1. Функциональная ценность и структура использования почвенных ресурсов..... 162
9.2. Состояние почвенных ресурсов и факторы их изменения..... 166
9.3. Социально-экономические факторы охраны почв и почвоохранная политика в России..... 173
Краткий словарь терминов и определений..... 184
Рекомендуемая литература..... 199

Учебное издание

Жичкина Людмила Николаевна

Почвоведение

Учебное пособие

Подписано в печать 12.09.2022. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 11,80, печ. л. 12,69.
Тираж 500. Заказ №194.
Отпечатано с готового оригинал-макета
в издательско-библиотечном центре Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru

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

Л. Н. Жичкина

Почвоведение с основами геологии

Учебное пособие

Кинель 2023

УДК 631.4(075)
ББК 40.3
Ж75

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:
д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Земледелие, растениеводство и селекция», ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
А. Л. Тойгильдин;
д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Агрохимия, почвоведение и агроэкология», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ,
Н. М. Троц

Жичкина, Л. Н.
Ж75 Почвоведение с основами геологии : учебное пособие / Л. Н. Жичкина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 173 с.
ISBN 978-5-88575-699-0

В учебном пособии изложены основы общего почвоведения и геологии. Рассматриваются вопросы по строению и составу сфер Земли, месту почвы в системе геосфер, истории развития почвоведения. Описаны факторы почвообразования, общая схема почвообразовательного процесса, состав, свойства и режимы почв, их влияние на формирование ее плодородия. Приводится характеристика наиболее распространенных типов почв в соответствии со схемой почвенно-географического районирования России. Названия почв приведены в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» (2004), а также мировой референтной базы почвенных ресурсов – World Reference Base for Soil Resources. Отражены деградационные процессы в почвах, вопросы повышения плодородия почв и их качественной оценки. Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Почвоведение с основами геологии» по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство. Предназначено для студентов высших учебных заведений сельскохозяйственного, биологического, географического и педагогического профилей.

УДК 631.4(075)
ББК 40.3

ISBN 978-5-88575-699-0

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Жичкина Л. Н., 2023

Предисловие

Истоки знаний о почве как природном теле, средстве производства и предмете труда исходят из глубокой древности. Почвы представляют собой самостоятельное естественно-историческое тело природы и, являясь составной частью биосферы, выполняют множество взаимосвязанных природных функций, обеспечивающих их эволюцию.

Почва, как всякое природное тело, имеет свое положение в пространстве, объем и границы. В основе любой почвы лежит почвообразующая порода, которая подвергалась воздействию многих поколений живых организмов, испытывая длительное влияние атмосферы и гидросферы. По мере вмешательства человека механизм самоуправления и саморазвития биосферы существенно усложняется. Человек наделил почву функциями средства производства продукции сельского и лесного хозяйства, т. е. производительными функциями, а также различными социальными функциями, в которых почва выступает как хранилище отходов, объект различных видов строительной, водохозяйственной, горнодобывающей, военной и другой деятельности, селитебный объект и др.

Почвоведение – это наука, учебная дисциплина и сфера практической деятельности. Как наука, почвоведение изучает образование, строение, состав и свойства почв, закономерности их географического распространения, пути рационального использования и повышения плодородия почв с целью получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и охраны земельных ресурсов.

Геология – наука о Земле, ее составе, строении и закономерностях развития, исследующая явления и процессы, протекающие на земной поверхности и внутри ее. Одним из основных направлений в геологии является изучение вещественного состава земной коры. При этом почвенный покров является продуктом взаимодействия литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы.

Цель учебного пособия – помочь обучающимся в изучении основ геологии и почвоведения.

Учебное пособие состоит из одиннадцати разделов. Пособие дает возможность изучить теоретические основы строения и состава сфер Земли и места почв в системе геосфер; факторов и процессов почвообразования; состава, свойств и режимов почв; закономерности географического распространения почв и их классификации; характеристики почв зонального ряда, плодородие почв, деградационные процессы в почвах и ландшафтах.

1. Понятие о почве. Место почв в системе геосфер

1.1. Почва – четырехфазная система

Почвы представляют собой самостоятельную, сложную особую биокосную оболочку земного шара, покрывающую сушу материков. Они являются важнейшим компонентом экологической среды, их образование в природе происходит на протяжении десятков и сотен тысяч лет. Это главное национальное богатство любой страны.

Ценность почвы определяется не только ее хозяйственной значимостью для отраслей народного хозяйства, но и ее ролью для всех наземных биоценозов и биосферы Земли в целом.

Почва – это поверхностный горизонт земной коры, образующий небольшой по мощности слой. Процессы в почве включены в сложные круговороты вещества и энергии на Земле (геологический и биологический).

Почва – незаменимый аккумулятор биологической энергии в биосфере. Все органическое вещество, так или иначе, поступает в почву.

Для почв характерна сложная пространственная организация и дифференциация признаков, свойств, процессов. В итоге биологического преобразования растительных и животных остатков в почвах происходит накопление особых органических веществ – почвенного гумуса.

Таким образом, *почва* – это обладающая плодородием полифункциональная и поликомпонентная открытая многофазная система в поверхностном слое коры выветривания горных пород, являющаяся комплексной функцией горной породы, организмов, климата, рельефа и времени.

Полифункциональность почвы заключается в том, что она является одновременно природным телом, средой обитания многих живых организмов, средством сельскохозяйственного производства и т.д.

Поликомпонентность почвы определяется разнообразием входящих в ее состав органических и неорганических веществ. Эти вещества представлены различными физическими фазами (многофазность): твердой (минеральные и органически частицы),

жидкой (почвенный раствор), газовой (почвенный воздух) и особо выделяемой живой фазой (организмы).

Твердая фаза почв (песчаная, супесчаная, суглинистая и глинистая) представляет собой комплекс первичных и вторичных минералов и органического вещества – гумуса.

Жидкая фаза почв – это почвенный раствор, в котором находятся элементы питания растений в ионной форме, анионы неорганических и органических кислот и другие компоненты.

Газовая фаза почв, или почвенный воздух, близка по составу к атмосферному по содержанию азота и кислорода, но отличается от него постоянным, более высоким содержанием диоксида углерода, наличием в некоторых почвах сероводорода, метана и других газов. Почвенный воздух играет большую роль в питании растений и в окислительно-восстановительных процессах.

Живая фаза почв представлена корневыми системами растений, микроорганизмами, насекомыми и животными.

Фазы почв находятся в постоянном химическом взаимодействии друг с другом. Почва является открытой системой, поскольку постоянно обменивается веществом и энергией с окружающей ее средой.

Почва является неотъемлемой частью наземного биогеоценоза и биосферы в целом. При этом она выполняет ряд экологических функций, в том числе глобальную биосферную, обеспечивающую стабильность биосферы и саму возможность существования жизни на Земле, и экосистемную, биогеоценотическую, являясь частью биогеоценоза.

Почва является также основным средством сельскохозяйственного производства. В основе и экологических, и сельскохозяйственных функций лежит ее важнейшее свойство – плодородие.

Почвоведение, как научная дисциплина возникла в нашей стране. *Почвоведение* – это наука о почве, ее строении, составе, свойствах и географическом распространении, закономерностях ее происхождения, развития, функционирования и роли в природе и обществе, путях и методах ее мелиорации, охраны и рационального использования в хозяйственной деятельности человека.

В системе естественных наук почвоведение тесно связано с физико-математическими, химическими, биологическими, геологическими, географическими науками, использует их фундаментальные законы и методы исследований.

1.2. Основные этапы развития почвоведения

Многие тысячелетия человек использует почву. Истоки знаний о почве как природном теле и средстве производства исходят из глубокой древности. Накопление знаний о свойствах почв началось с того момента, когда человек перешел от сбора дикорастущих растений к выращиванию их, и развивалось вместе с земледелием.

Однако наука о почве как самостоятельная отрасль естествознания возникла и утвердилась лишь в конце XIX – начале XX в. Основоположником научного почвоведения был выдающийся русский ученый *Василий Васильевич Докучаев* (1846-1903), определивший почву как «дневные или близкие к ним горизонты горных пород (все равно каких), которые были более или менее естественно изменены взаимным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов – живых и мертвых, что и сказывается известным образом на составе, структуре и цвете таких образований. Где этого условия нет, там нет и естественных почв, а есть или искусственная смесь, или горная порода». Этим он подчеркивал особенность почвы как самостоятельного природного тела, образовавшегося в результате изменения верхней части земной коры под воздействием вышеперечисленных факторов.

Игорь Аркадьевич Крупенников (1912-2013), изучавший историю развития почвоведения с древнейших времен, выделил условно десять этапов становления и развития науки о почвах:

1. *Этап накопления разрозненных фактов о свойствах и плодородии почв – становление земледелия.* Относится к временам неолита и бронзы (10-11 тыс. лет до н. э.) и связан с возникновением и развитием приемов земледелия.

2. *Этап обособления знаний о почвах и системе их использования, ведение первичного земельного кадастра.* Приходится на время рабовладельческого строя и земледельческой цивилизации (2500-800 лет до н. э.). Характеризуется познанием почвенного разнообразия, дифференцированным подходом к использованию почв и оценке качества земельных участков, созданием орошаемого земледелия и разработкой способов борьбы с засолением, введением земельно-водного законодательства и земельного кадастра в Египте, Месопотамии, Индостане, Китае.

3. *Этап первичной систематизации сведений о почвах.*

Охватывает период греко-римской цивилизации (VIII в. до н. э. – III в. н. э.). Этому этапу свойственны обобщение накопленных знаний, выработка как общенаучных (философских), так и научно-практических концепций, в которых представлены первые почвенные классификации, рекомендации по земледельческому использованию и удобрению, описание различных почв (труды *Аристотеля, Теофраста, Канона, Колумеллы* и других ученых). Особо следует отметить трактаты Канона «О земледелии» (II в. до н. э.) и Колумеллы «О сельском хозяйстве» (I в. н. э.), последний состоит из двенадцати книг и представляет собой первую подлинную сельскохозяйственную энциклопедию, содержащую наиболее полные для своего времени сведения о почвах и обобщенный опыт античной агрономии Средиземноморья.

4. *Этап изучения почв и проведение земельно-кадастровых работ.* В этот период (VI-XVII вв.) в связи с установлением феодальных отношений в Германии, Франции, Англии были разработаны землеоценочные акты, в России (XV-XVII вв.) созданы Писцовые книги, появились почвенно-оценочные документы для других территорий. К концу периода появились первые представления о потреблении растениями солей из почвы (*Бернар Палисси* (1510-1589) во Франции); проходили споры о том, является ли почва только «опорой» для растений или она их питает водой и солями (*Френсис Бэкон* (1561-1626) в Англии); *Леонардо да Винчи* (1452-1519) предположил, что образование почвы происходит под действием растений.

5. *Этап зарождения современных воззрений на почву, углубленного экспериментального изучения почв и их плодородия.* Характеризуется развитием экстенсивного земледелия в XVIII в. Французский ученый *Анн Робер Жак Тюрго* (1727-1781) выступил с обоснованием закона убывающего плодородия почв, шведский ученый *Юхан Готтшальк Валериус* (1709-1785) выдвинул гипотезу гумусового питания растений, немецкий ученый *Франц Карл Ахард* (1753-1821) разработал принцип метода изучения гумусовых веществ извлечением их из почвы щелочью и осаждением серной кислотой. В России новые идеи в формировании почв, их использовании и плодородии были высказаны *Михаилом Васильевичем Ломоносовым* (1711-1765), *Андреем Тимофеевичем Болотовым* (1738-1833), *Иваном Михайловичем Комовым* (1750-1790) и другими учеными. М. В. Ломоносов в своих работах «О слоях

земных» и «Слово о явлениях воздушных» высказал современные для будущего взгляды на почву и природу питания растений.

6. *Этап становления и развития агрикультурхимии, агрогеологии и почвенной картографии.* Этот период (XIX в.) предшествовал возникновению современного генетического почвоведения. *Альбрехт Даниель Тэер* (1752-1828) разработал гумусовую теорию питания растений, согласно которой растения непосредственно усваивают органические вещества из почвы. Она была опровергнута *Юстусом фон Либихом* (1803-1873), доказавшим, что растения питаются содержащимися в почве минеральными солями. Научные разработки Ю. Либиха положили начало формированию агрономической химии и обусловили развитие промышленности и производства минеральных удобрений. В целом осуществленные в этот период исследования и научные публикации привели к созданию нового научного направления – агрикультурхимии.

Так же в этот период возникло и развивалось другое научное направление, объектом исследования которого также была почва – агрогеология. Первым из геологов, занимавшимся изучением почв, был *Василий Михайлович Севергин* (1765-1826), опубликовавший в 1809 г. «Опыт минералогического землеописания Российского государства», в котором привел подробное описание отдельных почв («пахотных земель») с геолого-минералогических позиций. Он собрал первую коллекцию почв из 54 образцов, положил начало научной русской почвенной терминологии.

Карл Шпренгель (1787-1859) в монографии «Почвоведение, или учение о почве» впервые использовал слово «почвоведение». Однако почвы все еще рассматривались наукой геологией.

Агрогеологи считали почву новой рыхлой геологической породой, лежащей на поверхности и используемой в земледелии; они изучали в основной ее минералогические и физические характеристики. Были проведены оригинальные исследования и получены новые данные о химии почв, особенно гумуса, минералогическом и гранулометрическом составе почвы, значении ее в жизни растений, заложены основы почвенной картографии, выделены сведения о черноземе, обращено внимание на социально-экономическое значение почвы.

Однако научный взгляд на почву как самостоятельное природное тело и ее происхождение не был сформулирован.

Для агрогеологов почва представлялась рыхлой поверхностной породой, для агрикультурхимиков – пахотным слоем, где растения находят питание и опору для корней.

7. *Этап создания генетического почвоведения*. Рождение современной науки о почве связывают с публикацией в 1883 г. фундаментального труда В. В. Докучаева «Русский чернозем».

В. В. Докучаев впервые доказал, что почва – самостоятельное естественноисторическое тело природы, качественно отличающееся от других природных тел (горных пород). Он дал научное определение почвы, установил закономерности и факторы почвообразования, создал учение о зональности почвенного покрова, показал, что каждая почва имеет свой профиль, состоящий из генетических горизонтов и отражающий историю ее развития и эволюцию, заложил основы современной классификации и картографии почв, разработал конкретные приемы повышения почвенного плодородия.

С В. В. Докучаевым вместе и самостоятельно работали его последователи и ученики, крупные исследователи почв: *Николай Михайлович Сибирцев* (1860-1900), *Владимир Иванович Вернадский* (1863-1945), *Константин Дмитриевич Глинка* (1867-1927), *Георгий Николаевич Высоцкий* (1865-1940), *Леонид Иванович Прасло*в (1875-1954), *Борис Борисович Полынов* (1877-1952) и др.

В этот же период *Павел Андреевич Костычев* (1845-1895) изучил условия разложения растительных остатков в почве и роль в этом процессе микроорганизмов, указал на значение водопрочной структуры в плодородии почв и роль гумуса в ее образовании, тесно увязал приемы по возделыванию сельскохозяйственных культур со свойствами почв.

8. *Этап интенсивного развития и становления докучаевского учения о почвах как новой науки, ее дифференциации и оформления специализированных направлений.* Относится к периоду между Первой и Второй мировыми войнами (1914-1941 гг.). Классические исследования провел *Константин Каэтанович Гедройц* (1872-1932) по изучению поглотительной способности почв и их коллоидных свойств, *Иван Владимирович Тюрин* (1892-1962) – по изучению органического вещества, *Исаак Борисович Ревут* (1909-1978) – по изучению физики почв, *Никодим Антонович Качинский* (1894-1976) – по изучению гранулометрического состава и структуры почвы и многие другие.

Укреплялись международные связи. В 1924 г. в Риме было утверждено Международное общество почвоведов. В 1927 г. в Ленинграде был организован Почвенный институт им. В. В. Докучаева, а с 1934 г. он функционирует в Москве. В 1939 г. создано Всесоюзное общество почвоведов. Русская школа почвоведов стала ведущей в мировой науке.

9. *Современный этап.* Это период с окончания второй мировой войны до 90-х гг. XX в. Характеризуется интенсификацией изучения почвенного покрова (особенно субтропических и тропических стран), охраны почв, их окультуривания и рационального использования, расширенного воспроизводства почвенного плодородия с применением новейших методов математики, физики, химии, моделирования почвенных процессов.

Разрабатываются энергетика почв и рекультивация, усиливается экологический подход к изучению почв и их использованию. Продолжает развиваться международное сотрудничество. Создается почвенная карта мира (ФАО-ЮНЕСКО). В ее составление большой вклад внесли российские почвоведы – *Мария Альфредовна Глазовская* (1912-2016), *Николай Николаевич Розов* (1912-1993), *Сергей Владимирович Зонн* (1906-2002) и др.

Получают дальнейшее развитие и формируются в системе почвоведения специальные дисциплины и научные направления: сельскохозяйственное почвоведение, мелиоративное почвоведение, картография почв, экология почв и др.

10. *Новейший этап развития*. Начался в 90-х гг. XX в. и обусловлен переходом общества к рыночной экономике. В современных условиях почвоведение развивается в тесной взаимосвязи с экономикой сельскохозяйственного производства, земельным и экологическим правом, экологией. Поэтому важнейшими направлениями являются глобальная антропогенизация ландшафтов, создание культурных почв и новой антропогенной структуры почвенного покрова, прогноз эволюции почв и управление почвообразовательным процессом.

Важнейшей проблемой в почвоведении остается рациональное, экологически правильное и экономически целесообразной использование почвы как природного тела и средства производства, с тем, чтобы передать ее улучшенной грядущим поколениям как основу стабильного развития сельского хозяйства.

1.3. Строение и состав сфер Земли

Планета Земля является крохотной частью Вселенной, которая представляет собой весь существующий материальный мир, безграничный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по формам, которые принимает материя в процессе своего развития.

Земля, как и другие планеты Солнечной системы, имеет ярусно-оболочечное строение и состоит из нескольких неоднородных геосфер.

Геосферы подразделяются на внешние (*атмосфера* и *гидросфера*) и внутренние (*земная кора, мантия* и *ядро*) и особую оболочку, охватывающую часть атмосферы, всю гидросферу и верхний (3-4 км) слой земной коры, называемую *биосферой*. Оболочки Земли находятся в сложном взаимодействии.

Атмосфера – газообразная оболочка Земли, которая удерживается у ее поверхности благодаря силам гравитации. Она является средой обитания наземных живых организмов, смягчает суточные и сезонные перепады температуры и оказывает значительное влияние на ход геологических процессов.

Атмосфера в приземных слоях состоит из азота (78,08%), кислорода (20,95%), аргона (0,92%) и малых примесей углекислого газа, паров воды и совсем ничтожного количества неона, гелия, криптона и водорода.

Нижняя граница атмосферы – это поверхность материков и океанов. Считается, что газовая оболочка Земли простирается до таких высот, где концентрация газов оказывает какое-то влияние на полеты зондов и ИСЗ (искусственных спутников Земли), это высота – 3 тыс. км.

Толщина атмосферы составляет около 1300 км, она состоит из нескольких сфер: тропосферы, стратосферы, мезосферы, термосферы (ионосферы) и экзосферы.

Толщина *тропосферы* 10-16 км, в ней сосредоточено до 70% всей массы атмосферы, до 80% водяного пара, окружающего Землю.

В отличие от других оболочек атмосферы, тропосфера характеризуется большей плотностью, постоянным присутствием водяного пара и пыли, а также постоянной вертикальной и горизонтальной циркуляцией воздуха вследствие перепадов давления.

Температурный режим тропосферы обусловлен теплом, получаемым ею от нагретой поверхности Земли, но с увеличением высоты она снижается в среднем на 0,5°С на каждые 100 м и на высоте 10-12 км она в среднем равна -55°С.

Неравномерность прогрева земной поверхности на разных широтах приводит к интенсивной циркуляции воздушных масс, которой охвачена вся тропосфера. Именно в этом слое происходят метеорологические процессы, формирующие земной климат и погоду. Над тропосферой лежит следующий атмосферный слой – стратосфера.

Стратосфера – слой до высоты 40 км, который характеризуется почти полной неизменностью температуры с высотой. Малая теплоемкость разреженного воздуха препятствует переносу тепла перемешиванием, а вырабатывание температуры происходит за счет лучевого теплообмена.

На высоте 23-25 км (в стратосфере) расположен озоновый слой, предохраняющий все живые организмы на Земле от вредного коротковолнового излучения Солнца. Выше стратосферы лежит мезосфера.

Мезосфера простирается до высоты 40-80 км, где температура падает до -100°С. Распределение температуры в мезосфере практически целиком определяется тепловой энергией, поступающей от земной поверхности.

У верхней границы мезосферы образуются серебристые облака, представляющие собой скопления мельчайших кристалликов льда. Мезосфера переходит в термосферу.

Термосфера (ионосфера) – слой от 80 до 1000 км, характеризуется высокой разреженностью газа, который под действием солнечной радиации распадается до ионов и свободных электронов.

Экзосфера, или сфера рассеяния, расположенная выше 1000 км, представляет собой зону утечки газов в космическое пространство.

Атмосфера пропускает 3/4 солнечного излучения и задерживает длинноволновое излучение земной поверхности, тем самым увеличивая общее количество тепла, используемого на развитие природных процессов на поверхности Земли.

Космические и атмосферные агенты – свет, тепло, осадки, ветер – проводят огромную работу в процессах выветривания и почвообразования, создавая условия для существования жизни на Земле.

Гидросфера – прерывистая водная оболочка Земли, располагающаяся между атмосферой и литосферой, включающая океаны, моря и континентальные водные бассейны (озера, реки, ледники).

Гидросфера покрывает 70,8% земной поверхности. Основная часть (98,3%) массы воды сосредоточена в морях и океанах, 1,65% в материковых льдах и только 0,45% в пресных водах рек, озер, болот. С водами гидросферы тесно связаны подземные воды.

Несмотря на огромные размеры, оболочка имеет единый солевой состав со средней минерализацией 3,5% (в реках 0,9%) и щелочной реакцией pH 7,5-8,5.

Качественный состав солей в основном представлен хлоридами (88%), сульфатами (10,8%), карбонатами (0,3%), а на другие соли приходится всего 0,9%. Такой состав соответствует сульфатно-хлоридному типу засоления.

Гидросфера находится в постоянном взаимодействии с атмосферой, земной корой и биосферой. Вода гидросферы растворяет в себе воздух атмосферы, кислород которого используется для жизнедеятельности огромного количества организмов, населяющих гидросферу. Вода гидросферы, испаряясь, поступает в атмосферу и выпадает в виде осадков. В гидросфере впервые зародилась жизнь на Земле.

Земная кора – наружная твердая оболочка Земли, имеющая неоднородное строение и составляющая 1,5% от общего объема тела планеты. По глубине (сверху вниз) в земной коре выделяют три слоя: слой осадочных пород мощностью до 15 км, ниже гранитный слой до 40 км и еще ниже – базальтовый слой до 80 км.

Земная кора в горизонтальном направлении делится на два типа: континентальную и океаническую. *Континентальный тип* земной коры состоит из трех слоев: осадочного, гранитного и базальтового. *Океанический тип* земной коры состоит из осадочного и базальтового слоя.

Для каждого слоя характерна определенная скорость прохождения сейсмических волн, что и позволило определить глубину залегания этих слоев.

Осадочный слой сложен относительно мягкими, иногда и рыхлыми горными породами в результате осаждения веществ в водных или воздушных условиях на поверхности Земли. Большинство осадочных пород имеют слоистое строение с плотностью 1-2,65 т/м^3. На поверхности Земли есть участки, где осадочный

слой полностью отсутствует.

Гранитный слой преимущественно сложен магматическими и метаморфическими горными породами, в составе которых преобладают алюминий и кремний. Среднее содержание кремнезема в этих породах составляет более 60%, поэтому их называют кислыми. Плотность пород изменяется в пределах 2,65-2,80 т/м^3.

Базальтовый слой залегает непосредственно под гранитным. Граница между гранитным и базальтовым слоем называется *границей Конрада*. Плотность вещества в базальтовом слое достигает 3,32 т/м^3. Нижнюю границу этого слоя (3-70 км) принимают за нижнюю границу земной коры, называемой границей *Мохоровичича* или *Мохо*.

Океанический тип имеет маломощный осадочный слой, содержащий карбонаты и кремнистые породы (мощность 1,4-2 км), второй базальтовый слой представлен средними и основными магматическими горными породами (мощностью 4,7-5 км).

Мантия – самая мощная оболочка Земли, залегающая ниже земной коры и составляющая 82,3% от общего объема тела планеты и около 66% ее массы. Приблизительная толщина мантии составляет 2900 км. Она не такая плотная, как ядро, но плотнее земной коры. Мантия неоднородна, и по скорости прохождения сейсмических волн ее условно подразделяют на три концентрических слоя: верхняя мантия (до глубины 410 км), средняя мантия (до глубины 670 км) и нижняя мантия (до глубины 2900 км).

Верхняя мантия вместе с земной корой образует *литосферу* – самую жесткую оболочку Земли, ниже которой находится близкий к расплавлению слой пониженной прочности – *астеносфера* (средняя мантия). С верхней мантией связаны явления вулканизма, многие землетрясения и тектонические процессы, плотность пород составляет 4,3 т/м^3.

В интервале 410-670 км расположен *слой Голицина*. Здесь отмечается резкое возрастание скорости сейсмических волн с глубиной от 9 до 11,4 км/с в связи с увеличением плотности вещества мантии на 10%.

В мезосфере (нижней мантии) температура достигает 3000°С, плотность возрастает до 5,2 т/м^3, а давление – 1 млн атм, под влиянием которого происходят активные метаморфические процессы. Мантию и ядро на глубине 2900 км разделяет *граница Гутенберга*.

Ядро (внешнее, внутреннее) – центральная и самая плотная

часть планеты, составляющая 16,2% от общего объема планеты и 34% массы планеты, в которой плотность увеличивается до 11-14 т/м^3. Образовано ядро смесью металлов, в первую очередь железа (78%) и никеля (10%), а также рядом более легких элементов (кремний – 6%, кислород – 4%, сера – 2%).

Внешнее ядро находится в вязком состоянии, поскольку давление (0,15 млн МПа) и температура, характерные для этого слоя поддерживают составляющие его металлы в расплавленном состоянии. Внутреннее ядро имеет тот же состав, однако более высокое давление (0,35 МПа) задерживает плавление вещества, придавая ему свойства тяжелых металлов и удерживая в твердом состоянии.

Биосфера – это особая оболочка, область распространения жизни на Земле, представляющая собой тончайшую пленку толщиной 0,002-0,004 земного радиуса, не занимающую обособленного пространства, но проникающую в атмосферу, гидросферу и поверхностные слои земной коры.

Верхняя граница биосферы – это озоновый слой атмосферы (23-25 км), нижняя граница биосферы – литосфера до глубины 3 км, а гидросфера – на всю глубину океана и на десятки метров в глубину от дна.

Термин «биосфера» появился в науке в 1875 г. по предложению австрийского ученого Э. Зюсса. Учение о биосфере в современном виде создал в 1926 г. советский ученый В. И. Вернадский.

Биосфера – активная оболочки Земли, в которой совокупная деятельность живых организмов (в том числе и человека) проявляется как геохимический фактор планетарного масштаба и значения.

Важнейшие свойства биосферы: существование живых организмов, тесная взаимосвязь живых существ с окружающей средой, постоянный материально-энергетический обмен ее с космосом, подвижное динамическое равновесие.

Живыми организмами созданы пласты каменного угля, нефти, горючих сланцев, фосфоритов, селитр, торфа, известняков и др., в которых аккумулировано большое количество солнечной энергии и химических элементов.

В результате жизненных процессов накапливаются кислород и углекислый газ, устанавливается их определенное соотношение в атмосфере, под влиянием растительности регулируется круговорот воды в природе, увеличивается количество минеральных

элементов питания в верхних горизонтах осадочных пород в результате биогеохимического круговорота веществ и энергии в биосфере. В поверхностном горизонте осадочных пород сформировались совершенно уникальные природные образования – почвы, без которых невозможно существование жизни на Земле.

Почвенный покров (или педосфера) находится в тесной взаимосвязи и постоянном взаимодействии с земной корой, живым населением планеты, гидросферой и атмосферой, играя общепланетарную роль.

Контрольные вопросы

1. Что такое почва? Из каких фаз она состоит?
2. Дайте определение понятию «почвоведение».
3. Назовите основные функции почвы.
4. Кто является основоположником научного почвоведения?
5. Назовите ученых, внесших значительный вклад в развитие науки почвоведение.
6. Перечислите внешние и внутренние геосферы Земли.
7. Каково строение и состав атмосферы, каковы границы ее распространения?
8. Охарактеризуйте химический состав атмосферы.
9. На какой высоте находится озоновый слой?
10. Расскажите о гидросфере и ее химическом составе.
11. Каково внутреннее строение Земли?
12. Каково строение земной коры?
13. Назовите типы земной коры.
14. Что такое астеносфера?
15. Что такое биосфера? Каковы её параметры?

2. Происхождение почвы

2.1. Общая схема почвообразовательного процесса

Много миллионов лет потребовалось для того, чтобы почвенные породы, покрывающие Землю, превратились в почву. Образование почв из горных пород происходило под воздействием двух процессов, протекающих на земной поверхности – выветривания и почвообразования.

Выветривание (синоним – гипергенез) – процесс разрушения горных пород на земной поверхности под воздействием лучистой энергии Солнца, колебаний температуры воздуха, замерзающей в пустотах горных пород воды, кислорода, углекислого газа, а также живых организмов.

Неотъемлемой частью процессов выветривания являются процессы *денудации* – переноса продуктов разрушения горных пород в пониженные участки под действием внешних сил (вода, тепло, ветер и др.). В результате этих процессов образуется кора выветривания. Мощность современной коры выветривания составляет от нескольких метров до десятков метров.

Различают физическое, химическое и биологическое выветривание, которые в природе проявляются в едином процессе. Выветривание, разрушая горные породы, является важной составной частью формирования почв.

Физическое выветривание – разрушение горных пород на обломки различной величины под действием изменяющейся температуры воздуха и прямого солнечного нагревания.

Химическое выветривание – разрушение горных пород, сопровождающееся изменением их химического состава. В результате этого типа выветривания образуются новые минеральные соединения, устойчивые в условиях поверхности Земли. Химическое выветривание проявляется всюду, но наиболее интенсивно оно развивается в условиях теплого и влажного климата. Химические реакции происходят при участии воды, углекислого газа, кислорода и других веществ.

Биологическое выветривание – процесс разрушения горных пород под влиянием живых организмов. Главное действие живых

организмов на горные породы – биохимическое, но может проявляться и отдельно, как физическим, так и химическим путем.

В верхней части коры выветривания процесс выветривания протекает совместно с процессом почвообразования и является неотъемлемой составной частью почвообразования, так же как почвообразование является неотъемлемой частью выветривания. Однако в более глубоких слоях за пределами почвенного профиля, а также в подводных ландшафтах выветривание выделяется как самостоятельный процесс. В этих слоях в процессах выветривания так же принимают участие микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности.

Процессы выветривания являются начальным этапом большого геологического круговорота веществ. Геологические процессы разделяются на две большие группы: эндогенные (внутренние), которые зарождаются в глубинных оболочках Земли за счет энергии радиоактивного распада, и экзогенные (поверхностные), обусловленные внешней энергией.

К *эндогенным* (внутренним) процессам относятся: магнетизм, метаморфизм, вулканизм, движения земной коры (землетрясения и горообразование).

К *экзогенным* (поверхностным) – выветривание, деятельность атмосферных и поверхностных вод, ледников, подземных вод, морей и океанов, животных и растительных организмов. Особо следует выделить геологическую деятельность человека – техногенез. Взаимодействие внутренних и внешних геологических процессов объединяет большой геологический круговорот веществ.

В результате действия эндогенных процессов образуются крупные формы рельефа земной поверхности: горные системы, возвышенности, низменности, океанические впадины.

Под действием экзогенных процессов происходит разрушение магматических горных пород, перемещение продуктов разрушения в реки, моря и океаны и формирование осадочных пород.

В результате движений земной коры осадочные породы погружаются в глубокие слои, подвергаются процессам метаморфизма (действию высоких температур и давления), и образуются метаморфические породы. Метаморфические породы при погружении в более глубокие слои могут переходить в расплавленное состояние (магматизация), а затем в результате вулканической деятельности поступать в верхние слои литосферы или на ее

поверхность в виде магматических пород. Таким образом происходит образование основных групп почвообразующих пород и различных форм рельефа.

Геологический круговорот веществ – это геологические процессы превращения и перемещения массы горной породы, происходящие на протяжении геологических эпох. Проходит в системе море – суша – море. Характерная особенность – обеднение горных пород зольными элементами.

Почвообразовательный процесс начинается с того момента, когда на рухляке горной породы поселяются живые организмы и происходит накопление органического вещества.

В результате жизнедеятельности поселившихся на породе живых организмов происходит использование основных (азота, фосфора и калия) и других элементов питания и концентрация их в теле в форме сложных органических соединений.

После отмирания живых организмов их органические остатки накапливаются в верхних слоях земной коры и служат источником питания и энергии для микроорганизмов. Часть остатков минерализуется и становится доступной для новых накоплений растений, часть – превращается в новые органические вещества и накапливается в виде гумуса.

Таким образом, между живыми организмами и почвообразующей породой происходит круговорот элементов питания, который, по предложению В. Р. Вильямса, был назван *биологическим круговоротом веществ.*

Накопление гумуса в верхних слоях и взаимодействие гумусовых веществ с минеральной частью породы приводит к образованию особого природного типа – почвы. Гумус содержится только в почвах и отсутствует в почвообразующих породах.

Таким образом, в основе почвообразовательного процесса лежит биологический круговорот веществ, благодаря которому почвообразующая порода приобретает качественно новое свойство – плодородие.

2.2. Факторы почвообразования

Учение о факторах почвообразования создал В. В. Докучаев, который показал, что почва формируется под влиянием следующих факторов: климат, растительный и животный мир

(биологический фактор), почвообразующая порода, рельеф местности и возраст почв. При этом он считал факторы равнозначными и незаменимыми. В дальнейшем В. Р. Вильямс выделил еще один фактор почвообразования – производственную деятельность человека (антропогенный фактор).

Биологический фактор. Ведущая роль в почвообразовании и формировании почвенного профиля принадлежит трем группам живых организмов – земным растениям, микроорганизмам и почвенным животным.

Каждая из этих групп организмов выполняет свою роль, но только при их совместной деятельности почвообразующая порода превращается в почву.

Доминирующее положение в почвообразовании принадлежит зеленым растениям, которые извлекают из породы зольные элементы и азот, синтезируют в процессе фотосинтеза органическое вещество, которое вместе с зольными элементами через опад попадает в почву.

Роль различных видов растительности существенно отличается, и это главная причина многообразия почв в природе (табл. 1).

Микроорганизмы (бактерии, грибы, водоросли и лишайники) первыми поселяются на горной породе, активно участвуя в ее биологическом выветривании. Им принадлежит главная роль в процессах разложения растительных остатков зеленых растений и минерализации их до простых солей, доступных растениям.

Они участвуют в процессах гумификации и минерализации гумуса, в разрушении и почвообразовании почвенных минералов, влияют на состав почвенного воздуха, регулируя в нем содержание между кислородом и углекислым газом.

Количество, видовой состав и активность микроорганизмов зависят от плодородия почв и гидротермических условий. Наиболее распространены в почве бактерии, количество которых может доходить до 3 млрд шт. в 1 г почвы.

В образовании почвы участвуют и почвенные животные, представленные нематодами, насекомыми, дождевыми червями, муравьями, кротами, грызунами и др. Все они используют органические остатки в виде пищи, способствуют их разложению, ускоряют гумификацию растительных остатков, улучшают физические свойства почвы. Среди почвенной фауны преобладают беспозвоночные (нематоды, насекомые, черви и др.). Особую роль играют

дождевые черви, которые пропускают через себя до 600 т мелкозема в год.

Таблица 1

Биологическая продуктивность основных типов растительности (по Л. Е. Родину и Н. И. Базилевич)

Типы растительности	Биомасса, ц/га				Годовой прирост, ц/га	Истинный годовой прирост, ц/га	Лесная подстилка или степной войлок, ц/га
	общая	зеленая часть	многолетняя надземная	корни			
Арктические тундры	60	15	10	35	10	0,5	35
Кустарниковая тундра	280	32	17	231	25	1	835
Сосняки северной тундры	807	62	567	178	33	-	462
Сосняки южной тайги	2800	140	2024	635	61	14	448
Ельники северной тайги	1000	80	700	220	45	10	300
Ельники южной тайги	3300	165	2400	735	85	30	350
Дубравы	4000	40	3000	960	90	25	150
Степи луговые	250	80	0	205	137	-	120
Степи умеренно засушливые	250	45	0	205	112	-	62
Степи сухие	100	15	0	85	42	-	15
Пустыни полукустарниковые	43	1	4	38	12,2	0,2	-
Пустыни эфемерово-полукустарниковые	125	18	3	104	95	1	-
Субтропические лиственные леса	4100	120	3160	820	245	35	100
Саванны сухие	268	29	126	113	73	5	13
Саванны	666	83	544	39	20	13	0,2
Влажные тропические леса	5000	400	3700	900	325	20	0,1

Климат – многолетний режим погоды, зависящий от географической широты, высоты над уровнем моря, формы рельефа, удаленности от морей и океанов.

Сильнее всего на почвообразование влияют температура, атмосферные осадки и ветер.

Главными показателями климата являются тепло- и влагообеспеченность территорий. В качестве показателя теплообеспеченности принята сумма среднесуточных температур выше 10°С за вегетационный период (табл. 2).

Таблица 2

Сумма среднесуточных температур в зависимости от термических поясов

Термический пояс	Сумма температур воздуха выше 10°С
Холодный (полярный)	400-600
Умеренно-холодный (бореальный)	600-2400
Умеренно-теплый (суббореальный)	2400-4000
Теплый (субтропический)	4000-8000
Жаркий (тропический)	> 8000

Для характеристики обеспеченности влагой используется коэффициент увлажнения (Ку) территории, который рассчитывается как отношение суммы осадков к испаряемости.

От сочетания температурных условий и увлажнения зависят тип растительности, скорость образования и разрушения органического вещества, количество и деятельность почвенных микроорганизмов и животных. Но это косвенное влияние на биологический круговорот и характер почвообразовательного процесса. Прямое влияние связано с непосредственным влиянием на породу и почву осадков, промачивания, размывания, нагревания, охлаждения, физического выветривания под действием ветра и т. п.

Таким образом, климат – важный фактор, определяющий интенсивность биологического круговорота веществ и обуславливающий многие особенности в свойствах почвы в связи с его влиянием на все режимы (водно-воздушный, тепловой, питательный и др.).

Почвообразующие (материнские) породы. Роль почвообразующей породы, как фактора почвообразования, заключается в том, что она служит субстратом, на котором впоследствии формируется почва. Она передает почве свой гранулометрический, минералогический и химический состав. Оказывает влияние на водно-физические свойства почвы и характер почвообразовательного процесса, минерализацию и гумификацию растительных остатков, скорость передвижения веществ в почвенной толще.

Химический и минералогический состав породы определяют солевой состав, реакцию почвы, содержание элементов питания и

направленность почвообразовательного процесса. Особенно большое значение имеет карбонатность и засоленность материнских пород. В таежно-лесной зоне карбонаты способствуют формированию почв с благоприятными физико-химическими свойствами, а в южных зонах на засоленных породах образуются солончаки и солонцы.

Современное почвообразование происходит, преимущественно, в рыхлых четвертичных отложениях – продуктах разрушения горных пород, образовавшихся в результате экзогенных процессов.

Четвертичные отложения представлены различными генетическими типами: элювием, делювием, пролювием, аллювием, моренами, флювиогляциальными отложениями, лессами и лессовидными породами, торфом и сапропелью, вулканогенными, хемогенными, органогенными породами, антропогенными и техногенными отложениями.

Элювий – продукты выветривания горных пород, накапливающиеся на месте их образования. Характерные признаки элювия: залегание на месте образования, смесь механических угловатых частиц мелкозема и обломков породы, обломки неокатанные и имеют сходство с коренной породой.

Делювий – наносы, образующиеся на нижних частях пологих склонов в результате смыва продуктов выветривания атмосферными осадками и талыми водами с верхних частей склонов. Делювиальные отложения не однородны: в вершинной части шлейфа наблюдается более грубый материал (песчаный, мелко щебнистый), в нижних частях преобладает супесчаный, суглинистый и глинистый материал.

Пролювий – отложения, образованные в результате деятельности временных водных потоков в горной местности. Пролювиальные отложения имеют форму конусов выноса обломочного материала из горных ущелий. В вершине конуса накапливается грубообломочный материал (слабо окатанная галька, гравий, щебень), по мере удаления от вершины конуса выноса появляется более мелкий обломочный материал (пески, супеси, суглинки, глинистые частицы), а в периферической части конуса – лессы.

Аллювий – осадочные отложения, образовавшиеся в результате геологической деятельности постоянных водотоков – рек,

ручьев. Спецификой почвообразования почв в поймах рек является постоянный рост почвенного профиля снизу вверх.

Аллювиальные отложения, как правило, обогащены элементами питания для растений, поэтому почвы на аллювиальных отложениях обладают повышенным плодородием.

Озерные отложения представляют собой донные отложения озер. Они сложены наиболее тонкими частицами мелкозема – глинами и илами с хорошо выраженной слоистостью (ленточные глины), отражающие сезонные и многолетние процессы их формирования. Илы с высоким содержанием органических веществ (15-20%) называются сапропелем.

Ледниковые отложения распространены в областях с холодным и умеренным климатом. Они представлены моренами, флювиогляциальными отложениями, озерно-ледниковыми отложениями.

Морена – обломочный материал, перенесенный ледником. Отложения представляют собой несортированный грубообломочный материал, состоящий из глины, суглинков, супесей, песков красно-бурого цвета с включением гальки, камней разного размера и валунов. Моренные отложения широко распространены в качестве почвообразующих в таежно-лесной зоне и на севере лесостепной в европейской части России.

Флювиогляциальные (водно-ледниковые) отложения образованы талыми ледниковыми водами. Они представлены рыхлыми галечно-песчаными, песчаными породами, супесями и суглинками. Флювиогляциальные отложения менее сортированы и окатаны по сравнению с аллювиальными отложениями, характеризуются слоистостью.

Озерно-ледниковые отложения накапливаются в приледниковых озерах и по своему составу чаще всего представлены тонкослоистыми (ленточными) отложениями с чередованием песчаных и глинистых слоев. Такое чередование связано с колебаниями климатических условий по сезонам.

Покровные суглинки относятся ко внеледниковым отложениям и рассматриваются как отложения мелководных приледниковых разливов талых вод. Они покрывают морену сверху слоем 3-5 м, откуда и получили название. Покровные суглинки имеют желтобурую окраску, хорошо отсортированы, не содержат камней и валунов. Почвы на покровных суглинках, особенно легко- и

среднесуглинистые разновидности, обладают более высоким плодородием по сравнению с такими же почвами на моренных отложениях.

Лессы и лессовидные суглинки характеризуются окраской светло-желтого (палевого) цвета, неслоистые, пористые, содержат карбонаты кальция, гипс и водорастворимые соли. Они отличаются однородным гранулометрическим составом.

Эоловые отложения по своему происхождению являются продуктами перевевания ветром тонкозернистых и илистых отложений рек, морей, озер, элювиальных образований. Среди эоловых отложений выделяют: глинистые (лесовидные суглинки), пылеватые (лессы), песчаные. Эоловые пески тонкозернистые. Они отличаются хорошей сортированностью, окатанностью и полированностью зерен. Почвы, формирующиеся на песках, обладают слабой водоудерживающей способностью и низким плодородием.

Морские отложения формируются в результате перемещения береговой линии морей, явлений трансгрессии и регрессии, которые неоднократно наблюдались в четвертичный период. Морские отложения отличаются слоистостью, сортированностью и большой аккумуляцией солей. Выходя местами на поверхность, эти породы приводят к образованию засоленных почв.

На обширной таежно-лесной территории широко распространены: несортированные обломочные породы, представленные валунными суглинками и валунными супесями бескарбонатной морены, галечные наносы, покровные пылеватые суглинки и супеси, ленточные глины (ледниковых озер), флювиогляциальные озерно-ледниковые и древнеаллювиальные пески, современные аллювиальные наносы.

В лесостепной зоне распространенными почвообразующими породами являются: лессы и лессовидные суглинки, древнеаллювиальные песчаные отложения, современные аллювиальные наносы, аллювиально-озерные, часто лессовидные суглинистые наносы.

В пределах степной зоны почвообразующими породами являются: лессы и лессовидные суглинки, тяжелые лессовидные глины, элювиально-делювиальные суглинки, древние и современные аллювиальные отложения.

В зоне сухих степей широко развиты лессовидные суглинки и глинистые породы, песчаные древнеаллювиальные отложения с

барханно-бугристыми и грядовыми песками. Общей характерной чертой почвообразующих пород этой зоны является их в той или иной степени засоленность легкорастворимыми солями, гипсоносность, карбонатность.

Почвообразующими породами зоны пустынных степей и пустынь являются древние и современные аллювиальные отложения и пески пустыни древнеаллювиального происхождения, а также пылевато-суглинистые лессы и лессовидные суглинки пролювиально-делювиального происхождения.

Рельеф – важнейший фактор почвообразования, влияющий на перераспределение солнечной энергии и осадков, и, следовательно, на характер водного режима почв в зависимости от экспозиции и крутизны склонов.

С повышенных элементов рельефа вода стекает по склонам и накапливается в понижениях, что приводит к переувлажнению и заболачиванию почв.

С рельефом тесно связан уровень грунтовых вод: на повышениях они опущены на большую глубину, чем в понижениях. Близкое залегание грунтовых вод, особенно при их засоленности в условиях жаркого сухого климата, приводит к образованию солончаков. Рельеф во многом определяет степень водной эрозии почвы.

Рельеф влияет также на тепловой режим почвы: южные склоны всегда более теплые и сухие, чем северные, что создает различные условия для роста и развития растительности и приводит к образованию разных почв. Особенно важна роль рельефа в горных районах, где возникает вертикальная зональность климата, растительности и почв как следствие понижения температуры воздуха с высотой и изменения условий увлажнения.

Возраст почв. Под возрастом почв понимается время, в течение которого в данной местности идет почвообразовательный процесс. В разных почвенно-климатических зонах нашей страны почвы начали формироваться в различное время в зависимости от времени освобождения территории от ледника, поэтому возраст их неодинаков.

В южных районах биологические процессы протекали дольше, поэтому там распространены старые почвы – каштановые и черноземы. На севере же, в таежно-лесной зоне почвы более молодые, чем в степной зоне, а самые молодые почвы находятся в

тундровой зоне, где территория освободилась от ледника позже всего и где позднее начался почвообразовательный процесс.

Производственная деятельность человека (антропогенный фактор). С начала использования почв как средства сельскохозяйственного производства человек изменял условия и интенсивность почвообразовательного процесса, а в отдельных случаях и его направленность, при этом менялись и свойства почв.

На разных исторических этапах развития общества с изменением социально-экономических условий существования воздействие человека на почву возрастало.

Вмешательство человека путем его целенаправленной деятельности приводит к изменению почв значительно быстрее, чем влияние природных факторов, и, как фактор почвообразования, становится решающим в современных условиях.

Воздействие человека на почву в процессе производственной деятельности заключается в вырубке лесов, осушении болот, орошении засушливых земель, создании искусственных водоемов, посадке полезащитных лесополос, пастьбе скота, внесении удобрений, обработке почвы и др.

Научно-обоснованные приемы агротехники ускоряют ход почвообразовательного процесса и формируют культурные почвы с высоким уровнем плодородия. В тех же случаях, когда почвы используются без учета их свойств, возможно возникновение таких отрицательных последствий, как эрозия, засоление, заболачивание, загрязнение и другие виды деградации почв, которые приводят к потере почвой плодородия.

2.3. Процессы, определяющие почвообразование

Сущность почвообразовательного процесса определяют два противоположных и взаимосвязанных комплекса биохимических, химических, физических, физико-химических процессов – поглощение живыми организмами минеральных веществ из окружающей среды и воздействие на окружающую среду живых организмов, продуктов их жизнедеятельности и распада.

В порядке усложнения и генетической результативности почвообразовательные процессы объединяются в следующие три группы: *микропроцессы*, *мезопроцессы*, или *элементарные*

почвенные процессы, макропроцессы.

К *микропроцессам* относят процессы превращения и переноса вещества и энергии, составляющие в совокупности биогеохимические круговороты. Они протекают как в почвах, так и в различных наземных и водных экосистемах и живых организмах.

Согласно классификации А. А. Роде выделяют три группы микропроцессов.

Первая группа объединяет процессы обмена веществами и энергией между почвой и другими природными телами:

- газо-, водо-, теплообмен в системе атмосфера-почва-растение-порода;
- обмен биофильными элементами в системе почва-растение-порода;
- гидрогенная аккумуляция элементов в почве – геохимический вынос элементов из почвы;
- поступление в почву органического вещества, синтезированного высшими растениями.

Во вторую группу входят процессы превращения веществ и энергии, происходящие в почвенном профиле:

- разложение и синтез органических веществ, минералов, органо-минеральных производных;
- растворение-осаждение веществ;
- азотфиксация-нитрификация-денитрификация;
- окисление-восстановление элементов с переменной валентностью;
- пептизация-коагуляция коллоидов;
- набухание-усадка;
- увлажнение-иссушение;
- замерзание-оттаивание и др.

Третья группа включает процессы передвижения веществ и энергии в почвенном профиле:

- передвижение почвенного воздуха и водяного пара;
- передвижение растворов;
- передвижение тепла и др.

Многие из этих процессов имеют циклический характер. Выделяют суточные, сезонные, годовые, многолетние, вековые циклы почвообразования. Данные процессы являются общими почвообразовательными микропроцессами, поскольку они происходят во всех почвах, хотя в разном качественном и количественном

проявлении, в разнообразных сочетаниях.

Микропроцессы сочетаются в определенных комбинациях, взаимодействуют между собой и образуют качественно новые более сложные мезопроцессы.

Мезопроцессы, или *элементарные почвенные процессы,* определяют образование в профиле специфических почвенных горизонтов, их состав, строение и особенности почвенного профиля. Они происходят в разных типах почв, при этом каждому генетическому типу присущ свой набор основных и дополнительных элементарных почвенных процессов (ЭПП), обуславливающих различие почв на уровне подтипов, родов и видов.

Б. Г. Розановым была предложена следующая классификация ЭПП. Все ЭПП сгруппированы по двум признакам: по балансу вещества и по качеству и составу тех соединений, которые накапливаются или выносятся из горизонта. Всего в системе выделяется девять групп элементарных почвенных процессов:

1. Биогенно-аккумулятивные ЭПП – процессы, протекающие в почве под влиянием организмов, в результате которых в профиле почв образуются биогенные органо-минеральные горизонты:

- *гумусообразование* – процесс образования гумусовых веществ в результате трансформации органических остатков – зависит от количества, качества и характера поступления в почву органического вещества и условий его преобразования;

- *гумусонакопление* – процесс аккумуляции гумуса в поверхностном горизонте почвы в результате разложения растительных остатков и гумусообразования при сочетании гумусообразования и некоторого его перемещения вниз с постепенным пропитыванием им почвенной массы;

- *подстилкообразование* – формирование на поверхности почвы органогенного слоя лесной подстилки или степного войлока;

- *торфообразование* – процесс накопления медленно гумифицирующихся и слабо минерализующихся растительных остатков, протекающих в анаэробной среде при избыточном увлажнении;

- *дерновый процесс* – это интенсивное гумусообразование и гумусонакопление под воздействием травянистой растительности, в составе которой существенную роль играют дерновинные злаки, сопровождающиеся образованием изогумусового профиля с поверхностным темным комковатым или зернистым гумусовым горизонтом;

- *биогенный синтез глинных минералов* – это процесс вторичного глинообразования в почвах, протекающий в результате взаимодействия освобождающихся при разложении растительных остатков простых соединений или ионов;

- *реградация (проградация)* – процесс вторичного обогащения гумусом и другими соединениями верхних горизонтов деградированных или оподзоленных почв.

2. Иллювиально-аккумулятивные ЭПП – процессы, сопутствующие элювиальным процессам и проявляющиеся в аккумуляции продуктов выноса в средней и нижней части почвенного профиля:

- *глинисто-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления вторичной глины, выносимой из элювиального горизонта в неразрушенном состоянии;

- *гумусово-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления гумуса, выносимого из элювиального горизонта;

- *железисто-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления оксидов железа, выносимого из элювиального горизонта в ионной, коллоидной или связанной с органическим веществом формах;

- *глиноземно-гумусово-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления аморфных оксидов алюминия вместе с гумусом, вынесенных сверху из элювиального горизонта;

- *железисто-гумусово-иллювиальный процесс* – процесс иллювиального накопления аморфных оксидов железа вместе с гумусом, вынесенных сверху из элювиального горизонта;

- *подзолисто-иллювиальный процесс* – это процесс иллювиального накопления глинистых частиц и аморфных полуторных оксидов в профиле подзолистых почв, вынесенных сверху из подзолистого горизонта;

- *карбонатно-иллювиальный процесс* – это процесс иллювиального накопления карбонатов кальция, вынесенных сверху, в средней или нижней части профиля;

- *солонцово-иллювиальный процесс* – это процесс иллювиального накопления глины, аморфных полуторных оксидов и гумуса в солонцовом горизонте солонцов или солонцеватых почв при существенном участии натрия в составе обменных катионов этого горизонта.

3. Гидрогенно-аккумулятивные ЭПП – группа процессов,

проявляющихся в аккумуляции веществ в почвенном профиле под воздействием грунтовых вод:

- *засоление* – процесс накопления водорастворимых солей в почвенном профиле при выпотном или деструктивно-выпотном водном режиме в условиях минерализованных грунтовых вод;

- *загипсование* – процесс вторичной аккумуляции гипса в почвенной толще при отложении его из минерализованных грунтовых вод, насыщенных сульфатом кальция;

- *окарбоначивание* – вторичная аккумуляция в почвенном профиле карбонатов кальция и магния в форме различных новообразований под влиянием грунтовых вод;

- *оруденение* – процесс гидрогенной аккумуляции в почвенном профиле оксидов железа и марганца разной степени гидратации из кислых грунтовых вод;

- *окремнение* – процесс гидрогенного накопления кремнезема и цементации им почвенных слоев, имеющий распространение в областях циркуляции щелочных растворов;

- *олуговение* – аккумулятивный процесс, связанный с воздействием грунтовых вод (или их капиллярной каймы) на нижнюю часть профиля при хорошем общем дренаже, что приводит к повышению общей увлажненности почвы без ее заболачивания;

- *тирсификация* – процесс, в результате которого почва чернеет вследствие образования черного гидроморфного гумуса с крупными молекулами, комплексирующими железо, с деградацией почвенной структуры;

- *латериация* – процесс как древнего, так и современного ожелезнения, обусловливающий вывод из круговорота значительных количеств алюминия и железа, приводимый к образованию ожелезненных внутрипочвенных прослоев конкреционного или панцирного строения различной структуры и с различным соотношением Si, Al и Fe путем аллохтонного накопления железа из грунтовых или почвенных вод при их боковом перемещении в аккумулятивных ландшафтах;

- *плинтификация (плинтиобразование)* – процесс образования ферралитизированного материала путем отложения из поднимающихся грунтовых вод оксидов железа на ферралитной основе;

- *отложение наилка* – это гидрогенный, подводный или делювиальный процесс аккумуляции минерального вещества на поверхности почвы при его осаждении из водного потока.

4. Элювиальные ЭПП – группа процессов образования элювиальных горизонтов, сущность которых заключается в разрушении или преобразовании почвенного материала и выносе из него продуктов разрушения или трансформации нисходящими или боковыми токами воды за пределы почвенного горизонта или профиля:

- *выщелачивание* – процесс обеднения горизонта основаниями в результате растворения и выноса за пределы элювиального горизонта или почвенного профиля;

- *декарбонизация* – это частный случай процесса выщелачивания, относящийся к разрушению и выносу карбонатов кальция (или магния) из содержащих его почвообразующих пород;

- *кислотный гидролиз глинистых силикатов* – это процесс полного распада глинистых минералов в условиях влажного климата (умеренного) с накоплением в элювиальном горизонте аморфного кремнезема и выносом оксидов алюминия;

- *оподзоливание* – процесс разрушения минералов кислотами в условиях промывного водного режима и выноса продуктов разрушения в нижележащие горизонты или грунтовые воды;

- *псевдооподзоливание* – процесс образования осветленного горизонта в верхней части профиля почв в результате совместного действия лессивирования и поверхностного оглеения;

- *лессивирование (лессиваж, иллимеризация)* – процесс пептизирования, отмывки илистых частиц с поверхности зерен грубозернистого материала или из микроагрегатов и выноса их в неразрушенном состоянии из элювиального горизонта;

- *осолодение* – разрушение минеральной части почвы щелочными растворами с накоплением остаточного аморфного кремнезема;

- *псевдооглеение* – процесс внутрипочвенного, поверхностного и подповерхностного оглеения под воздействием периодического переувлажнения верховодкой;

- *сегрегация* – процесс образования внутрипочвенного осветленного горизонта путем стягивания соединений железа и марганца из общей почвенной массы в центры концентрации без существенного выноса за пределы горизонта;

- *ферролиз (элювиально-глеевый процесс)* – процесс разрушения глинистых силикатов при оглеении с последующим выносом или сегрегацией продуктов разрушения и остаточным накоплением кремнезема;

- *элювиально-гумусовый процесс* – это процесс образования и накопления гумуса, в составе которого существенную роль играют подвижные соединения, слабо закрепляемые катионами металлов;

- *Al-Fe гумусовый процесс* – это процесс мобилизации железа и алюминия минеральных пленок кислыми гумусовыми веществами и их последующего выноса с образованием элювиально-иллювиального профиля без глубокого разрушения минеральной части в элювиальном горизонте в отличие от подзолообразования;

- *коркообразование* – процесс образования поверхностной сильнопористой, обогащенной кремнеземом обессоленной корочки в аридных и полуаридных почвах;

- *рассоление* – процесс выноса легкорастворимых солей из первоначально засоленных почв, противоположный процессу засоления;

- *деградация* – сложный процесс изменения поверхностного горизонта изогумусовых почв под влиянием залесения, увеличения увлажнения или других причин, приводящий к ухудшению их свойств и обеднению.

5. Метаморфические ЭПП – процессы трансформации породообразующих минералов без элювиально-иллювиального перераспределения в почвенном профиле (внутрипочвенное выветривание), преобразования первичных минералов во вторичные:

- *сиаллитизация* – процесс внутрипочвенного выветривания алюмосиликатов с образованием и аккумуляцией вторичной глины сиаллитного состава;

- *монтмориллонитизация* – процесс внутрипочвенного выветривания первичных алюмосиликатов с образованием и накоплением вторичной глины монтмориллонитного состава;

- *гумуссиаллитизация* – процесс преобразования минеральной массы под воздействием нейтральных и слабокислых гумусовых веществ, способствующих частичному выносу оснований (при хорошем дренаже) и формированию дернинно-гумусированного глинисто-щебнистого профиля почв; процесс проходит под горно-луговой и горно-лугово-степной растительностью;

- *ферралитизация* – процесс внутрипочвенного выветривания первичных алюмосиликатов с образованием и аккумуляцией вторичной глины фералитного состава;

- *феррсиаллитизация* – процесс накопления подвижных форм железа в виде $Fe(OH)_3$ и Fe_2O_3 на фоне оглинения, обусловленного

декарбонизацией;

- *рубефикация (ферритизация, ожелезнение)* – процесс необратимой коагуляции и последующей кристаллизации оксидов железа в почвенном профиле в результате периодического подсыхания почвы в сухой и жаркий периоды года после привноса их и отложения в течение влажного периода;

- *оглеение* – процесс метаморфического преобразования минеральной почвенной массы под воздействием восстановительных процессов при переувлажнении;

- *оливизация* – процесс, в результате которого почвенная масса приобретает оливковую или зеленоватую окраску, устойчивую в окислительной среде, что связано с образованием в условиях периодического чередования переувлажнения и просыхания глинистых минералов, содержащих трехвалентное железо;

- *слитизация* – процесс обратимой цементизации монтмориллонитово-глинистых горизонтов в условиях периодического чередования интенсивного увлажнения и просыхания;

- *оструктуривание* – процесс разделения почвенной массы на агрегаты разного размера и формы, последующего упрочнения их и формирования внутреннего строения структурных отдельностей;

- *отвердевание (панцреобразование, кирасообразование)* – процесс необратимого изменения ожелезненных или окремнелых поверхностных горизонтов в результате дегидрации и кристаллизации оксидов железа или кремнезема;

- *фраджипэнообразование* – процесс формирования внутрипочвенного горизонта, характеризующегося оглинением, сильным уплотнением и высокой твердостью, большой хрупкостью и малой пластичностью;

- *мраморизация* – процесс специфического преобразования морфологического облика почвенных горизонтов в результате действия различных почвенных процессов.

6. Криогенные ЭПП – группа процессов в почвах, связанная с воздействием длительного промораживания почвенной массы в условиях холодного полярного и высокогорного климата при наличии или отсутствии постоянного мерзлого слоя в почвенном профиле:

- *криогенное засоление* – процесс засоления почвы при отсутствии выноса освобождающихся в процессе выветривания солей за ее пределы вследствие отсутствия нисходящих и боковых водных

потоков при господстве низких температур;

- *криогенное окарбоначивание* – процесс аккумуляции карбонатов в почве вследствие их образования, при освобождении оснований из выветривающейся породы в условиях отсутствия нисходящих и боковых водных потоков при господстве низких температур;

- *криогенное ожелезнение* – процесс аккумуляции и выделения в почве оксидов железа, освобождающихся при выветривании породы в условиях отсутствия их выноса за пределы почвы вследствие того, что нет нисходящих или боковых водных потоков при господстве низких температур;

- *Al-Fe-гумусово-криогенный процесс* – процесс мобилизации алюминия и железа, освобождающихся при выветривании первичных минералов подвижными гумусовыми кислотами, вследствие чего образуется надмерзлотный аккумулятивный горизонт, прокрашенный гумусом и железом;

- *ретинизация гумуса* – процесс аккумуляции коагулированного промораживанием гумуса в надмерзлотных слоях, в результате которого формируется специфический надмерзлотный гумусово-аккумулятивный горизонт бурого или буровато-красного цвета с невыраженной или творожистой структурой, со слабой цементацией минеральной массы.

7. Антропогенные ЭПП – включают процессы почвообразования, которые возникают и идут в разных почвах под влиянием человеческой деятельности и приводят к тем или иным изменениям как в общем направлении почвообразования, так и в морфологии почвенного профиля:

- *образование пахотного горизонта* – процесс обособления в верхней части почвенного профиля особого горизонта в результате периодической обработки почвы;

- *образование подплужного горизонта* – процесс пахотно-иллювиального накопления глины, гумуса и полуторных оксидов непосредственно под пахотным горизонтом длительно обрабатываемых на одну и ту же глубину почв, с последующим уплотнением;

- *кольматаж (заиливание)* – процесс отложения на поверхности почвы суспендированного в ирригационной воде материала и наращивание вверх почвенной толщи;

- *вторичное засоление* – процесс засоления почвы

в результате подъема минерализованных грунтовых вод при орошении или накоплении солей из оросительных вод;

- *осолонцевание* – процесс появления свойств солонца или солонцеватости при длительном орошении почв слабоминерализованными водами, содержащими свободную соду;

- *деградационное оглеение* – специфический процесс, развивающийся в поверхностном горизонте почв рисовых полей при культуре риса с затоплением, когда почва постоянно насыщена водой в вегетационный сезон и просыхает в межвегетационные периоды;

8. Педотурбационные ЭПП – группа процессов механического перемешивания почвенной массы под влиянием разнообразных факторов и сил:

- *самомульчирование* – процесс образования рыхлого мелкоглыбистого поверхностного горизонта при растрескивании в процессы обсыхания слитых горизонтов почв;

- *растрескивание* – процесс интенсивного сжатия почвенной массы на значительную глубину при ее обсыхании с образованием вертикальных и горизонтальных трещин;

- *криотурбация* – процесс морозного механического перемещения одних почвенных масс в отношении других в пределах какого-либо горизонта или всего профиля с образованием специфического криотурбационного строения;

- *вспучивание* – процесс образования крупноглыбистого поверхностного слоя солончаковых кор в пустынях при обсыхании сульфатных солончаков;

- *биотурбация* – процесс перемешивание почвенной массы роющей деятельностью почвенной фауны;

- *лесные валы* – процесс перемешивания почвенной массы различных горизонтов почв при ветровальных вывалах в лесах, особенно характерных для таежной зоны с избыточно увлажненными почвами;

- *обработка почвы* – процесс перемешивания почвы простыми или механическими сельскохозяйственными орудиями в практике земледелия.

9. Деструкционные (деструктивные) ЭПП – группа процессов поверхностного механического разрушения почв динамическими силами атмосферных агентов – воды и ветра:

- *эрозия* – процесс поверхностного смыва или размыва почвы

под действием поверхностного стока атмосферных осадков;

- *дефляция* – процесс механического разрушения или перемещения почвы под действием ветра.

Приведенный перечень элементарных почвенных процессов не исчерпывает всего их разнообразия в почвенном покрове нашей планеты.

Макропроцессы, или *почвообразовательные процессы*, формируются при определенном сочетании ЭПП, протекающих в условиях специфического проявления биогеохимического круговорота веществ и обуславливают формирование типов почв (подзолистых, дерново-подзолистых, болотных и др.).

При этом типы почвообразовательных процессов могут включать довольно большое количество элементарных почвенных процессов. Например, подзолистый процесс включает подстилкообразование, оподзоливание, лессиваж.

Контрольные вопросы

1. Что такое выветривание?
2. Охарактеризуйте виды выветривания.
3. Перечислите факторы почвообразования.
4. Какое влияние оказывает каждый фактор почвообразования на почвенные процессы?
5. Какие породы являются почвообразующими?
6. В чём заключается влияние антропогенного фактора на почвообразование?
7. Почему биологический фактор важен в почвообразовании?
8. Что такое микро-, мезо- и макропроцессы почвообразования?
9. Перечислите группы элементарных почвенных процессов.

3. Состав, свойства почв, почвенные процессы и режимы

3.1. Минералогический и химический состав почвообразующих пород и почв

3.1.1. Минералогический состав почвообразующих пород и почв. Минеральная часть почв в подавляющем большинстве случаев составляет 55-60% ее объема и до 90-97% массы. Общее число минералов, находящихся в почвах и почвообразующих породах, исчисляется сотнями.

Минералами называются однородные химические соединения элементов или самородные элементы, образующиеся в глубоких слоях литосферы и на ее поверхности. Минералы почв и почвообразующих пород изучает особый раздел почвоведения – *минералогия*.

В минералогический состав почвообразующих пород и почв входят первичные и вторичные минералы. Всего известно более 3,5 тыс. минералов, а в породах и почвах наибольшее распространение получило около 50 минералов.

Минералогический состав почв определяется составом материнской породы и условиями, в которых формируются почвы. Первичные и вторичные минералы составляют главную массу почвообразующих пород и твердой фазы почвы, оказывают влияние на ее физико-химические свойства, в том числе и на плодородие.

Первичные минералы (кварц, полевые шпаты, слюды и др.) образовались в глубоких слоях земной коры при высоких температурах и давлении. Только из них состоят магматические породы.

Первичные минералы не устойчивы в условиях земной поверхности и подвергаются процессам выветривания. Они представлены частицами, размер которых больше 0,001 мм, в большинстве почв первичные минералы преобладают над вторичными.

В почвах и почвообразующих породах наиболее распространены следующие группы первичных минералов.

Кварц – один из наиболее распространенных минералов многих магматических пород, осадочных отложений и почв. Это типичный остаточный минерал древних кор выветривания

кварцсодержащих пород и элювиальных горизонтов почв. Преобладание кварцевых минералов в почвах обуславливает их низкое плодородие.

Полевые шпаты – большая группа относительно устойчивых к выветриванию минералов. Они составляют около 60% массы земной коры, в почвах их содержится около 10-15%. К ним относятся: ортоклаз, альбит, анортит и плагиоклазы.

Слюды занимают 3% от общего объема пород, являются важнейшими источниками питания растений калием, так как разрушаются сравнительно быстро. В числе слюд отмечаются мусковит и биотит.

Первичные минералы влияют на физические свойства почв, являются источником зольных элементов, от них зависит направленность процессов почвообразования.

Вторичные минералы по происхождению делят на две группы: вторичные, связанные с постмагматическими и метаморфическими, преимущественно гидротермальными процессами; вторичные, связанные с гипергенными процессами. Они образовались из первичных и более устойчивы к процессам выветривания, так как образовались в термодинамических условиях земной поверхности.

Вторичные минералы (минералы простых солей, оксиды и гидрооксиды железа и алюминия, глинистые минералы и др.) представлены частицами размером менее 0,001 мм.

Минералы простых солей образуются при выветривании первичных минералов, а также в результате почвообразовательного процесса. К ним относятся кальцит, магнезит, доломит, гипс и др. Они способны накапливаться в почвах в больших количествах в условиях сухого климата. Качественный и количественный состав их определяет степень и характер засоления почв.

Оксиды и гидрооксиды железа и *алюминия* образуются в виде гидратированных высокомолекулярных гелей. Представлены бемитом, гидраргиллитом, гематитом, гетитом и гидрогетитом.

Глинистые минералы составляют основную часть вторичных минералов. К наиболее распространенным относятся минералы группы монтмориллонита, каолинита, гидрослюд и др. Преимущественно определяют минералогический состав глин. Важнейшая роль глинистых минералов состоит в том, что в силу присущей им поглотительной способности они определяют емкость поглощения

почв и наряду с гумусом являются основным источником поступления минеральных элементов в растения.

Вторичные минералы определяют поглотительную способность почв, являются источником основных элементов питания, играют важную роль в образовании водопрочной структуры.

Почва наследует минералогический состав почвообразующей породы, а процесс почвообразования не оказывает существенного влияния на минералогический состав, если не применяются такие приемы, как известкование, гипсование, пескование, глинование и др.

3.1.2. Химический состав почвообразующих пород и почв. Почвообразующие породы по своему химическому составу отличаются от почвы отсутствием органических веществ, источником которых являются живые организмы.

Минеральная часть литосферы в основном состоит из кислорода и кремния. В сумме эти два элемента дают почти 75% литосферы, далее в убывающем порядке идут алюминий и железо, кальций и калий, натрий и магний.

Доля этих восьми элементов составляет 99% минеральной части почвообразующих пород и около 97% минеральной части почв. Оставшаяся доля (около 1-3%) приходится на фосфор, титан, марганец, серу, хлор, водород и углерод, которые относятся к макроэлементам.

Очень незначительную часть почвообразующих пород занимают микроэлементы: медь, цинк, молибден, бор, кобальт, йод, фтор и др. При этом в почвах их содержится в 2-12 раз меньше, чем в почвообразующих породах. Но, несмотря на низкое содержание в почвах, они играют важную физиологическую и биохимическую роль в жизни организмов. Их недостаток в почвах нарушает физиологическое состояние растений и приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Почвообразующие породы и почвы имеют близкий химический состав, а такие важные для питания растений элементы, как углерод, азот, частично водород, сера, фосфор, содержатся в основном в составе органических соединений. В почвах в 20 раз больше углерода и в 10 раз больше азота, что связано с их биологическим накоплением в составе органических веществ в результате жизнедеятельности микроорганизмов.

Почва состоит из минеральных, органических и органо-минеральных веществ. В почвах содержатся практически все элементы периодической системы Д. И. Менделеева. Больше в почве содержится кислорода, водорода и кремния, меньше алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия, что является результатом выветривания и почвообразовательного процесса.

Химические элементы в почве находятся в форме различных соединений, отличающихся строением, составов, степенью устойчивости к выветриванию, растворимостью и др.

Кислород входит в состав первичных и вторичных минералов, является элементом органических веществ и воды.

Водород входит в состав в состав органических соединений и почвенной влаги, определяет реакцию почвенного раствора.

Кремний входит в состав силикатов и алюмосиликатов как первичных, так и вторичных минералов.

Алюминий находится в почве в составе первичных и вторичных минералов в форме органо-минеральных комплексов и в поглощенном состоянии в кислых почвах.

Железо в почвах встречается в составе первичных и вторичных минералов-силикатов, в виде гидроокисей и окисей, простых солей, в поглощенном состоянии, а также в составе органо-минеральных комплексов.

Кальций и *магний* находятся в кристаллической решетке минералов в обменно-поглощенном состоянии и в форме простых солей разной степени растворимости. Среди обменных катионов кальций в большинстве почв занимает первое место.

Натрий в почве присутствует в составе первичных минералов, преимущественно в натрийсодержащих полевых шпатах. В засоленных почвах в значительных количествах может присутствовать в виде хлоридов или входить в поглощающий комплекс.

Калий входит в состав кристаллической решетки как первичных (полевые шпаты, слюды), так и вторичных минералов (вермикулит, глауконит) в труднодоступной для растений форме. Валового калия (K_2O) в почвах больше, чем азота и фосфора вместе взятых – 1,5-2,5%. Основным источником доступного для растений калия является обменный, который находится в составе почвенно-поглощающего комплекса. Обменный калий составляет 0,5-2,5% от валового содержания.

Основная масса *азота* почв сосредоточена в органическом веществе. Валовое количество азота (N) в почвах варьирует от 0,1 до 0,5%. В почвообразующих породах азота почти нет. Почвенный азот находится в основном в составе гумуса. Накопление азота в почве обусловлено биологической аккумуляцией его из свободного азота атмосферы. Растениям доступен только минеральный и легкогидролизуемый органический азот.

Фосфор, поглощаясь в больших количествах растениями, аккумулируется в верхних горизонтах почвы. Фосфор в почве представлен в виде в органических и минеральных соединений. Содержание валового фосфора (P_2O_5) в почвах составляет 0,05-0,25%. Основными источниками фосфора в почвах служат труднорастворимые минералы группы апатита. Основная часть как органических, так и минеральных соединений фосфора в почвах недоступна растениям. Растениям доступен только подвижный фосфор.

Наряду с макроэлементами в почве присутствуют микроэлементы. Валовое содержание этих элементов в основном связано с содержанием в почве первичных минералов, отчасти глинистых минералов и органического вещества.

Основные микроэлементы почв: бор, марганец, медь, цинк, молибден, кобальт. Они выполняют важные биофизические и биохимические функции в процессах жизнедеятельности живых организмов.

Валовое содержание микроэлементов в основном определяется составом почвообразующих пород, биологическим накоплением, типом водного режима, антропогенными и техногенными факторами. Источники микроэлементов почвы: почвообразующая порода; газы атмосферы; дымы вулканов; метеоритные осадки; пестициды.

В целом химический состав почвы наследуется от материнской горной породы, которая в процессе почвообразования преобразуется, обогащается химическими элементами органического вещества, а также минеральными элементами-биофилами. Поэтому особой спецификой химического состава отличаются верхние гумусово-аккумулятивные горизонты.

Химический состав почв оказывает влияние на их плодородие, как непосредственно, так и определяя те или иные свойства почвы, имеющие решающее значение в жизни растений.

3.1.3. Гранулометрический состав почв и его значение. В процессе выветривания горная порода превращается в рухляк, состоящий из частиц различной величины, называемых механическими элементами. *Механические элементы* – это разнообразные по величине обломки минералов и горных пород, органические вещества и органо-минеральные соединения. Близкие по размерам частицы объединяют во фракции. *Гранулометрическим составом* называется относительное содержание в почве (или породе) механических элементов.

Все механические элементы размером более 0,01 мм называют физическим песком, а менее 0,01 мм – физической глиной. В основе классификации почв по гранулометрическому составу лежит соотношение частиц физической глины и физического песка (табл. 3)

Таблица 3

Классификация почв по гранулометрическому составу

Краткое название почвы по гранулометрическому составу	Содержание физической глины (частиц размером менее 0,01 мм), %		
	подзолистый тип почвообразования	степной тип почвообразования (красноземы и желтоземы)	солонцы и солонцеватые почвы
Песок рыхлый	0-5	0-5	0-5
Песок связный	5-10	5-10	5-10
Супесь	10-20	10-20	10-15
Суглинок легкий	20-30	20-30	15-20
Суглинок средний	30-40	30-45	20-30
Суглинок тяжелый	40-50	45-60	30-40
Глина легкая	50-65	60-75	40-50
Глина средняя	65-80	75-85	50-65
Глина тяжелая	> 80	> 85	> 65

В основу разделения гранулометрических фракций положены различия главным образом в водно-физических свойствах.

Так, каменистая часть почвы или почвенный скелет почти не обладают способностью удерживать влагу, просачивающуюся в почву, а также поднимать ее вверх, например, до уровня грунтовых вод по капиллярам. Песок характеризуется слабой водоудерживающей и водоподъемной способностью. Напротив, пыль очень хорошо удерживает воду и обладает хорошей водоподъемной способностью. Ил имеет плохую водопроницаемость и меньшую, чем

у пылеватых частиц, водоподъемную способность.

Чем больше физической глины в твердой фазе почвы, тем она тяжелее. К тяжелым почвам относятся глинистые и тяжелосуглинистые, почвы легко- и среднесуглинистые менее тяжелые по гранулометрическому составу, легкими называют супесчаные и песчаные почвы.

Скелетные (каменистые и щебнистые) почвы, как правило, свидетельствуют о молодости в развитии почвенного покрова территории, о сравнительно недавних процессах разрушения предшествующих почвенных масс в результате различных экзогенных процессов (эрозия, дефляция, оползни и т.д.), об отсутствии накопления мелкоземлистых осадков.

Поскольку соотношение механических элементов в «физическом песке» и «физической глине» в разных почвах варьирует, введено понятие преобладающих фракций: гравелистая (3-1 мм), песчаная (1,0-0,05 мм), крупнопылеватая (0,05-0,01 мм), пылеватая (0,01-0,001 мм), илистая (< 0,001 мм). Принято к основному названию почвы по гранулометрическому составу прибавлять название преобладающей фракции (ставится на последнее место).

Гранулометрический состав является фундаментальным свойством почвы, определяющим уровень ее плодородия, оказывает влияние на процессы почвообразования.

В сельском хозяйстве гранулометрический состав учитывают при обработке почвы, применении удобрений, мелиоративных мероприятий, размещении культур в севообороте и других приемах земледелия.

3.2. Режим органического вещества почвы

3.2.1. Состав органического вещества почв. Органическая часть составляет лишь несколько процентов всей массы почвы, но она играет исключительно важную роль в формировании стабильного плодородия, в питании растений, в создании благоприятных водно-физических и других свойств почв.

Органическое вещество почв представлено органическим остатками живых организмов, продуктами их метаболизма, а также специфическими органическими соединениями, носящими название почвенного гумуса.

По современным представлениям все органические вещества, находящиеся в почвенной массе генетических горизонтов, делятся на две группы:

- *неспецифические* – вещества не почвенного происхождения, а имеющие фито-, зоо- и микробиоценотическую природу и поступающие в процесс почвообразования как отмирающая биомасса (органические остатки) и как продукты жизнедеятельности живых организмов;

- *почвенный гумус* или *специфические органические вещества* почвенно-генетической природы, которые присущи только почвам.

Основным источником органического вещества являются отмершие части растений в виде корней и наземного опада. Меньшее значение имеют почвенные микроорганизмы и остатки почвенных животных (0,7-1,5 т/га). В пахотных почвах дополнительным источником органического вещества являются вносимые органические удобрения – навоз, торф, сидераты и др.

Количество и химический состав органических веществ, поступающих в почву и на ее поверхность, определяются не только типом растительности, ее возрастом, но и условиями произрастания.

В таежно-лесной зоне основной источник органического вещества – лесная подстилка из опавшей хвои, листьев, веток и других частей древесных растений. Корни деревьев принимают незначительное участие в образовании органического вещества. Под травянистой растительностью основной источник органического вещества – корни, масса которых достигает в степной зоне до 17 т/га, в зоне сухих степей и полупустынь – 4-8 т/га. При сельскохозяйственном использовании в почву поступает растительных остатков от 2-3 т/га (пропашные культуры) до 9-15 т/га (многолетние мятликовые и бобовые травы).

Растительный опад различается не только количество, но и качественно.

В хвойных лесных ценозах основная часть опада, поступающего на поверхность почвы, содержит много лигнина, дубильных веществ, восков и смол. Такой опад разлагается преимущественно грибной микрофлорой, так как грибы принимают самое активное участие в разложении грубых органических остатков, поступающих в почву.

Растительный опад широколиственных лесов богаче белком, углеводами и минеральными веществами в его разложении принимает участие как грибная, так и бактериальная микрофлора.

В травянистых формациях значительная часть растительного опада поступает в почву непосредственно с отмершими корнями растений. Корни травянистой растительности отмирают ежегодно, разлагаются в основном бактериями, пополняя запасы белка, углеводов и целлюлозы.

Попадающие в почву органические растительные остатки содержат 10-25% сухих веществ и 75-90% воды. Химический состав сухих веществ весьма разнообразен и представлен следующими группами соединений: азотистые вещества (белки, хлорофилл, алкалоиды), углеводы (клетчатка, гемицеллюлоза, крахмал и др.), лигнин, липиды (жиры, воски), смолы, дубильные вещества и зола.

Вместе с органическими остатками в почву поступают зольные элементы (калий, кальций, магний, фосфор, натрий, железо, алюминий, кремний, сера), а также микроэлементы (марганец, бор, медь, цинк, кобальт, молибден и др.), необходимые растениям в очень малых количествах.

Разложение поступивших растительных остатков происходит под воздействием воды и воздуха, животных и микроорганизмов, обитающих в почве, но основная роль в этом процессе принадлежит микроорганизмам.

Поступающие в почву органические остатки под воздействием почвенных микроорганизмов, подвергаясь сложным и разносторонним процессам превращения, теряют свое анатомическое строение.

В результате биохимических процессов, под воздействием ферментов, выделяемых микроорганизмами, растительные остатки разлагаются на более простые, так называемые промежуточные продукты разложения. Белки, например, расщепляются на пептиды и аминокислоты, жиры – на глицерин и жирные кислоты, углеводы – на моносахара, органические кислоты и спирты.

В дальнейшем часть этих соединений подвергается *минерализации* – процессу разложения органического вещества до углекислоты, воды и простых солей. В этом процессе участвует до 80-90% органических остатков, а продукты минерализации переходят в почвенные растворы и в значительной степени используются новыми поколениями зеленых растений как источник питания, так

как вновь включаются в биологический круговорот.

Другая часть промежуточных продуктов разложения органических остатков используется гетеротрофными микроорганизмами для питания. В результате формируются вторичные белки, углеводы, жиры и т.п., образующие новые поколения микроорганизмов.

Третья часть промежуточных продуктов разложения подвергается *гумификации,* т. е. биохимическим и физико-химическим процессам, в результате которых органические вещества индивидуальной природы превращаются в специфические соединения – *гумус*.

3.2.2. Состав и свойства гумусовых веществ. Гумус, или *гумусовые вещества* – особая группа химических соединений, свойственная почвенному покрову Земли, т.е. специфичная только для почвенных образований. Гумус образуется из веществ растительных, животных и микробных остатков во взаимодействии с комплексом компонентов окружающей среды.

В состав гумуса входят три группы соединений, различающихся между собой качественными и количественными показателями:

- вещества исходных органических остатков, к которым относятся белки, углеводы, лигнин, липиды, смолы и т. п. (не более 10-15% общей массы перегноя);

- промежуточные продукты разложения органических остатков включают аминокислоты, моносахара, органические кислоты, полифенолы, спирты и т. п. (их количество не превышает 5-10% массы перегноя);

- гумусовые вещества, являются важнейшей и специфической частью перегноя (составляют 80-90% его массы и определяют все основные свойства гумуса).

В состав гумусовых веществ входят гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумины.

Главные продукты гумификации, от которых непосредственно зависит формирование разных свойств почв и типов почвообразования, представлены гуминовыми и фульвокислотами.

Гуминовые кислоты (ГК) – это темноокрашенные высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты. Они нерастворимы в минеральных и органических кислотах, но хорошо растворяются в растворах едкого натра, аммиака, соды

с образованием коллоидных растворов темно-вишневой или коричнево-черной окраски. Из растворов гуминовые кислоты осаждаются солями алюминия, железа, кальция и магния в виде студнеобразного осадка.

При взаимодействии с катионами щелочных и щелочноземельных металлов гуминовые кислоты образуют соли – гуматы. Гуматы натрия, калия и аммония хорошо растворимы в воде, поэтому вымываются из почвы. Гуматы кальция и магния в воде не растворяются и хорошо закрепляются в почвах.

Гуминовые кислоты составляют наиболее ценную часть гумуса. Они увеличивают поглотительную способность почвы, способствуют накоплению элементов почвенного плодородия и образованию водопрочной структуры.

Фульвокислоты (ФК) – это желтоокрашенные высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты. В них, в отличие от гуминовых кислот, содержится меньше углерода, но больше кислорода и водорода. Все соли фульвокислот (фульваты калия, натрия, кальция и магния) растворимы в воде и слабо закрепляются в почвах. Фульвокислоты обладают сильнокислой реакцией, энергично разрушают минеральную часть почвы, вызывая развитие подзолообразовательного процесса.

Гумин – инертная часть почвенного гумуса, находящаяся в прочных связях с минеральной частью почвы, особенно с глинистыми минералами. В состав гуминов входят углистые частицы в виде инертных включений, не участвующие в почвенных процессах. Количество и состав гумуса в почвах зависит от условий увлажнения, воздушного и теплового режимов, состава растительных остатков и жизнедеятельности микроорганизмов.

Гумус почвы – динамическая система, постоянно обновляющаяся за счет поступления и гумификации новых органических остатков и минерализации ранее образовавшегося гумуса.

Закреплению гумуса в почвах способствует определенный состав минеральной части почв.

В почвах, содержащих повышенное количество кальция и магния, особенно в форме карбонатов, гумусовые кислоты нейтрализуются, насыщаются щелочноземельными катионами и закрепляются в почвах в малоподвижных формах гуматов кальция и магния.

В почвах, богатых железистыми минералами и свободными полуторными оксидами, в условиях нейтральной или слабокислой среды также происходит закрепление гумусовых веществ в органо-минеральных формах.

В почвах, бедных основаниями, при низком содержании в растительных остатках зольных компонентов образуется «кислый гумус» с большим количеством неусредненных агрессивных фульвокислот.

Ф. Дюшофур выделяет главные типы гумуса на основании различий в его морфологии, соотношении органической и минеральной частей, биологии и активности участвующих в гумификации организмов:

I. Гумус, образующийся в условиях аэрации:

1) *мор* – ничтожное или слабое смешивание органической и минеральной частей почвы, слабая трансформация опада, производимая главным образом грибами, актиномицетами;

2) *модер* – неполное смешивание органической части с минеральной, неясная граница между подстилкой и гумусовым горизонтом, отсутствует образование глинисто-гумусового комплекса, в основе микроструктуры находятся органические микроагрегаты, прилипшие к минеральным частицам, сильная биологическая трансформация под влиянием артропод в сочетании с влиянием грибов и бактерий;

3) *мюлль* – полное включение органической части в минеральную с образованием глинисто-гумусового комплекса. Подстилка отсутствует, в основе микроструктуры находятся глинисто-гумусовые агрегаты размером от 0,1 до 1 мм, сильная биологическая трансформация под влиянием дождевых червей и бактериальной микрофлоры.

II. Гумус, образующийся в условиях анаэробиозиса:

1) *торф* – ничтожное, или слабое, включение органической части в минеральную, волокнистая структура, биохимическая трансформация очень слабая, гумифицировано менее 30% органического вещества;

2) *анмоор* – не сплошное, но заметное включение органической части в минеральную, ощущаемое до глубины 10-20 см, структура массивная, биохимическая трансформация сильная, развивающаяся под влиянием перемежающегося воздействия

аэробных и анаэробных организмов, гумификация интенсивная, более 30% органического вещества гумифицировано.

3.2.3. Гумусовое состояние почв зонального ряда. Различающиеся по природе и химической активности две группы гумусовых кислот способствуют формированию разных по плодородию почв.

Многообразие природно-климатических условий предопределяет различия в гусусообразовании.

Процесс гумусообразования зависит от условий увлажнения, воздушного и теплового режимов, состава растительных остатков и жизнедеятельности микроорганизмов.

В аэробных условиях при достаточном увлажнении органические остатки разлагаются интенсивно. Однако образовавшийся гумус в этих условиях быстро минерализуется, поэтому в почве накапливается мало гумуса, но много доступных для растений элементов питания.

В засушливых условиях в почву поступает мало растительных остатков, процессы гумификации протекают медленно, гумуса накапливается мало.

При постоянном избыточном увлажнении создаются анаэробные условия, угнетающие жизнедеятельность микроорганизмов. Процессы разложения и гумификации затухают, органические остатки превращаются в торф, представляющий собой массу полуразложившихся растительных остатков растений.

Больше всего гумуса накапливается в зоне луговых степей, в черноземных почвах. Здесь весной и ранним летом высокая активность микроорганизмов, разлагающих органические остатки, обусловлена оптимальным увлажнением и благоприятными температурными условиями. Затем период интенсивного гумусообразования сменяется иссушением почвы и, в результате затухания биохимических процессов, происходит консервация и сохранение гумуса от минерализации.

Содержание гумуса увеличивается от таежных подзолистых почв (2,5-4,0%) на юг к дерново-подзолистым, серым лесным (4,0-6,0%) и далее к черноземам (7,0-10,0%), а затем также закономерно уменьшается до 2,0-4,0% в каштановых почвах сухих степей и до 1,0-2,0% в почвах пустынь (табл. 4).

Одновременно меняется и соотношение основных компонентов почвенного гумуса – гуминовых кислот и фульвокислот. Больше всего гуминовых кислот в черноземах. К северу и югу от черноземов их содержание постепенно снижается.

Таблица 4

Среднее содержание, запасы и качественный состав гумуса наиболее распространенных типов почв

Почвы	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса в слое 0-20 см, т/га	Относительное содержание углерода		Отношение ГК : ФК
			ГК	ФК	
Подзолистые	2,5-4,0	53	12-30	25-30	0,6-0,8
Серые лесные	4,0-6,0	109	25-30	25-27	1,0
Черноземы	7,0-10,0	224	35-40	15-20	1,5-2,5
Темно-каштановые	3,0-4,0	99	25-35	20-25	1,5-1,7
Бурые сухостепные	1,0-1,2	-	15-18	20-23	0,7
Сероземы	1,5-2,5	37	17-23	25-33	0,7
Красноземы	4,0-6,0	-	15-20	22-28	0,6-0,8

Характерным для каждого типа почв является отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот. По этому отношению выделяются (Д. С. Орловым и Л. А. Гришиной) следующие типы гумуса: гуматный – более 2, фульватно-гуматный – 1-2, гуматно-фульватный – 0,5-1, фульватный – менее 0,5.

3.2.4. Роль органических веществ в почвообразовании, плодородии почв и питании растений. Роль гумуса в почве разнообразна. В нем содержатся основные элементы питания растений и различные микроэлементы. Эти элементы в процессе постепенной минерализации становятся доступными для питания растений. Гумусовые вещества служат пищей для гетеротрофных почвенных организмов.

От содержания гумуса в почве зависит интенсивность биологических и биохимических процессов, обуславливающих накопление питательных веществ, необходимых растениям.

Гумусовые вещества играют важную роль в формировании почвенного профиля. В богатых гумусовыми кислотами и их солями почвах формируется хорошо выраженный гумусовый горизонт большой мощности с высокой поглотительной способностью. Мощность гумусового горизонта и запасы гумуса в нем характеризуют плодородие почвы.

Если в составе гумусовых веществ преобладают фульвокислоты, то в почве формируется гумусовый горизонт небольшой мощности, который легко обедняется элементами питания, снижая плодородие почвы.

Гумус оптимизирует физическое состояние почв. Гумус склеивает почвенные агрегаты (комочки), способствуя созданию агрономически ценной структуры. Главную структурообразующую роль выполняют гуматы кальция и железа, обеспечивающие формирование водопрочной зернистой и мелкокомковатой почвенной структуры.

Почвы с высоким содержанием гумуса обладают лучшими физическими свойствами, легко обрабатываются, меньше подвержены уплотнению, обладают большой водоудерживающей способностью.

Почвы с низким содержанием гумуса отличаются бесструктурностью, плохими водно-воздушными и тепловыми свойствами.

Гумус придает почве темную окраску, что способствует интенсивному поглощению солнечной энергии. Органическое вещество предохраняет почву от быстрой потери тепла, а при разложении само выделяет энергию, поэтому такие почвы имеют более благоприятный тепловой режим и их называют теплыми. И наоборот, почвы, бедные органическим веществом, отличаются неблагоприятными тепловыми свойствами, слабо поглощают тепло и плохо его удерживают. Такие почвы называют холодными.

Таким образом, гумусовые вещества оказывают разностороннее влияние на протекающие в почве процессы и на приобретение почвой важнейших агрономически ценных свойств.

Неодинаково относятся к содержанию органического вещества в почвах и сельскохозяйственные растения. Такие растения, как гречиха, картофель, арбуз, люцерна нетребовательны к содержанию гумуса в почве и прекрасно произрастают как на многогумусовых, так и на низкогумусовых почвах. А у винограда, табака, чая на почвах, богатых органическим веществом, снижается качество урожая. В то же время такие культуры, как пшеница, кукуруза, подсолнечник, сахарная свекла и многие овощи обладают высокой требовательностью к содержанию органического вещества в почве.

Потеря почвенного плодородия чаще всего связана с уменьшением запасов гумуса. При низкой культуре земледелия

процессы минерализации преобладают над процессами накопления гумуса. Частое рыхление пахотного слоя почвы увеличивает аэрацию и интенсивность микробиологического разрушения гумуса.

К основным мероприятиям, способствующим накоплению гумуса в почве, относятся: структура севооборотов, обеспечивающая определенный расход и поступление органического вещества в почву; внесение навоза, компостов на торфяной основе; применение сидератов (люпин, сераделла и др.); приемы химической мелиорации, создающие благоприятные условия для гумификации и др.

Сохранению и накоплению гумусовых веществ в почве способствуют также мероприятия по предотвращению водной и ветровой эрозии почв, использование пожнивных остатков.

3.3. Поглотительная способность и реакция почвы

3.3.1. Состав и свойства почвенных коллоидов. Поглотительной способностью почв называется свойство ее компонентов (твердой, жидкой, газообразной и биологической фаз) обменно или необменно поглощать из окружающей среды различные твердые, жидкие и газообразные вещества, отдельные молекулы, катионы и анионы.

Эта способность почв обусловлена наличием в ней мельчайших частиц размером менее 0,0001 мм, называемых *почвенными коллоидами.* Они образуются за счет дробления (диспергирования) более крупных частиц, а также при конденсации молекул.

По способу образования почвенные коллоиды разделяются на минеральные, органические и органоминеральные.

Минеральные коллоиды образуются в результате процессов выветривания при измельчении горных пород. К ним относятся глинистые минералы, оксиды железа и алюминия, коллоидные формы кремнезема.

Органические коллоиды накапливаются в почве в результате разложения растительных остатков. Это гумусовые вещества, состоящие из гуминовых кислот, фульвокислот и гумина.

Органоминеральные коллоиды образуются при взаимодействии глинистых минералов с органическим веществом почвы.

По знаку заряда потенциала определяющего слоя коллоиды разделяются на *ацидоиды* (отрицательные) и *базоиды* (положительные). Отрицательно заряженные коллоиды в почве преобладают; к ним относятся кремниевая кислота, глинистые минералы и гумусовые кислоты. Положительный заряд имеют гидраты оксидов железа и алюминия. Третью группу составляют *амфолитоиды* – коллоиды, способные менять знак заряда в зависимости от изменения реакции среды.

Поскольку коллоиды имеют заряд, они способны притягивать дипольные молекулы воды из почвенного раствора, образуя гидратные пленки. Толщина водного слоя зависит от потенциала почвенных коллоидов. Различают *гидрофильные* коллоиды (кремниевая кислота, гумусовые кислоты), удерживающие много слоев молекул воды, и *гидрофобные* слабогидратированные коллоиды (гидроксиды железа, каолинит). Гидрофильные коллоиды способны сильно набухать, что предотвращает их слипание. Гидрофобные коллоиды не разделяются пленкой воды, поэтому они быстро слипаются и выпадают в осадок.

Коллоидные системы имеют большую общую поверхность и соответственно огромный запас поверхностной энергии. Эта свободная энергия стремится перейти в потенциальную. При этом коллоидные частицы укрупняются, уменьшаются их общая поверхность и энергия.

Коллоиды могут находится в двух состояниях: *золя* – коллоидного раствора и *геля* – коллоидного осадка.

Переход коллоидов из состояния золя в состояние геля называется *коагуляцией* или слипанием (свертыванием) коллоидов. Этот процесс может происходить под влиянием электролитов и при взаимодействии противоположно заряженных коллоидных систем. Коагуляция почвенных коллоидов происходит также при высушивании или замерзании почвы в результате обезвоживания гидрофильных коллоидов.

При коагуляции почвенные частички склеиваются в комочки, почва становится более структурной. Двухвалентные катионы кальция способствуют коагуляции почвенных коллоидов и улучшают физическое состояние почвы.

Пептизация – процесс, обратный коагуляции (коллоиды переходят их состояние геля в состояние золя). При пептизации почвенных коллоидов разрушается ценная комковатая структура и

ухудшаются физические свойства почвы. Так, солонцовые почвы при пептизации коллоидов во влажном состоянии набухают, а при высыхании растрескиваются на столбчатовидные отдельности.

Количество коллоидов в почве зависит от гранулометрического состава и содержания гумуса.

Так, в песчаных почвах их количество составляет 1-2%, а в глинистых – до 30-40% к массе почвы.

Носителем поглотительной способности почвы является *почвенно-поглощающий комплекс* (ППК) – совокупность минеральных, органических и органоминеральных коллоидов.

3.3.2. Виды поглотительной способности почв. К. К. Гедройц выделил пять видов поглотительной способности почв, каждый из которых играет определенную роль в почвообразовании и формировании свойств почвы*: механическая, биологическая, химическая, физическая и физико-химическая (обменная).*

Механическая поглотительная способность – свойство почвы как пористого тела задерживать в своих порах частицы из фильтрующихся суспензий. Механическое поглощение зависит от гранулометрического состава и сложения почвы. Так, глинистые и суглинистые почвы способны поглощать даже тонкодисперсные частицы, а песчаные, имеющие крупнопористое сложение, взвешенные частицы поглощают значительно хуже. На механическом поглощении основан прием кольматажа (заиливания), который позволяет снизить фильтрацию воды через дно и стенки оросительных каналов, улучшить свойства песчаных почв.

Биологическая поглотительная способность почвы обусловлена избирательной способностью поглощения растениями и микроорганизмами элементов, необходимых для жизни. Растения и микроорганизмы поглощают необходимые им вещества не в тех соотношениях, в которых они находятся в почве, а строго в соответствии со своими потребностями. Усваиваемые ими минеральные соединения превращаются в органические вещества. Почва постоянно обогащается органическим веществом, зольными элементами питания. Процессы биологического поглощения изменяют концентрацию и состав почвенного раствора, влияют на состояние поглотительного комплекса.

Химическая поглотительная способность связана с образованием нерастворимых или малорастворимых в воде соединений.

При взаимодействии с катионами кальция, алюминия, железа и других элементов растворимые в воде сульфаты, карбонаты, фосфаты образуют нерастворимые соединения. Такое поглощение получило название осадочного. К химическому поглощению относят образование органоминеральных и глинисто-гумусовых нерастворимых комплексов.

Физическая поглотительная способность связана с изменением концентрации веществ на поверхности почвенных частиц. В основе этого явления лежит сила молекулярного притяжения, обусловленная свободной энергией молекул и ионов, которые находятся на поверхности почвенных частиц. Чем сильнее степень дробления частиц, тем больше их активная поверхность, тем сильнее адсорбционная способность почвы.

Физическим путем поглощаются соли из растворов и газообразные вещества, а также некоторые токсины. При этом некоторая часть их удерживается от вымывания и удаления в атмосферу. Физическое поглощение почвой ряда веществ способствует стабилизации ее свойств, выполнению ею санитарных функций.

Физико-химическая (обменная) поглотительная способность почв состоит в свойстве почвы обменивать некоторую часть катионов, содержащихся в твердой фазе, на эквивалентное количество катионов почвенного раствора. Фактически физико-химическое поглощение – это обмен катионов в почвах, для которого характерна эквивалентность и обратимость.

Общее количество поглощенных (обменных) катионов, которые могут быть вытеснены из почвы, называется *емкостью поглощения*, или *емкостью катионного обмена* (ЕКО), т.е. максимальное количество катионов, удерживаемых почвой в обменном состоянии.

Свойства почвы в значительной степени зависят от состава обменных катионов. Почвы, содержащие в значительных количествах катионы кальция и магния, имеют реакцию, близкую к нейтральной, они хорошо оструктурены, обладают благоприятными физическими свойствами. Почвы, в которых в поглощенном состоянии находятся ионы натрия, имеют щелочную реакцию, плохо оструктурены, заплывают, плохо подаются обработке.

Поглощение почвой анионов зависит от их природы, реакции среды и состава коллоидов. Обменным путем почти не поглощаются Cl^-, NO_3^-, лишь частично поглощаются SO_4^{2-}, CO_3^{2-}. Анион

PO_4^{2-} поглощается биологическим, химическим и физико-химическим путем, а анион PO_4^{3-} – преимущественно физико-химическим путем.

Поглотительная способность почвы регулирует питательный режим почвы, обуславливая накопление многих элементов питания растений и микроорганизмов, она же регулирует реакцию почвы, степень ее буферности, водно-физические свойства. Интенсивность накопления продуктов почвообразования и формирование гумусово-аккумулятивных горизонтов в значительной степени обусловлена поглотительной способностью почвы.

3.3.3. Кислотность, щелочность и буферность почвы. Жидкая фаза почвы представлена *почвенным раствором*, содержащим растворенные газы, минеральные и органические соединения. Выпадающие атмосферные осадки уже содержат некоторое количество растворенного кислорода, углекислого газа, азота и других газов.

Поступившая в почву дождевая вода активно взаимодействует с твердой фазой почвы, переводя в раствор некоторые ее компоненты.

Почвенный раствор – активный компонент почвообразовательного процесса, перемещающий растворенные минеральные и органические вещества по профилю почвы. Из почвенного раствора растения поглощают воду и растворенные в ней элементы питания. Состав и концентрация почвенного раствора зависят от почвообразующих пород и климатических условий.

В составе почв таежно-лесной зоны преобладают органические соединения, а минеральные соли содержатся в значительно меньших количествах, в южных почвах (каштановых, сероземах) в растворе в основном присутствуют минеральные вещества, а в черноземах содержание органических и минеральных веществ в почвенном растворе примерно одинаковое.

Для жизнедеятельности растений большое значение имеет *концентрация почвенного раствора*. Почвы с высокой концентрацией почвенного раствора считаются *засоленными*. Это преимущественно южные почвы, где концентрация солей в растворе достигает от 5 до 100 г на 1 л. Соли препятствуют поступлению воды в корни растений, поэтому на засоленных почвах могут произрастать только такие растения, клеточный сок которых имеет высокое

осмотическое давление. Такие растения называют солевыносливыми.

Незасоленной считается почва, в 1 л почвенного раствора которой находится менее 2 г солей. Такая концентрация почвенного раствора характерна для северных и центральных областей нашего государства.

Наряду с концентрацией почвенного раствора важное значение имеет соотношение в нем свободных ионов H^+ и OH^-. Если в почвенном растворе концентрации этих ионов одинаковы, то реакция среды будет нейтральной, если ионов H^+ больше, чем OH^- – кислой, меньше – щелочной.

Нейтральную реакцию имеет дистиллированная вода, так как при диссоциации молекул воды образуется равное количество ионов H^+ и OH^-.

Так как абсолютные концентрации ионов водорода очень малы и пользоваться ими неудобно, для обозначения реакции почвы введен показатель pH. Почвенный раствор с нейтральной реакцией имеет pH=7, с кислой pH < 7, с щелочной pH >7.

Реакция почвы оказывает разностороннее влияние на свойства почв и растения. Для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур сильнокислая и сильнощелочная реакция почвы нежелательны, а наиболее благоприятна нейтральная или близкая к нейтральной (слабокислая и слабощелочная) реакция почвы.

Сильнокислая и особенно сильнощелочная реакция угнетающе действует на растения. При кислотности у растений проявляется недостаток Ca^{2+}, повышается концентрация токсичных ионов Al^{3+} и Mg^{2+}, ухудшаются физические свойства почвы, снижается ее биологическая активность; при щелочности ухудшается фосфатный режим, возникает дефицит некоторых микроэлементов (цинка, марганца, меди, железа).

Кислотность почв – способность почв нейтрализовать компоненты щелочной природы, подкислять воду и растворы нейтральных солей.

Кислая реакция среды присуща почвам, не насыщенным основаниями. Различают два вида почвенной кислотности: актуальную и потенциальную. *Актуальная* кислотность почвы – кислотность почвенного раствора, связанная с содержанием свободных ионов H^+. *Потенциальная* кислотность почвы – кислотность твердой фазы почвы, обусловленная обменными

ионами H^+ и Al^{3+} в почвенно-поглощающем комплексе (ППК). В этом виде кислотности выделяют обменную и гидролитическую. При взаимодействии почвы с растворами солей происходит обменная реакция, в результате в раствор вытесняются ионы H^+ и Al^{3+}.

Обменная кислотность проявляется при взаимодействии почвы с раствором нейтральной соли. Выражается в мг-экв./100 г почвы.

Гидролитическая кислотность проявляется при взаимодействии почвы с раствором гидролитически щелочной соли. Величину гидролитической кислотности выражают в мг-экв./100 г почвы. По величине она больше обменной и актуальной.

Для улучшения свойств кислых почв проводится их *известкование* – применение извести для нейтрализации кислотности почвы.

Щелочность почвы – способность почвы нейтрализовать компоненты кислой природы и подщелачивать воду. При значении pH > 7 ионы OH^- преобладают в растворе (водном или солевом) над ионами H^+. В этом случае почвенный раствор и почва имеют щелочную реакцию. Щелочная реакция вызывается присутствием в растворе солей сильных оснований со слабыми кислотами – карбонатов K_2CO_3, $KHCO_3$, Na_2CO_3, $NaHCO_3$.

Почвы, содержащие в ППК натрий в поглощенном состоянии, имеют щелочную реакцию. При взаимодействии такой почвы с водой в присутствии углекислого газа образующаяся сода (Na_2CO_3) резко подщелачивает раствор, поскольку при ее гидролизе ионы OH^- (при диссоциации NaOH) преобладают в растворе, величина pH поднимается до 9-10.

Щелочность почв снижает плодородие почв в большей степени, чем кислотность. Различают актуальную и потенциальную щелочность почв.

Актуальная щелочность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей. *Потенциальная* щелочность обусловлена наличием в ППК обменного натрия, который может вытесняться водородом углекислоты, а образующаяся в почвенном растворе сода подщелачивает его. Щелочность почв принято оценивать только по значениям актуальной щелочности.

На солонцах и солонцеватых почвах проводят гипсование, при этом обменный натрий заменяется кальцием.

Легкорастворимый сернокислый натрий вымывается вниз по профилю почв.

Буферность – способность почвы противостоять изменению реакции почвенного раствора под воздействием кислотных и щелочных агентов. Она зависит от количества и состава высокодисперсных частиц (ила и коллоидов). Увеличивается с утяжелением гранулометрического состава, с увеличением содержания гумуса, высокоемкостных минералов, емкости поглощения.

Почвы, ненасыщенные основаниями, имеющие в составе ППК обменные катионы водорода и алюминия (подзолистые, краснозем ы), обладают повышенной буферностью к подщелачиванию и пониженной к подкислению.

Почвы, насыщенные основаниями (черноземы, каштановые, солонцы), обладают повышенной буферностью к подкислению и пониженной к подщелачиванию.

Буферность почв определяется также наличием в почвах простых солей (карбонаты, гипс, сульфаты и др.), которые могут взаимодействовать с растворами и ослаблять сдвиг реакции.

Буферность почв имеет большое экологическое значение, она определяет устойчивость почв к агрогенным и техногенным воздействиям.

3.4. Режимы основных элементов питания и их регулирование

3.4.1. Азот почвы и регулирование азотного режима. Азот и его соединения играют в жизни биосферы, в формировании почвенного покрова и плодородия почв такую же важную роль, как и углерод. Около 80% запасов азота сосредоточено в атмосфере планеты. Большое количество азота содержит биосфера в связанном виде: в органическом веществе почвенного покрова ($1{,}5 \cdot 10^{11}$ т); в биомассе растений ($1{,}1 \cdot 10^{9}$ т); в биомассе животных ($6{,}0 \cdot 10^{7}$ т). В больших количествах азот содержится в биогенных ископаемых.

Вместе с тем из-за высокой растворимости солей азотной кислоты и аммония доля минеральных соединений азота в почве не велика, что создает проблему обеспечения культурных растений азотом.

Основные составляющие круговорота азота в экосистемах и агроэкосистемах:

- поступление из органического вещества почвы в результате минерализации (аммонификация, нитрификация);
- биологическая фиксация атмосферного азота;
- поступление с атмосферными осадками; поступление с минеральными и органическими удобрениями, семенами, при посеве сельскохозяйственных культур;
- потребление растениями (в том числе вынос азота с урожаем и поступление в почву с растительными остатками);
- иммобилизация микроорганизмами на растительных остатках;
- потери вследствие денитрификации и миграции за пределы корнеобитаемого слоя.

Основной источник поступления азота в почву – органическое вещество, в первую очередь легкоразлагаемое (растительные и животные остатки); в меньшей мере – гумусовые вещества.

Разложение азотсодержащих органических соединений приводит к высвобождению азота в форме аммиака – такой процесс называется *аммонификацией.*

Затем аммиак окисляется последовательно до нитритов и нитратов (*нитрификация*). Окисленный азот вновь восстанавливается до газообразной формы в процессе *денитрификации*.

Фиксация атмосферного азота осуществляется клубеньковыми бактериями, свободноживущими азотфиксаторами и ассоциативными ризосферными бактериями.

В атмосфере при грозовых разрядах и фотохимическим путем образуется некоторое количество аммиака и азотной кислоты. Эти соединения увлекаются осадками и вместе с ними попадают в почву. Таким путем ежегодно может поступать в почву 6-15 кг азота, преимущественно в форме аммиака.

С органическими удобрениями в почву поступают соединения азота различной способности к минерализации. Самым сложным является процесс мобилизации азота из торфа, наиболее доступен азот сидеральных удобрений.

Минеральные азотные удобрения представлены аммонийной, нитратной и амидной формами. Азот минеральных удобрений потребляют культурные растения, микроорганизмы и сорные растения. Амидный азот растениям непосредственно недоступен, они

могут его использовать после перевода в аммонийную форму под влиянием фермента уреазы. Процесс разложения мочевины осуществляется в течение 10-15 дней. В условиях интенсивного окисления на легких почвах эта форма удобрения предпочтительна с точки зрения уменьшения потерь при вымывании.

Для регулирования режима азота, так же как и органического вещества, используют все средства систем земледелия: рациональные севообороты, обработку почвы, внесение удобрений. При этом важной задачей является обогащение почвы органическим веществом в целях создания условий для фиксации атмосферного азота, улучшения физических свойств почвы и создания оптимального водно-воздушного режима для предотвращения денитрификации.

3.4.2. Фосфор почвы и регулирование фосфорного режима. Фосфор в почвах представлен различными органическими и минеральными соединениями.

Органический фосфор включает соединения его в составе гумуса и органические соединения фосфора растительных и микробных клеток. В эту группу входит фосфор как живых, так и отмерших клеток организмов, населяющих почву.

К минеральным формам фосфора относятся различные соли фосфорной кислоты (фосфаты кальция, магния, железа, алюминия и др.) и фосфорсодержащие минералы, апатит, фосфорит и др.

При выветривании горных пород освобождающийся усвояемый фосфор очень быстро может переходить в труднодоступные соединения под воздействием железа, алюминия и кальция. Эти элементы могут связывать также растворимый фосфор, вносимый с удобрениями.

Способность почв закреплять фосфаты зависит от содержания в них подвижных полуторных оксидов, от состава глинистых и органических фракций и в очень сильной степени – от реакции среды.

В магматических горных породах фосфор встречается в форме фторапатита и хлорапатита. В слабокислых, нейтральных и щелочных почвах основной формой почвенного фосфора является не трехкальциевый фосфат, а изоморфная смесь фторапатита и гидроксилапатита с различным содержанием фтора.

В условиях кислых дерново-подзолистых, бедных кальцием почв, фосфорная кислота связывается главным образом в виде труднорастворимых фосфатов алюминия и железа.

В нейтральных и карбонатных почвах водорастворимая фосфорная кислота суперфосфата переходит в фосфаты кальция, которые усваиваются растениями значительно лучше, чем фосфаты железа и алюминия.

В почвенном растворе, насыщенном углекислым газом, создаются благоприятные условия для перехода трехкальциевого фосфата в более растворимые, доступные для растений формы.

Фосфаты кальция, накапливающиеся в почве при нейтральной и щелочной реакциях, при подкислении среды становятся более доступными растениям. При длительном взаимодействии с почвой фосфаты кальция переходят в устойчивые гидроксилапатиты.

С железом и алюминием также образуются различные фосфаты. Основные фосфаты алюминия наименее растворимы при pH 3,5-4,0, а фосфаты железа – при pH 2,5-3,0. При уменьшении кислотности почвы эти фосфаты более доступны растениям.

В условиях кислой реакции среды поглощение фосфорной кислоты глинистыми минералами происходит наиболее интенсивно. Предварительное известкование кислых почв в этом случае будет способствовать повышению эффективности как фосфорных, так и калийно-азотных минеральных удобрений.

Внесение органических удобрений (навоз, торф, торфонавозные компосты) также способствует повышению усвояемости фосфатов.

Для уменьшения контакта с почвой фосфорные удобрения применяют в гранулированном виде, локально вносят в рядки вместе с семенами.

К культурам невысокого выноса фосфора относятся зерновые; к культурам повышенного – корнеплоды, картофель и др.; к культурам большого выноса – овощные, чай, цитрусовые и др.

Повышение эффективности фосфорных удобрений и мобилизации почвенных фосфатов достигается: химическими мелиорациями, внесением органических удобрений, повышением биологической активности почв, травосеянием, регулированием воздушного режима и другими приемами.

3.4.3. Калий почвы и регулирование калийного режима. Содержание калия в почве зависит в основном от количества и состава калийсодержащих минералов группы полевых шпатов и слюд, в которых количество K_2O достигает 10-12%, и от продуктов их выветривания (иллитов, вермикулитов, смектитов, смешанослойных минералов типа смектит-иллит, смектит-вермикулит, хлорит-смектит и т. д.) с содержанием K_2O 1-6%.

Содержание калия увеличивается с утяжелением гранулометрического состава почв от 0,6-1,4% в песчаных почвах до 2,0-2,5% в суглинистых почвах.

По доступности растениям выделяют следующие формы калия:

- *калий минерального скелета* – основная часть калия почвы, входящая в состав почвообразующих калийсодержащих первичных и вторичных минералов, в основном недоступная для растений;

- *калий необменный* – часть калия почвы, находящаяся в структуре слюдоподобных минералов и органо-минеральных смектитовых комплексов, участвующая в формировании равновесной системы, частично доступная для растений;

- *калий обменный* – часть калия почвы, расположенная на поверхности органо-минеральных коллоидов и на специфических позициях вторичных минералов, практически доступная для растений;

- *калий почвенного раствора* – часть калия почвы, находящаяся в водорастворимой форме, в наибольшей степени подверженная внешнему воздействию, непосредственный источник питания растений.

При поступлении калия в почву происходит обменное и частично необменное его поглощение. При необменном поглощении калий не вытесняется нейтральными солями. Такое необменное поглощение часто называют фиксацией калия почвой. Фиксация калия связана с наличием в почве коллоидных минералов. Калий проникает в кристаллическую решетку этих минералов, куда могут проникать и другие катионы. Однако степень их фиксации определяется ионным радиусом реагирующих катионов: катионы с наибольшим ионным радиусом фиксируются быстрее.

Все катионы по этому признаку можно объединить в две большие группы:

- хорошо фиксируемые – K^+, NH_4^+, Rb^+, Cs^+, Ba^{2+} (с ионным диаметром 2,66-3,38),

- слабофиксируемые – Li^+, Na^+, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Mg^{2+} (с ионным диаметром 1,20-1,98).

Попеременное увлажнение и высушивание почвы способствует фиксации калия. В почве между фиксированным, обменным и водорастворимым калием существует определенное подвижное равновесие.

В условиях сильного увлажнения калий фиксируется преимущественно иллитом и почти не фиксируется монтмориллонитом. Но при высушивании почвы калий фиксируют оба эти минерала. Энергия фиксации калия иллитом возрастает с увеличением pH. Для монтмориллонита при доведении реакции почвы от кислой до pH 6,6 способность фиксации уменьшается, а дальше остается постоянной. Поэтому данные о влиянии известкования на фиксацию калия неоднозначны, хотя большинство их свидетельствует об усилении фиксации калия при известковании почв.

Миграция калия по профилю почв зависит от емкости катионного обмена, доз удобрений и кислотности почвы. Она существенно возрастает в легких почвах.

В режиме калия заметную роль играют биологические механизмы, в частности, некоторые виды микроорганизмов способны разлагать силикаты и переводить содержащийся в них калий в усвояемые для растений формы. В то же время микроорганизмы, как и высшие растения, поглощая усвояемый калий, накапливают его в своих клетках. Этот фиксированный живыми организмами калий пополняет запасы усвояемого калия лишь после отмирания микроорганизмов и растений. В процессе извлечения калия из минералов в определенной степени участвуют растения, хотя в основном они используют водорастворимый и обменный калий.

3.4.4. Микроэлементы в почвах. Валовое содержание биофильных микроэлементов в почвах составляет единицы, десятки, реже сотни мг/кг (тысячные, десятитысячные и реже сотые доли %).

Микроэлементы выполняют важные биохимические и физиологические функции в процессах жизнедеятельности живых организмов.

Основные микроэлементы почв: бор, марганец, медь, цинк, молибден, кобальт.

Бор в растениях необходим для образования и передвижения углеводов, оказывает влияние на углеводный и белковый обмен растений, усиливает передвижение сахаристых веществ, усиливает прорастание пыльцы, увеличивает число цветков, завязей и семян.

Марганец – играет роль в окислительно-восстановительных процессах, активизирует процесс фотосинтеза, ускоряет синтез белков и углеводов, является составной частью белковой основы многих ферментов, влияет на восстановление в растениях нитратов до аммиака.

Медь – участвует в окислительно-восстановительных процессах, улучшает углеводный и белковый обмен, повышает содержание хлорофилла, общую оводненность растений и водоудерживающую способность тканей, повышает устойчивость растений к полеганию, способствует увеличению засухоустойчивости, морозо- и жароустойчивости растений.

Под влиянием *цинка* в растениях увеличивается содержание белка и витаминов, усиливается образование ростовых веществ (ауксинов); усиливается рост корневой системы и увеличивается устойчивость к возбудителям болезней.

Кобальт оказывает воздействие на азотфиксирующую систему и на многие физиологические процессы, накапливается в пыльце и ускоряет ее прорастание, повышает засухоустойчивость растений.

Валовое содержание микроэлементов в основном определяется составом почвообразующих пород, биологическим накоплением, типом водного режима, антропогенными и техногенными факторами.

Содержание подвижных форм микроэлементов также зависит от условий и факторов почвообразования.

Источники микроэлементов почвы: почвообразующая порода; газы атмосферы; дымы вулканов; метеоритные осадки; пестициды.

Как недостаток, так и избыток микроэлементов может вызывать не только снижение урожая, но и проявление ряда заболеваний сельскохозяйственных культур, животных, человека.

Регулирование содержания в почве микроэлементов: осуществляется внесением органических и минеральных удобрений,

содержащих микроэлементы; внесением микроэлементов; проведением химических мелиораций.

3.5. Физические и физико-механические свойства почв

К физическим свойствам почвы относят общие физические, физико-механические, структуру, а также водные, воздушные и тепловые свойства почвы. Они определяют условия обеспечения сельскохозяйственных культур земными факторами жизни, а также технологические свойства почвы.

3.5.1. Общие физические свойства почв. К общим физическим свойствам почвы относятся: плотность почвы, плотность твердой фазы, пористость, удельная поверхность.

Плотность почвы – масса единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в естественном ненарушенном сложении. Плотность обозначается символом d_v и выражается в т/м^3 или г/см^3. Она зависит от гранулометрического и минералогического состава почвы, структуры почвы, содержания органического вещества. Она варьирует от 0,9 до 1,8 т/м^3.

На плотность почвы большое влияние оказывает механическая обработка почвы, а также движущаяся по поверхности почвы сельскохозяйственная техника. Наиболее рыхлой почва бывает сразу после обработки, затем она постепенно уплотняется и через некоторое время ее плотность приходит в состояние *равновесной,* т.е. мало изменяющейся (до следующей обработки).

Оптимальная плотность для большинства культур 1,0-1,25 т/м^3. При этих значениях создаются наиболее благоприятные условия для корневой системы растений, интенсивного развития микробиологических процессов, поглощения влаги и газообмена в почве.

Плотность твердой фазы почвы – это отношение массы твердой фазы почвы к массе равного объема воды при температуре +4°С, т.е. это масса сухого вещества почвы в единице объема твердой фазы почвы без пор. Обозначается символом d и измеряется в т/м^3 или г/см^3.

Плотность твердой фазы почвы – более стабильный показатель характеристики почвы, зависит от плотности веществ,

из которых состоит почва, изменяется от 2,4 до 2,8 г/см^3. С увеличением содержания гумуса в почве, количества растительных остатков плотность твердой фазы почвы снижается и доходит до 1,4-1,6 г/см^3 на торфяных почвах.

Пористость (скважность, порозность) – это суммарный объем пор между частицами твердой фазы почвы, занятый воздухом и водой. Выражается в % от общего объема почвы; вычисляется по показателям плотности почвы (d_v) и плотности твердой фазы (d):

$$P_{общ} = (1 - \frac{d_v}{d}) \cdot 100,$$

где $P_{общ}$ – пористость, d_v – плотность почвы, d – плотность твердой фазы почвы.

Общую пористость оценивают по шкале Н. А. Качинского, согласно которой оптимальная пористость составляет 55-65% общей пористости (табл. 5).

Таблица 5

Оценка пористости почв (по Н. А. Качинскому)

Общая пористость в вегетационный период для суглинистых и глинистых почв, %	Качественная оценка пористости
>70	Почва вспушена – избыточно пористая
65-55	Культурно-пахотный слой – отличная
55-50	Удовлетворительная для пахотного слоя
<50	Неудовлетворительная для пахотного слоя
40-25	Характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов – чрезмерно низкая

Поры в почве образуются между отдельными механическими элементами (или агрегатами) и внутри агрегатов. Поэтому различают: агрегатную (капиллярную) и межагрегатную (некапиллярную) пористость. Поры могут быть заполнены водой и воздухом.

Капиллярная пористость соответствует объему пор, занятых водой, которая удерживается менисковыми силами капилляров и является доступной для растений.

Некапиллярная пористость равна объему промежутков между почвенными агрегатами, которые заняты обычно почвенным воздухом. Для создания устойчивого запаса влаги и хорошего воздухообмена (аэрации) необходимо, чтобы некапиллярная пористость

составляла 55-65% общей пористости. Если она меньше 50%, то создаются условия для развития анаэробных процессов.

Пористость аэрации должна составлять не менее 15-20% объема в минеральных почвах и 30-40% в торфяных.

Пористость почвы – величина динамичная, генетически присущая тем или иным почвам. Она зависит от гранулометрического состава, сложения и структуры. Почвы тяжелого гранулометрического состава имеют большую пористость, чем песчаные; чем структурнее почва и рыхлее ее сложение, тем выше пористость, и наоборот.

Регулирование пористости проводят обработками почвы, внесением рыхлящих почву материалов (торфа, соломы, компостов).

Удельная поверхность – это суммарная поверхность (внутренняя и внешняя) всех частиц почвы. Она выражается в $м^2/г$ и варьирует от 1,5-2,0 $м^2/г$ в песчаных почвах до 300-400 $м^2/г$ в суглинистых и глинистых почвах. Удельная поверхность позволяет судить о степени дисперсности почвы и ее адсорбционной способности.

3.5.2. Физико-механические свойства почв. К физико-механическим свойствам относят: пластичность, липкость, набухание, усадку, связность и твердость. Физико-механические свойства имеют важное значение для оценки технологических свойств почвы.

Пластичность – способность почвы изменять свою форму (деформироваться) под воздействием внешних сил и сохранять полученную форму после прекращения механического воздействия.

Пластичность обусловлена гранулометрическим составом и приобретает ее почва в определенном диапазоне влажности (в сухом и переувлажненнном состоянии почвы пластичностью не обладают). Наиболее высокой пластичностью обладают глинистые почвы, а наименьшей – пески.

Измеряется пластичность условной величиной, которая называется числом (коэффициентом пластичности) и выражается в %. Так, число пластичности глинистых почв > 17%, суглинистых 7-17%, супесчаных 1-7%.

Липкость – способность почвы во влажном состоянии прилипать к другим телам (сельскохозяйственным орудиям и другим

предметам). Она определяется силой, требующейся для отрыва металлической пластинки площадью в 1 $см^2$ и выражается в $г/см^2$.

Степень липкости почв зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса и влажности.

Наибольшей липкостью обладают глинистые почвы, наименьшей – песчаные почвы. По липкости почвы подразделяют (по Н. А. Качинскому): на предельно вязкие (> 15 $г/см^2$), сильновязкие (5-15 $г/см^2$), средневязкие (2-5 $г/см^2$) и слабовязкие (< 2 $г/см^2$).

С липкостью связано агрономическое свойство почвы – *физическая спелость*, т.е. состояние влажности, при котором почва хорошо крошится на комки, не прилипает при этом к орудиям обработки.

Физическая спелость зависит от гранулометрического состава, гумусированности почв и влажности. Весной раньше других поспевают к обработке песчаные и супесчаные почвы, а при одном и том же гранулометрическом составе – более гумусированные. Для глинистых почв интервал влажности, при которой достигается такая спелость, равен 40-60% наименьшей влагоемкости (НВ), для глинистых – 50-65%, для легких почв – 40-70%.

Различают также биологическую спелость почвы, под которой понимают такое состояние ее теплового режима, при котором активизируется микробиологическая активность и почва готова к посеву и посадке.

Набухание – увеличение объема почвы при увлажнении, измеряемое в процентах к исходному объему почвы. Набухание зависит от минералогического, гранулометрического составов и состава поглощенных катионов. Наибольшему набуханию подвержены глинистые почвы монтмориллонитового состава и почвы, насыщенные натрием.

Практически целесообразно использовать следующие разделения почв по набухаемости:

- при увлажнении объем почвы увеличивается менее, чем на 10% – слабо набухающие почвы;
- объем увеличивается от 10 до 20% – средне набухающие почвы;
- объем увеличивается от 20 до 30% – сильно набухающие почвы;

- объем увеличивается более чем на 30% – очень сильно набухающие почвы.

Набухание – отрицательное свойство почв, так как приводит к разрушению почвенных агрегатов.

Усадкой называется уменьшение объема почвы при ее высыхании. Она выражается в процентах к первоначальному объему почвы. Усадка зависит от минералогического состава илистой фракции, гранулометрического состава, степени гидрофильности коллоидов. Сильная усадка приводит к образованию трещин, разрыву корневой системы растений.

Связностью (сцепление) – способность почвы противостоять внешнему усилию, стремящемуся разъединить частицы почвы, выражается в $т/м^3$.

Связность зависит от гранулометрического и минералогического состава, структуры, содержания гумуса и влажности почвы. Наибольшей связностью обладают глинистые почвы, наименьшей – песчаные. Связность снижается при улучшении структуры. Связанные почвы лучше противостоят эрозии, однако при увеличении связности возрастают энергетические затраты на обработку почвы.

Твердость – свойство почвы оказывать сопротивление при проникновении в нее под давлением какого-либо тела, выражается в $кг/см^2$. Твердость почвы зависит от влажности, гранулометрического состава, структуры, содержания гумуса. Классификация почв по твердости по Н. А. Качинскому: рыхлая (< 10 $кг/см^2$), рыхловатая (10-20 $кг/см^2$), плотноватая (20-30 $кг/см^2$), плотная (30-50 $кг/см^2$), весьма плотная (50-100 $кг/см^2$), слитая (> 100 $кг/см^2$). Физико-механические свойства почв важны при решении вопросов, связанных с обработкой почв, подборе материалов для рабочих частей сельскохозяйственных машин, при строительстве и др. Физико-механические свойства имеют значение и в жизни растений, оказывая решающее влияние на распределение их корневых систем.

3.5.3. Структурное состояние почвы. Совокупность агрегатов различного размера, формы, пористости, механической прочности и водопрочности называется *структурой почвы*.

От нее зависят общие физические, физико-механические, водные, воздушные и тепловые свойства почв, окислительно-

восстановительные условия и другие свойства и режимы почв. Способность почвы распадаться на агрегаты называется *структурностью*.

При оценке структуры следует отличать морфологическое ее понятие от агрономического.

Для морфологического описания почв С. А. Захаров разработал классификацию почвенных структур, в которую входят три типа (с подразделением на роды): *кубовидная* (глыбистая, комковатая, ореховатая, зернистая), *призмовидная* (столбчатовидная, столбчатая, призматическая), *плитовидная* (плитчатая, чешуйчатая). Роды делятся на виды по размеру агрегатов.

Для агрономической оценки структуры Н. И. Саввинов предложил классификацию, согласно которой к агрономически ценным относят агрегаты размером от 0,25 до 10 мм, более крупные почвенные отдельности считают глыбистой частью почвы, а более мелкие – распыленной.

Структуру почвы оценивают количественно на основании распределения содержания агрегатов (воздушно-сухих и в воде) по их размерам.

Распределение структурных агрегатов в массе почвы в соответствии с их размерами называется структурным составом почвы.

Самые крупные агрегаты и самые мелкие указывают на неблагоприятное агрофизическое состояние почвенной структуры. Агрегаты размером 0,25-10 мм – самые важные в агрономическом отношении, поэтому их называют агрономически ценными.

Содержание агрономически ценных агрегатов – важнейший показатель состояния почвы: чем выше их содержание, тем лучше почва.

Структурной считается почва, содержащая более 55% водопрочных агрегатов (табл. 6).

Таблица 6

Оценка структурного состояния почвы

Содержание агрегатов размером 0,25-10 мм, % от массы почвы при сухом просеивании	Структурное состояние
> 80	отличное
60-80	хорошее
40-60	удовлетворительное
20-40	неудовлетворительное
< 20	плохое

Кроме того, для характеристики структуры почвы используют *коэффициент структурности* ($К_{стр}$):

$$К_{стр} = \frac{\sum(0{,}25 - 10{,}0мм)}{\sum(>10мм + <0{,}25мм)}.$$

Диапазоны коэффициента структурности, используемые для качественной оценки структуры: > 1,5 – отличное агрегатное состояние; 1,5-0,67 – хорошее; < 0,67 – неудовлетворительное.

Процессы структурообразования в почвах протекают под влиянием физико-механических, физико-химических, химических и биологических факторов.

Из *физико-механических факторов* наибольшее значение имеет разделение почвы на агрегаты в результате изменения объема и давления при переменном высушивании и увлажнении, замерзании и оттаивании воды в ней, давления корней растений, деятельности роющих животных и рыхлящего воздействия почвообрабатывающих орудий.

Физико-химические факторы структурообразования – коагуляция и цементирующее воздействие почвенных коллоидов. Наиболее водопрочная структура образуется при взаимодействии гуминовых кислот с минералами монтмориллонитовой группы и гидрослюдами.

Из *химических факторов* оструктуривания важную роль играет цементация агрегатов трехвалентными формами железа при смене восстановительных условий окислительными в периодически переувлажняемых почвах.

Основная роль в структурообразовании принадлежит *биологическим факторам*, т. е. растительности и организмам, населяющим почву (особенно дождевым червям).

Почвенные агрегаты, сформировавшиеся под влиянием различных факторов, характеризуются разной стабильностью. В географическом аспекте структурность почв коррелирует, прежде всего, с содержанием гумуса.

Структура почвы динамична. Восстановление и сохранение структуры почвы – важный фактор ее поддержания и повышения плодородия.

Водопрочная структура восстанавливается под воздействием многолетних трав. Большое значение в оструктуривании почв

имеет систематическое применение органических удобрений – навоза, торфокомпоста, сидератов.

Улучшение структурного состояния почв возможно также с помощью искусственных структурообразователей, преимущественно различных органических веществ, в частности полимеров и сополимеров, состоящих из производных акриловой, метакриловой и малеиновой кислот.

3.6. Вода в почве

3.6.1. Формы воды в почве. Воде принадлежит важнейшая роль во многих процессах, протекающих в почвах. *Почвенная вода* является одной из важнейших основ растений, почвенной микрофлоры и фауны, оказывает огромное влияние на процессы почвообразования. Растения для создания 1 т органического вещества расходуют от 200 до 1500 $м^3$/га воды, с которой в них поступают питательные вещества. При участии воды совершаются процессы выветривания, гумификации и минерализации органических остатков.

Почвенная влага является основой жизни микроорганизмов и высших растений. При участии почвенной влаги происходит перемещение веществ внутри почвенного профиля и обособление генетических почвенных горизонтов, а также вынос части вещества за пределы почвенного профиля. От состояния влажности почвы изменяются ее физические свойства.

По характеру связи с твердой фазой почвы и степени подвижности воды различают следующие ее формы в почве: химически связанная, физически связанная, твердая, парообразная и свободная.

Химически связанная вода делится на конституционную и кристаллизационную.

Конституционная вода входит в состав минералов в виде гидроксильных групп и настолько прочно связана с почвой, что удаление ее достигается только прокаливанием почвы при температуре 400-800°С.

Кристаллизационная вода входит в структуру минералов в виде молекул, например гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Она прочно связана с почвой и удаляется из нее при температуре 100-200°С.

Химически связанная вода не участвует в физических процессах, растениям совершенно недоступна, не передвигается, не обладает свойствами растворителя.

Физически связанная (сорбированная) вода удерживается на поверхности почвенных частиц. Подразделяется на гигроскопическую и пленочную.

Гигроскопическая вода образует на поверхности почвенных частиц слой толщиной в 2-3 молекулы. Чем выше относительная влажность воздуха и ниже температура, тем больше воды адсорбируется почвой.

Максимальная гигроскопичность – это наибольшее количество гигроскопической воды, которое может поглотить почва из воздуха, имеющего относительную влажность, близкую к 100%. Эта вода недоступна для растений, так как всасывающая сила корней меньше силы, удерживающей воду на поверхности почвенных частиц.

Пленочная вода располагается сверху слоя гигроскопической влаги, толщина ее пленки составляет несколько десятков молекул воды. Она удерживается молекулярными силами, менее прочно связана с твердой фазой почвы и может частично передвигаться, но растениям малодоступна.

Твердая вода образуется в почве в форме льда при ее промерзании в осенне-зимний период (сезонное промерзание) или сохраняется на определенной глубине в промерзшей толще почвогрунта, не оттаивая даже летом (вечная и многолетняя мерзлота). Твердая вода в почве способна таять и испаряться, представляя собой потенциальный источник жидкой и парообразной воды.

Парообразная вода содержится в виде водяного пара в почвенном воздухе, нередко насыщая его до 100%. Вода перемещается в порах при изменении температуры и вместе с током почвенного воздуха может конденсироваться и сорбироваться твердой фазой почвы. Конденсат может усваиваться растениями.

Свободная вода не связана с почвенными частицами сорбционными силами и передвигается под действием капиллярных и гравитационных сил. Разделяется на две формы: капиллярную и гравитационную воду.

Капиллярная вода находится в капиллярах почвы, в капельно-жидком состоянии, доступна растениям. Это наиболее благоприятная для растений форма почвенной влаги.

Различают капиллярно-подвешенную и капиллярно-подпертую воду.

Капиллярно-подвешенная вода образуется при увлажнении почвы с поверхности (дождевая вода, талые воды, оросительные).

Капиллярно-подпертая вода образуется при поступлении воды снизу, т. е. при подъеме воды по капиллярам от грунтовых вод. Капиллярная влагоемкость зависит от скважности почвы и материнской породы, глубины залегания грунтовых вод.

Гравитационная вода занимает все крупные некапиллярные промежутки между агрегатами (поры, пустоты) в почве, вытесняя воздух. Передвигается свободно под действием силы тяжести (гравитации), способна растворять и переносить соли, коллоиды, суспензии по профилю почвы, доступна растениям.

Подразделяется на два вида: просачивающаяся влага и влага водоносных горизонтов.

Просачивающаяся влага находится в состоянии нисходящего движения по крупным порам и полостям некапиллярного размера под влиянием силы тяжести, что наблюдается при влажности почвы больше наименьшей влагоемкости.

Влага водоносных горизонтов – грунтовые, почвенно-грунтовые и почвенные воды, удерживаемые вследствие наличия водонепроницаемого подстилающего слоя. Эти воды могут быть застойными или при наличии разности гидравлических напоров стекающими в направлении уклона водоупорного слоя.

При близком залегании грунтовые воды вызывают в северных районах заболачивание, а в южных – засоление почвы.

3.6.2. Водные свойства почвы. Основные водные свойства почвы: водопроницаемость, водоподъемная и испаряющая способность почвы, влагоемкость.

Водопроницаемость – способность почвы и грунтов впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности.

При поступлении воды в почву выделяют два этапа: впитывание (заполнение пор) и фильтрацию. С водопроницаемостью связано использование водных ресурсов.

Способность к передвижению влаги вниз появляется в почвах, влажность которых превышает величину наименьшей влагоемкости. Водопроницаемость зависит от гранулометрического состава,

структурности, сложения почв, а также от состава катионов.

Наибольшей водопроницаемостью отличаются песчаные и оструктуренные рыхлые почвы. Водопроницаемость глинистых и тяжелосуглинистых почв низкая.

Водопроницаемость измеряется расходом влаги (мм) за определенное время (ч) при постоянном гидростатическом давлении сверху (5 мм водного столба).

Если влага поступает в относительно сухую почву, то в начальные моменты увлажнения расход воды очень велик за счет впитывания влаги в верхний рыхлый и влагоемкий гумусовый горизонт почвы, затем расход воды постепенно уменьшается и устанавливается постоянная скорость просачивания, или фильтрации, воды через насыщенную ею почву.

Выделяют хорошо водопроницаемые почвы, средне проницаемые почвы и слабо водопроницаемые почвы.

Почвы считаются хорошо водопроницаемыми, когда вода в течение первого часа проникает в почву на глубину до 15 см; средне водопроницаемыми, если в первый час пропускают воду на глубину 5-15 см; слабо водопроницаемыми, если пропускают воду до 5 см (табл. 7).

Таблица 7

Классификация водопроницаемости почв (по Н. А. Качинскому)

Водопроницаемость	Объем воды, мм*	Водопроницаемость	Объем воды, мм*
Провальная	> 1000	Хорошая	100-70
Излишне высокая	1000-500	Удовлетворительная	70-30
Наилучшая	500-100	Неудовлетворительная	< 30

Примечание. * – в первый час впитывается почвой при напоре 5 см и температуре воды 10°С.

Почвы, обладающие высокой водопроницаемостью, не способны создать хороший запас влаги в корнеобитаемом слое, а характеризующиеся низкой водопроницаемостью переувлажняются, обуславливают стекание воды по поверхности почвы и развитие эрозии или застаивание воды на поверхности и вымокание посевов.

Водоподъемная способность – свойство почвы обеспечивать восходящее передвижение воды под действием капиллярных сил. Высота и скорость подъема зависят от гранулометрического состава, структуры и пористости почвы.

Подъем воды в капиллярах наиболее интенсивен при

диаметре пор 0,1-0,003 мм. Высота подъема воды по капиллярам изменяется от 0,5-0,8 м (в песчаных почвах) до 2,5-6 м (в суглинистых и глинистых) (табл. 8).

Таблица 8

Водоподъемная способность почв (по В. А. Ковде)

Гранулометрический состав	Высота подъема воды, м	Гранулометрический состав	Высота подъема воды, м
Песок крупный	< 0,5	Суглинок средний	2,5-3,0
Песок средний	0,5-0,8	Суглинок тяжелый	3,0-3,5
Супесь	1,0-1,5	Глина тяжелая	4,0-6,0
Супесь пылеватая	1,5-2,0	Лессы	4,0-5,0

В песчаных почвах вода поднимается невысоко, но достаточно быстро, в глинистых медленно. При разрывах в капиллярах, что характерно для структурных почв, передвижение капиллярной влаги затруднено. Боронование влажной почвы направлено на сохранение влаги за счет разрыва капилляров в поверхностном слое и снижения (или прекращения) испарения содержащейся в почвенном профиле воды.

Испаряющая способность почвы зависит от гранулометрического состава, физических свойств, крутизны и экспозиции склона, характера растительного покрова, влажности воздуха и др.

Глинистые и суглинистые бесструктурные почвы, в которых преобладают капиллярные поры, теряют много воды на испарение. Структурные почвы теряют значительно меньше влаги, что связано с разобщенностью капилляров крупными межагрегатными порами, ослабляющими водоподъемную способность.

Испарение влаги возрастает с увеличением скорости ветра, сухости воздуха, высокой температуры. Южные склоны теряют воды больше, чем северные.

Влагоемкость почвы – способность поглощать и удерживать определенное количество воды. В зависимости от сил, удерживающих воду в почве, и условий ее удержания выделяют следующие виды влагоемкости.

Максимальная гигроскопическая влагоемкость (МГ) – наибольшее количество гигроскопической (прочносвязанной) воды.

Максимальная адсорбционная влагоемкость (МАВ) – наибольшее количество воды, которое может быть удержано сорбционными силами на поверхности почвенных частиц. Она

составляет 60-70% от МГ.

Влажность завядания растений (ВЗ) – почвенная влажность, при которой растения проявляют признаки завядания, не исчезающие при помещении растений в атмосферу, насыщенную водяными парами, т. е. влажность завядания является нижним пределом доступной влаги для растений. Вся почвенная влага меньше влажности завядания растениям недоступна.

Наименьшая влагоемкость (НВ), или предельная полевая влагоемкость (ППВ) – наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги, которое может удержать почва.

Наименьшая влагоемкость – важная характеристика водных свойств почв. Она дает представление о наибольшем количестве воды, которое почва способна накопить и длительное время удерживать.

При влажности почвы, соответствующей НВ, вся система капиллярных пор заполнена водой, крупные поры – воздухом. Поэтому создаются оптимальные условия для влагообеспеченности растений. По мере испарения и потребления воды растениями уменьшается заполнение водой капилляров и ее подвижность, а также доступность воды растениям.

В диапазоне ВЗ+НВ содержится капиллярная (свободная) вода. Потребляя эту влагу, растения не только поддерживают свою жизнедеятельность, но и синтезируют органическое вещество. Такую влагу называют продуктивной.

Влажность, при которой происходит разрыв сплошной воды в капиллярах, называется *влажностью разрыва капилляров* (ВРК). Это важная гидрологическая константа почвы, характеризующая нижний предел оптимальной влажности.

Величина, равная разности между наименьшей влагоемкостью и фактической влажностью почвы, называется *дефицитом влаги.*

Оптимальной считается влажность почвы, составляющая 70-100% НВ.

Капиллярная влагоемкость (КВ) – наибольшее количество капиллярно-подпертой воды, которое может содержаться в почве над уровнем грунтовых вод. Помимо свойств самой почвы, она зависит от уровня грунтовых вод.

Полная влагоемкость (ПВ) – наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех пор

водой. Полная влагоемкость почвы численно равна ее пористости.

3.6.3. Водный режим почв и способы его регулирования. Водный режим почвы – совокупность протекающих в почве процессов поступления, передвижения, сохранения и потерь воды. Поступление воды в почву и ее расход характеризуются водным балансом.

Статьи прихода воды в почву: атмосферные осадки, грунтовые воды, конденсация из паров воды, поверхностный боковой приток, внутрипочвенный боковой приток.

Статьи расхода воды из почвы: испарение, транспирация, фильтрация (грунтовый сток), поверхностный сток, внутрипочвенный боковой сток. Все величины прихода и расхода воды выражаются в мм или в $м^3$/га.

Типы водного режима почв выделяют по величине приходно-расходных статей водного баланса. Применительно к различным природным условиям установлены следующие типы водного режима.

Мерзлотный (застойный) тип распространен в тундре, где многолетняя мерзлота является водоупором. В этих условиях верхний горизонт почвы в летний период насыщен водой.

Промывной тип характерен для таежно-лесной зоны, где количество осадков превышает испаряемость. Почвы и породы ежегодно весной и осенью промываются водой до грунтовых вод.

Периодически промывной тип распространен в лесостепной зоне, где в сухие годы осадки увлажняют почвенно-грунтовую толщу, не достигая грунтовых вод (непромывной режим), а во влажные годы происходит сквозное промачивание (промывной режим).

Непромывной тип характерен для степной, сухостепной и пустынной зон, где испаряемость превышает сумму атмосферных осадков. Осадки распространяются только в верхних горизонтах и не достигают грунтовых вод. Запасы воды, накопленные к весне за счет осенних осадков и талой воды, интенсивно испаряются и потребляются растениями.

Выпотной тип характерен для участков с близким залеганием грунтовых вод в зоне сухих степей, полупустынь и пустынь, где испаряемость сильно превышает сумму выпадающих осадков. На испарение расходуются не только осадки, но и грунтовые воды.

При высоком содержании солей в грунтовых водах с восходящим током воды в почву поступают легкорастворимые соли и почва засоляется.

Ирригационный тип водного режима в условиях орошения характеризуется чередованием промывного и непромывного режимов. При поливе создается промывной тип, который затем сменяется непромывным. В почве периодически наблюдаются то нисходящие, то восходящие токи воды.

Регулирование водного режима достигается мелиоративными и агротехническими приемами с учетом конкретных почвенно-климатических условий.

Для устранения избыточного увлажнения устраивают открытый или закрытый дренаж. Водный режим с временным избыточным увлажнением можно улучшить такими агротехническими приемами, как гребневание и бороздование, а также путем создания глубокого пахотного слоя. Гребни увеличивают испарение, а по бороздам происходит сток воды.

В засушливых районах необходимы мероприятия по накоплению влаги (снегозадержание и др.) и рациональному ее использованию (бороздование, щелевание и др.). В полупустыне и пустыне основной способ улучшения водного режима – орошение.

3.7. Газовая фаза почв

3.7.1. Состав почвенного воздуха, его динамика и оптимальные параметры. Газовая фаза почв или *почвенный воздух* – это смесь газообразных веществ, занимающая поровые пространства почвы и находящаяся в свободном, адсорбированном и растворимом состоянии.

Свободный почвенный воздух пребывает в крупных некапиллярных и капиллярных порах почвы, свободно перемещается в ней, обеспечивает аэрацию почвы и газообмен между почвой и атмосферой.

Защемленный почвенный воздух находится в порах и со всех сторон изолирован водными пробками. В глинистых почвах содержание защемленного воздуха может достигать 12% и более, в среднем составляя 6-8% общего объема почвы. Защемленный воздух неподвижен, практически не участвует в газообмене,

препятствует фильтрации воды в почве. Вырываясь из пор при вытеснении водой, защемленный воздух может вызывать разрушение почвенной структуры.

Адсорбированный почвенный воздух – газы и летучие органические соединения, адсорбированные на поверхности почвенных частиц. Газы в зависимости от их свойств адсорбируются в такой последовательности: $N_2 < O_2 < CO_2 < NH_3$. Более активно, чем газы, частицы почвы поглощают пары воды.

Растворенный почвенный воздух – газы, растворенные в почвенной воде. Растворимость газов в почвенной воде возрастает с повышением их концентрации в свободном почвенной воздухе, а также с понижением температуры почвы. Почвенный воздух по составу существенно отличается от атмосферного воздуха (табл. 9). В нем меньше кислорода и больше углекислого газа. В зависимости от протекания микробиологических процессов изменяется и содержание азота. В болотных и заболоченных почвах почвенный воздух может содержать заметные количества NH_3, CH_4, H_2, H_2S.

Таблица 9

Состав атмосферного и почвенного воздуха, % объема

Химический компонент	Атмосферный воздух	Почвенный воздух
Азот (N_2)	78,08	78,08-80,24*
Кислород (O_2)	20,95	20,09-0,01
Аргон (Ar)	0,93	-
Диоксид углерода (CO_2)	0,03	0,03-20,0
Все остальные (пары H_2O, CH_4 и др.)	0,01	-

Примечание. * – азот и аргон.

При концентрации кислорода в почвенном воздухе ниже 10-15% начинается угнетение некоторых культур. При концентрации его 2,5-5,0% происходит смена аэробных условий анаэробными.

Из всех газов почвенного воздуха наиболее динамичны кислород и углекислый газ. Различную концентрацию кислорода и углекислого газа в почвенном воздухе объясняют, с одной стороны интенсивность потребления кислорода и продуцированием углекислого газа, а с другой – скоростью газообмена между почвенным и атмосферным воздухом.

3.7.2. Воздушные свойства почв. Процесс поступления атмосферного воздуха в почву и замещение им почвенного воздуха называется *аэрацией* почвы. Газообмен осуществляется через систему воздухоносных пор почвы, сообщающихся между собой и атмосферой.

К факторам, обуславливающим газообмен, относятся: диффузия; изменение температуры почвы, барометрического давления и испарения; влияние ветра; изменение уровня грунтовых вод или верховодки.

Диффузия – это процесс перемещения газов в соответствии с их парциальным давлением. Поскольку в почвенном воздухе концентрация кислорода всегда меньше, а диоксида углерода больше, чем в атмосфере, то под влиянием диффузии создаются условия для непрерывного поступления кислорода в почву и выделения углекислого газа в атмосферу.

Этот процесс происходит в свободном от воды поровом пространстве почвы. При снижении пористости аэрации развиваются неблагоприятные почвенные процессы, растения страдают от недостатка воздуха.

Критические значения пористости аэрации, при которых замедляется рост корней, начинают доминировать анаэробные процессы, заметно изменяются условия функционирования почвенной биоты, наступают, когда этот показатель менее 10%. При 5% наблюдается гибель растений, что считается нижним пределом пористости аэрации.

Установлено, что атмосфера Земли на 90% обеспечивается углекислым газом, т.е. основным источником углеродного питания растений, за счет его диффузии из почвенного воздуха.

Способность почв к аэрации характеризуют воздухоемкостью. *Воздухоемкость* – способность почвы содержать определенное количество воздуха. Выражается в процентах к объему почвы. Зависит от пористости и влажности почвы, гранулометрического состава и структуры почвы.

Оптимальный диапазон воздухоемкости составляет: для песчаных почв – 20-25%, суглинистых – 15-20%, глинистых – более 10%. Поддержание оптимальной пористости аэрации – важная задача регулирования водно-воздушного режима.

Воздухопроницаемость – способность почвы пропускать через себя воздух. Она зависит от гранулометрического состава,

структуры почвы, объема пор между агрегатами. В естественных условиях воздухопроницаемость изменяется от 0 до 1 л/с и выше.

Воздухопроницаемость усиливается с увеличение размера пор. В структурных почвах, где наряду с капиллярными порами достаточно много крупных некапиллярных пор, создаются наиболее благоприятные условия для воздухопроницаемости.

3.7.3. Воздушный режим почв и способы его регулирование. Воздушный режим почв включает все процессы поступления, передвижения, изменения состава и физического состояния воздуха, а так же газообмен почвенного и атмосферного воздуха.

Воздушный режим почв подвержен суточной, сезонной, годовой и многолетней изменчивости и находится в прямой зависимости от различных свойств почв, погодных условий, характера растительности.

Улучшают воздушный режим почв с помощью агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Большое значение в создании нормального воздухообмена имеют такие агротехнические мероприятия, как разрушение почвенной корки и поддержание поверхности почвы в рыхлом состоянии.

Важное условие оптимизации воздушного режима – поддержание оптимального структурного состояния почвы, чего достигают различными средствами систем земледелия, в том числе применением органических удобрений.

Важную роль в регулировании воздушного режима играет обработка почвы, направленная на создание достаточно мощного пахотного горизонта, на устранение плужной подошвы.

Поскольку воздушный режим зависит от состояния увлажнения почвы, его оптимизация связана с регулированием водного режима, особенно в условиях орошения и осушения почв.

Мелиоративные мероприятия применяют на болотных и заболоченных почвах, которые нуждаются в отводе избыточных вод с помощью открытого и закрытого дренажа.

3.8. Тепловой режим почвы и его регулирование

3.8.1. Тепловые свойства почв. Тепловой режим играет важную роль в почвообразовании, так как с ним связана энергия

биологических, биохимических, химических и физических процессов, происходящих в почве. Температура почвы оказывает прямое влияние на рост и развитие растений, на растворимость в воде различных соединений, кислорода и углекислого газа, скорость поступления в растения питательных элементов и влаги, а также на жизнедеятельность почвенной биоты. Оптимальные условия для большинства почвенных микроорганизмов создаются при температуре 25-35°С.

Основной источник тепла – лучистая энергия солнца или солнечная радиация, количество которой зависит от широты и рельефа местности, состояния поверхности почвы, времени года и суток и состояния атмосферы.

Дополнительными источниками служат: тепло, получаемое из воздуха; тепло, образующееся в результате разложения органических остатков; внутреннее тепло Земли; тепло от радиоактивных процессов, происходящих в почве.

Лучистая энергия солнца, поглощаясь поверхностью почвы и превращаясь в тепловую энергию, аккумулируется, передвигается от слоя к слою или излучается с поверхности благодаря проявлению тепловых свойств почвы. Основные тепловые свойства почвы – теплопоглотительная (отражательная) способность, теплоемкость и теплопроводность.

Теплопоглотительная (отражательная) способность – способность почвы поглощать лучистую энергию Солнца. Она характеризуется величиной Альбедо (А).

Альбедо – количество коротковолновой солнечной радиации, отраженное поверхностью почвы и выраженное в процентах от общей величины солнечной радиации, достигающей поверхности почвы.

Чем меньше альбедо, тем больше почва поглощает солнечной радиации. Это показатель служит важнейшей тепловой характеристикой почвы и зависит от ее цвета, структурного состояния, влажности, выровненности поверхности почвы и растительного покрова (табл. 10).

На отражательную способность почв наиболее существенно влияют количество и качество гумуса, определяющие цвет почвы, а также ее гранулометрический состав. Высокогумусированные почвы (черноземы) поглощают лучистой энергии на 10-15% больше, чем малогумусированные, так же как и глинистые по

сравнению с песчаными, а влажные по сравнению с сухими.

Теплоемкость – свойство почвы поглощать определенное количество тепла. Характеризуется количеством тепла, необходимого для нагревания 1 $см^3$ или 1 г почвы на 1°С. Зависит от минералогического и гранулометрического составов, содержания органического вещества, влажности, пористости почвы и воздухоемкости.

Таблица 10

Альбедо различных почв и растительных покровов (по А. Ф. Чудновскому)

Объект исследования	Альбедо, %	Объект исследования	Альбедо, %
Чернозем сухой	14	Пшеница яровая	10-25
влажный	8	озимая	16-23
Серозем сухой	25-30	Травы зеленые	26
влажный	10-12	высохшие	19
Глина сухая	23	Водная поверхность	20-22
влажная	16	Увлажненный лес	14
Песок белый, желтый	34-40	Лиственный лес	18

Чем влажнее почва, тем больше требуется тепла для ее нагревания. Поэтому глинистые и суглинистые почвы, имеющие высокую влагоемкость, называются холодными. Песчаные почвы теплее глинистых и суглинистых; у них низкая влагоемкость, а из-за плохой испаряющей способности они слабее охлаждаются.

Теплопроводность – способность почвы проводить тепло. Теплопроводность измеряется количеством тепла в джоулях, которое проходит в секунду через 1 $см^3$ почвы. В почве тепло передается различными путями: через воду или воздух, разделяющие твердые частицы; при контакте частиц между собой; излучением от частицы к частице; конвекционной передачей тепла через газ или жидкость. От теплопроводности зависит скорость передачи тепла от одного слоя другому, а, следовательно, и способность почвы быстрее или медленнее нагреваться или охлаждаться в определенной толще ее профиля. На величину теплопроводности влияют химический и гранулометрический составы, влажность, содержание воздуха, плотность и температура почвы.

Чем влажнее почва, тем выше ее теплопроводность, а чем рыхлее, тем ниже. Почвы, богатые гумусом и характеризующиеся высокой пористостью аэрации, в сухом состоянии очень плохо проводят тепло. Иссушенный поверхностный слой превращается в

своеобразный экран, предохраняющий внутреннюю часть почвенного профиля от перегрева. Уплотненные почвы имеют более высокую теплопроводность, чем рыхлые, хорошо оструктуренные.

3.8.2. Тепловой режим почв и приемы его регулирования. Совокупность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла называют *тепловым режимом* почвы. Основным показателем теплового режима почвы, который характеризует ее тепловое состояние, является температура генетических горизонтов почвенного профиля, которая зависит от климата, рельефа, свойств почвы, растительного и снежного покрова.

Растительный покров уменьшает нагревание почвы в летний период, а в холодное время года способствует накоплению снега и сохранению тепла. Снежный покров предохраняет почву от воздействия низких температур воздуха. Под снегом почва промерзает на небольшую глубину. Самыми теплыми являются южные склоны, затем следуют западные, восточные, а наиболее холодные – северные.

В зависимости от среднегодовой температуры и длительности промерзания почвы выделяют четыре типа температурного режима почв (по В. Н. Димо): мерзлотный, длительно сезоннопромерзающий, сезоннопромерзающий и непромерзающий.

Мерзлотный тип характерен для местностей, где среднегодовая температура профиля почвы имеет отрицательный показатель. В таких почвах преобладает процесс охлаждения, сопровождающийся промерзанием почвенной влаги до верхней границы многолетнемерзлых пород.

Длительно сезоннопромерзающий тип проявляется на территориях, где преобладает положительная среднегодовая температура почвенного профиля. Глубина проникновения отрицательных температур не менее 1 м, но смыкание сезоннопромерзающей толщи с многолетнемерзлыми породами не наблюдается. Длительность промерзания не менее 5 месяцев.

Сезоннопромерзающий тип отличается положительной среднегодовой температурой почвенного профиля. Промерзание профиля длится менее 5 месяцев. Подстилающие породы не мерзлые.

Непромерзающий тип характерен для территорий, где промерзание профиля и морозность не проявляются.

Длительно сезоннопромерзающий и сезоннопромерзающий типы температурного режима почв свойственны большей части

территории России.

Возможно регулирование теплового режима почв агротехническими, мелиоративными и лесомелиоративными приемами с учетом почвенно-климатических и погодных условий.

В северных и северо-восточных районах эффективно *мульчирование* – покрытие почвы торфом, навозом и др. Черная мульча уменьшает отражательную способность почв на 10-15%.

Гребневание усиливает теплообмен воздуха с почвой, в результате почва лучше прогревается. Посевы кулисных высокостебельных растений (кукурузы, подсолнечника) способствуют повышению температуры почвы.

Орошение уменьшает отражение солнечной радиации до 20%, что увеличивает приход тепловой энергии к почве.

Полезащитные лесные полосы уменьшаю силу ветра, снижают вертикальный обмен приземного слоя воздуха с атмосферой, способствуют накоплению на полях снега, который утепляет почву.

Контрольные вопросы

1. Назовите первичные и вторичные минералы, входящие в состав почвы.
2. Перечислите основные химические элементы, входящие в минеральную часть почвы.
3. Что понимают под гранулометрическим составом почвы?
4. По какому принципу классифицируют почвы по гранулометрическому составу?
5. Назовите основные источники органического вещества почвы.
6. Что такое гумус?
7. Дайте характеристику составу гумуса и его свойствам.
8. Расскажите о роли гумуса в почве.
9. Перечислите виды поглотительной способности почв.
10. Дайте определение механической поглотительной способности почв.
11. В чем сущность биологической поглотительной способности почв?
12. Раскройте сущность и общие закономерности физико-химической поглотительной способности.
13. Расскажите о составе и свойствах почвенных коллоидов.
14. Что такое коагуляция и пептизация почвенных коллоидов?
15. Охарактеризуйте понятие о почвенном растворе и его концентрации.
16. Дайте определение кислотности и щелочности почв.

17. Назовите виды кислотности и щелочности почв.
18. Перечислите звенья круговорота азота в природе.
19. Назовите источники фосфора в почве.
20. Какие формы калия доступны растениям?
21. От чего зависит содержание микроэлементов в почве?
22. Дайте определение общим физическим свойствам почв.
23. Перечислите физико-механические свойства почвы.
24. Что такое структура почвы?
25. Назовите формы воды в почве.
26. Перечислите основные водные свойства почвы.
27. Дайте характеристику типам водного режима почв.
28. Перечислите и охарактеризуйте воздушные свойства почвы.
29. Чем отличается состав атмосферного воздуха от состава почвенного воздуха?
30. Назовите тепловые свойства почвы и дайте им характеристику.
31. Что такое тепловой режим почвы? Как его регулировать?

4. Закономерности распространения почв и их классификация

4.1. Главные закономерности географии почв

Географическое распространение почв на земной поверхности подчиняется определенным закономерностям, обусловленным территориальным распределением факторов почвообразования.

Все многообразие почв возникло в результате различий в географическом положении и природных условиях. Главные закономерности в географии почв выражаются следующими законами:

1. Закон горизонтальной (широтной) почвенной зональности был сформулирован В. В. Докучаевым (1898). Типы почв распространены на поверхности земли полосами (зонами), имеющими широтное простирание и последовательно сменяющими друг друга с севера на юг в соответствии с изменениями климата, растительности и других условий почвообразования.

Закон широтной почвенной зональности получил отражение в следующих двух главных направлениях. Первое – в наличии на территории суши земного шара последовательно сменяющих друг друга почвенно-биоклиматических (термических) поясов, характеризующихся сходством природных условий и почвенного покрова, обусловленных общностью радиационных и термических показателей.

Второе проявление закона горизонтальной почвенной зональности выражается в разделении почвенно-биоклиматических поясов по совокупности условий почвообразования и общим чертам почвенного покрова на почвенные зоны – широтные полосы в связи с закономерной сменой не только термических условий, но и увлажнения и, как следствие, растительности.

2. Закон вертикальной почвенной зональности установлен В. В. Докучаевым (1899) на основе исследований почв Кавказа. В условиях горного рельефа происходят закономерные последовательные изменения климата, растительности и почв в связи с изменением абсолютной высоты местности. По мере поднятия от подножия гор к их вершинам понижается температура воздуха в среднем на 0,5°С на каждые 100 м абсолютных высот, что влечет за собой изменение количества выпадающих осадков и, как

следствие, смен растительности и почв. Эти изменения проявляются в образовании вертикальных растительно-климатических и почвенных поясов (вертикальных зон).

В общем виде последовательная смена зон аналогична их смене на равнинных пространствах при движении с юга на север. Такая общая схема последовательной смены вертикальных почвенных зон может осложняться и нарушаться из-за особенностей горного рельефа (резкой смены абсолютных высот, крутизны и экспозиции склонов, типов макрорельефа – плоскогорье, межгорные впадины, разнообразие склонов и т.д.) и частой сменой почвообразующих пород.

Конкретный состав почвенных вертикальных зон определяется положением горной страны в системе широтных зон и абсолютными высотами ее рельефа.

3. Закон фациальности почв был сформулирован Л. И. Прасловым и И. П. Герасимовым (1945). Заключается в том, что почвенный покров в отдельных меридиональных частях термических поясов и зон может заметно изменяться в связи с изменением климата под влиянием термодинамических атмосферных процессов.

Эти изменения обусловлены близостью или удаленностью конкретных частей пояса или зоны от морских и океанических бассейнов, а также влиянием горных систем и т.д. Они проявляются в виде повышения или ослабления атмосферного увлажнения и континентальности климата.

Такие изменения сказываются на растительности и проявлении почвообразовательных процессов. Фациальные особенности почвенного покрова часто выражаются в дифференциации почв по температурному режиму (теплые, умеренные, холодные, непромерзающие, промерзающие, длительно промерзающие почвы и т.д.), в проявляющихся различиях в строении профиля (мощности гумусовых горизонтов и др.) и свойствах зонального типа или подтипа почв, а иногда и в появлении новых типов в данной фации.

Закономерности в географии почв, проявляющиеся в форме законов широтной и вертикальной зональности и закона фациальности почв, являются следствием закономерности изменения биоклиматических условий на обширных территориях в связи с их широтным и меридиональным положением на материках.

4. Закон аналогичных топографических рядов сформулирован С. А. Захаровым (1927). Отражает сходную закономерную смену почв по элементам мезо- и микрорельефа во всех зонах.

Сущность этого закона заключается в том, что в любой зоне распределение почв на элементах рельефа имеет аналогичный характер: на возвышенных элементах залегают почвы, генетически самостоятельные (автотрофные), которым свойственны вынос подвижных продуктов почвообразования и аккумуляция малоподвижных; на пониженных элементах рельефа (шлейфы склонов, днища низин и западин, приозерные понижения, пойменные террасы и т.д.) расположены генетически подчиненные почвы (полугидроморфные и гидроморфные) с аккумуляцией подвижных продуктов почвообразования, привносимых с поверхностными и внутрипочвенными стоками с водоразделов и склонов; на склоновых элементах рельефа залегают переходные почвы, в которых по мере приближения к отрицательным формам рельефа возрастает аккумуляция подвижных веществ.

4.2. Почвенно-географическое районирование

Почвенно-географическое районирование заключается в выявлении главных особенностей и связей почвенного покрова с экологическими условиями, выделении однотипных по структуре почвенного покрова территорий в соответствии с зонально-провинциальными условиями и различными сочетаниями факторов почвообразования, определении предпосылок сельскохозяйственного использования почв.

Почвенно-географическое районирование нашей страны постоянно совершенствовалось, и в этом принимали участие ведущие отечественные специалисты: Г. В. Добровольский, Е. Н. Иванова, Н. Н. Розов, В. М. Фридланд и др.

Почвенно-географическое районирование – это разделение территорий на регионы, сходные по составу и структуре почвенного покрова. Оно основывается на анализе почвенных и других специальных карт: геологических, геоморфологических, четвертичных отложений, геоботанических, климатических.

При почвенно-географическим районировании выделяется ряд соподчиненных таксономических территориальных единиц,

крупные регионы разделяются последовательно на более мелкие, как, например, иерархический ряд – почвенно-биоклиматический пояс, почвенно-биоклиматическая область, почвенная зона или подзона, почвенная провинция, почвенный округ, почвенный район.

Таксономическая система почвенно-географического районирования в России, отражающая разный уровень организации структур почвенного покрова, приведена на рисунке 1.

1. Почвенно-биоклиматический пояс
2. Почвенно-биоклиматическая область

Для равнинных территорий	**Для горных территорий**
3. Почвенная зона (подзона)	3. Вертикальная почвенная структура (или горная почвенная провинция)
4. Почвенная провинция	4. Вертикальная почвенная зона
5. Почвенный округ	5. Горный почвенный округ
6. Почвенный район	6. Горный почвенный район

Рис. 1. Таксономическая система почвенно-географического районирования в России

Базовыми единицами районирования являются: на равнинных участках – почвенная зона, в горах – горная почвенная провинция.

Почвенно-биоклиматический пояс – это совокупность почвенных зон и вертикальных почвенных структур (горных почвенных провинций), объединенных сходством радиационных и термических условий. Выделяют: полярный, бореальный, суббореальный, субтропический и тропический почвенно-биоклиматические пояса.

Почвенно-биоклиматическая область – это совокупность почвенных зон и горных почвенных провинций, имеющих не только сходные радиационные и термические условия, но и сходные условия увлажнения и континентальности.

По степени континентальности области разделяются на океанические, континентальные и экстраконтинентальные.

По степени увлажнения – на гумидные, экстрагумидные (очень влажные), семигумидные (полувлажные), семиаридные (полусухие), аридные (сухие) и экстрааридные (очень сухие).

В число почвенно-биоклиматических областей входят, например, бореальные и суббореальные лесные области,

суббореальные степные области, суббореальные, субтропические и тропические области полупустынь и пустынь и др.

Почвенная зона – это ареал одного или нескольких типов почв и сопутствующих им интразональных (внутризональных) почв. Является основной единицей почвенно-географического районирования.

Совокупность почвенных зон, последовательно сменяющих одна другую в широтном направлении, составляет горизонтальную зональность почв.

На территории России при движении с севера на юг выделяют следующие почвенно-географические зоны: арктическую и субарктическую (тундра), таежно-лесную, лесостепную, черноземно-степную, сухих степей и пустынно-степную (полупустынь).

К интразональным почвам относятся солончаки, солонцы, солоди, болотные почвы, почвы пойм.

Почвенная подзона выделяется в пределах почвенной зоны (не во всех зонах) по теплообеспеченности и увлажнению в меридиональных отрезках почвенных зон.

Почвенная провинция – часть почвенной зоны (подзоны), отличающаяся фациальными особенностями почв (увлажнение и континентальность) в пределах почвенно-биоклиматической области, или с температурными различиями в меридиональных отрезках почвенных зон.

Низшие таксономические единицы почвенно-географического районирования – округа и районы – выделяют по местным литолого-геоморфологическим условиям.

Почвенный округ – это часть почвенной провинции, характеризующаяся определенным типом комбинаций (структурой почвенного покрова), обусловленным особенностями рельефа и почвообразующих пород.

Почвенный район – часть почвенного округа, характеризующаяся одним типом мезоструктуры почвенного покрова. Однотипность структуры почвенного покрова района определяется однотипностью условий почвообразования в его пределах и обеспечивает возможность однотипного хозяйственного использования земельных фондов.

Для горных территорий используют свою таксономию почвенно-географического районирования, ниже почвенно-биоклиматической области: горная провинция (совокупность

вертикальных зон конкретной горной территории), вертикальная почвенная зона, горный почвенный округ, горный почвенный район.

При почвенно-географическом районировании почву рассматривают как элемент ландшафта, выявляют почвенно-ландшафтные связи, определяющие различные почвенные режимы и свойства почв, от которых зависят уровень их плодородия и экологическая устойчивость.

Почвенно-географическое районирование позволяет иметь достаточно полные сведения о количестве и качестве почвенных ресурсов и на основе этой информации осуществлять наиболее рациональное их использование.

4.3. Классификация почв

Первая классификация почв была предложена основателем научного почвоведения В. В. Докучаевым (1886), в ее основу было положено происхождение (генезис) почвы и ее тесная взаимосвязь с окружающей средой. За основную классификационную единицу им был принят генетический тип почвы, поэтому классификацию часто называют генетической.

В дальнейшем она совершенствовалась и самим В. В. Докучаевым, его учеником Н. М. Сибирцевым (1895) и его последователями.

Классификация – это распределение почв на группы по сходным признакам: основным свойствам, происхождению и особенностям плодородия. Она формирует научный язык почвоведения, создавая определенные образы с помощью *номенклатуры* – наименований почв в соответствии с их свойствами и классификационным положением.

В настоящее время выделяют следующие современные типы классификационных построений: иерархические соподчиненные классификации – таксономии; реферативные базы.

Иерархические соподчиненные классификации – таксономии отличаются наличием иерархии между классами. Они бывают закрытые и открытые – с жесткой диагностикой или ориентацией на соответствие центральному образу.

Российская (советская) школа классификации почв характеризуется множеством разнообразных подходов и конкретных классификационных схем. Все они исходят из докучаевских почвенно-генетических концепций, охватывают самые различные аспекты классификационной проблемы и дают основания для создания интегральной классификационной системы, отвечающей научным и практическим задачам.

«Классификация и диагностика почв СССР» (1977) является открытой таксономией, «Классификация и диагностика почв России» (2004) – открытая таксономия, в которой остается возможность добавлять новые таксоны нового ранга, если это потребуется при получении новых знаний о разнообразии почв. Диагностические критерии не строгие, часто не имеют количественного выражения.

«Классификация и диагностика почв СССР» (1977) является официально утвержденной и действующей в настоящее время. В ней систематизировано около 80 типов почв, которые сгруппированы в зонально-экологические группы (таежно-лесные, лесостепные, степные, сухостепные и др.).

Зонально-экологические группы характеризуются типом растительности, суммой активных температур почвы на глубине 20 см, длительностью отрицательных температур на той же глубине и коэффициентом увлажнения.

Внутри зонально-экологических групп почвы разделяются на био-физико-химические группы по био-физико-химическим свойствам (гуматные, фульватные, засоленные и др.) и на ряды по условиям увлажнения (автоморфные, гидроморфные, полугидроморфные, пойменные, аллювиальные).

Основной таксономической единицей классификации является *тип почвы* – группа почв, которая развивается в однотипно сопряженных биологических, климатических и гидрологических условиях и характеризуется ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами.

Типы почв делятся на *подтипы*, которые качественно отличаются по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования, являются переходными между типами.

В пределах подтипов выделяют *роды почв*, которые определяются комплексом местных условий (состав почвообразующих

пород, химизм грунтовых вод, вертикальная и латеральная миграция и аккумуляция веществ и др.).

В пределах родов обособляются *виды почв*, различающиеся свойствами, обусловленными степенью развития почвообразовательных процессов (уровень гумусированности, мощность гумусовых и элювиальных горизонтов и др.).

Разновидности почв – группы почв, в пределах вида, различающиеся по гранулометрическому составу поверхностных горизонтов.

Разряды почв – группы почв, в пределах разновидности, различающиеся генезисом и свойствами почвообразующих пород.

«Классификация и диагностика почв России» (2004) предусматривает выделение восьми таксономических категорий: стволов, отделов, типов, подтипов, родов, видов, разновидностей и разрядов.

Основные принципы, положенные в основу этой классификации: генетичности, историчности, воспроизводимости, открытости, изменчивости и стабильности, сочетания объективности и субъективности, иерархичности.

Ствол – высшая таксономическая единица, отражающая разделение почв по соотношению процессов почвообразования и накопления осадков. В классификации выделены четыре ствола.

К стволу *постлитогенных* почв относятся почвы, в которых почвообразование осуществляется на сформировавшейся минеральной почвообразующей породе и существенно не нарушается отложением свежего материала.

В почвах *синлитогенного* ствола почвообразование протекает одновременно с осадконакоплением, что находит отражение в профиле почв.

Ствол *первичного* почвообразования представлен одним отделом почв (слаборазвитых), развитие которых ограничивается молодостью, активным осадконакоплением, препятствующим непрерывному почвообразованию.

Ствол *органических* почв объединяет почвы, профиль которых (весь или его большая часть) состоит из торфа различной степени разложения и ботанического состава.

Каждый ствол делится на несколько отделов.

Отдел – группа почв, характеризующаяся единством основных процессов почвообразования, формирующих главные черты

почвенного профиля. В большинстве случаев сходство почв отдела проявляется в специфике средней части профиля (срединные горизонты). Исключение составляют почвы, в которых специфика профиля определяется органическим или гумусовым горизонтом.

Тип – основная таксономическая единица в пределах отдела, характеризующаяся единой системой основных генетических горизонтов и общностью свойств, обусловленных сходством режимов и процессов почвообразования.

При диагностике типа, как правило, не учитывают почвообразующую породу и горизонты, переходные к ней.

Подтип – таксономическая единица в пределах типа, отличающаяся качественными модификациями основных генетических горизонтов, которые отражают наиболее существенные особенности почвообразовательных процессов и эволюции почв.

Среди подтипов различают:

- *типичные*, соответствующие центральному образу типа;

- *переходные*, отражающие переходы между типами или отделами;

- *процессно-эволюционные*, отражающие специфику миграции и аккумуляции веществ, в связи с особенностями современных почвенных режимов, а также результаты естественной, или антропогенной, эволюции почв.

Род – таксономическая единица в пределах подтипа, определяемая степенью насыщенности основаниями почвенного поглощающего комплекса, присутствием в профиле карбонатов, гипса и химизмом засоления.

Вид – таксономическая единица, отражающая количественные показатели степени выраженности признаков, определяющих тип, подтип, а иногда и род почв.

Разновидность – таксономическая единица, отражающая разделение почв по гранулометрическому составу, каменистости и скелетности почвенного профиля (до почвообразующей породы).

В почвах, развитых на неоднородных (слоистых) породах, предлагается выделять 2-3-ярусные гранулометрические разновидности.

Разряд – таксономическая единица, группирующая почвы по характеру почвообразующих и подстилающих пород, а также по мощности мелкоземистого почвенного профиля.

В классификации положение антропогенно-измененных почв обуславливается степенью трансформации почвенного профиля и основывается на присутствии определенных диагностических горизонтов и признаков антропогенного характера.

В «Классификации и диагностики почв России» (2004) два верхних уровня в название почв не входят, и оно начинается с типа, т.е. с третьего уровня и может содержать еще пять элементов.

Мировая реферативная база почвенных ресурсов (WRB – World Reference Base for Soil Resources) не является классификацией в обычном смысле. Ее основное предназначение – корреляция национальных почвенных классификаций, создание общепонятного языка, некоего почвенного эсперанто, не подменяющего в то же время национальные системы.

WRB должна служить средством общения почвоведов с непочвоведами, которые не одобряют обилие классификаций в почвоведении, в нюансы которых не имеют возможности вникать.

WRB имеет двухуровневую, неиерархическую систему построения.

На первом уровне выделяют 32 реферативные почвенные группы (РПГ). Второй уровень классификационной системы составляют почвенные единицы, выделяемые путем комбинации РПГ с квалификаторами. Разнообразие почв представлено 186 квалификаторами.

По определению квалификаторы отражают свойства почв, сформированных второстепенными почвообразовательными процессами, заметно модифицирующими исходные свойства, влияющие на использование почвы. Каждая реферативная группа имеет собственный набор квалификаторов.

Различают квалификаторы-приставки, которые вставляются перед названием РПГ и квалификаторы-суффиксы – обозначаются в скобках после названия РПГ.

Диагностику почвенных групп и единиц низшего уровня проводят по формальным количественным признакам. Предмет диагностики – почвенный профиль. Гидротермические показатели не учитывают.

Диагностику реферативных почвенных групп осуществляют на основании диагностических горизонтов, диагностических признаков и диагностических сочетаний горизонтов. WRB декларирует, что выделение диагностических горизонтов и свойств проводят

с учетом почвенно-генетических процессов и для определения групп используют «первичные», «главные» почвообразовательные процессы.

Номенклатура, используемая для почвенных групп и квалификаторов, в WRB носит компилятивный характер. Некоторые названия почвенных групп заимствованы из русской почвенной школы (Chernozems, Solonchaks, Solonetz, Podzols), другие являются производными от названий почв в национальных почвенных классификациях (Gleysols, Kastanozems, Andosols), иные прямо заимствованы из Soil Taxonomy США (Histosols, Vertisols), большинство же названий искусственно создано на основе латинских корней (Leptosols, Fluvisols, Ferralsols и т. д.).

В некоторых случаях это создает определенное неудобство, так как подзол русской школы не вполне соответствует подзолу WRB, так же как гистосоли американской классификации имеют несколько иные диагностические критерии (и совсем другое подразделение на таксоны низших рангов), чем гистосоли WRB.

Контрольные вопросы

1. Назовите четыре закона географии почв.
2. В чём заключается закон фациальности почв?
3. Сущность закона аналогичных топографических рядов.
4. В чём проявляется закон горизонтальной почвенной зональности?
5. Сущность закона вертикальной почвенной зональности.
6. Перечислите таксономические единицы почвенно-географического районирования.
7. Цель и задачи классификации почв.
8. На чём была основана первая классификация почв?
9. Назовите таксономические единицы классификации почв, дайте им характеристику.

5. Почвы арктической, тундровой и таежно-лесной зон

5.1. Почвы арктической зоны

Арктическая зона (11,6% территории России) включает северные острова Ледовитого океана (Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Новосибирские острова и др.), а также северную оконечность полуострова Таймыр.

Климат зоны очень суровый, холодный, среднегодовая температура составляет от -10°С до -14°С, зимние температуры – от -25°С до -31°С. Летом среднесуточная температура не превышает +5°С. Низкие температуры связаны с расходом большого количества тепла на таяние крупных масс снега и льда. Безморозный период составляет всего 12-14 дней в году. Количество осадков невелико (около 150 мм), выпадают они в основном в виде снега, даже летом.

Существенной особенностью Арктики является широкое распространение современного оледенения. Ледниками покрыто около 30% площади всех островов.

В составе почвообразующих пород на свободной от ледников территории преобладают щебнистые элювиально-солифлюкционные, морские, часто засоленные и ледниковые отложения.

Растительность арктической зоны, в составе которой преобладают мхи и лишайники, сильно изрежена и бедна по флористическому составу. В наиболее суровых северных районах отдельные куртины растительности занимают 5-10% площади, в южной части зоны растительность покрывает 50-60% поверхности, располагаясь полосами вдоль трещин, на поверхности развиты сине-зеленые водоросли.

Общие запасы воздушно-сухой фитомассы в арктической зоне достигают 1,6 т/га, в составе фитомассы преобладает надземная часть.

Многолетняя мерзлота и низкие температуры воздуха оказывают существенное влияние на формирование арктических почв. Характерная особенность почвенного покрова этой зоны – ее прерывистый фрагментарный характер. Основной тип почв –

арктический, который развивается отдельными пятнами под растущей растительностью.

На суглинистых пятнах и участках, занятых растительностью, почвы оттаивают всего на 0,3-0,4 м на период около полутора месяцев. На песках, и особенно галечниках, оттаивание может достигать 0,75-1,0 м.

В связи с низкой интенсивностью почвообразовательных процессов и неглубоким сезонным оттаиванием, арктические почвы характеризуются укороченным профилем. Они имеют бурую окраску и непрочную комковатую структуру. Гумусовый горизонт маломощный и содержит от 1 до 3-5% органического вещества, которое равномерно распределено по профилю. В составе гумуса количество гуминовых и фульвокислот примерно равны. Реакция арктических почв слабокислая, иногда нейтральная (pH 6,0-6,5), переходящая в нижних горизонтах в слабощелочную. Поглощающий комплекс невелик (12-15 мг-экв./100 г почвы). В почвенно-поглощающем комплексе преобладает кальций, уступающий в приморских районах ведущую роль магнию.

Арктическая зона представлена полярной пустыней и полупустыней. Зональными являются дерново-арктические полигональные почвы трещин. Встречаются также примитивные почвы полигонов, полярные пустынные солончаковатые, на щебнисто-мелкоземистых отложениях – криогенные структурные почвы.

По «Классификации и диагностики почв России» (2004) в арктической зоне выделяют петроземы, литоземы перегнойные, криоземы, криоземы грубогумусные.

По мировой базе данных (WRB) – Cryosols. Leptosols.

Значительная территория в арктической зоне занята арктическими пустынными и арктическими типичными тундровыми почвами, которые соответствуют петроземам, дерново-грубогумусированным почвам. Гидроморфные почвы представлены типом болотных арктических почв.

В типе арктических почв выделяют два подтипа: арктические пустынные почвы и арктические типичные тундровые почвы.

Арктические пустынные почвы расположены в северной части арктической зоны. Формируются на выровненных участках островов, сложенных мелкоземистыми или щебнисто-мелкоземистыми отложениями, с очень разреженной растительностью.

Арктические типичные тундровые расположены в южной части арктической зоны. Формируются под менее разреженной мохово-разнотравной растительностью, которая в основном приурочена к морозобойным трещинам.

В типе арктические болотные почвы выделяют два подтипа: арктические болотные неглеевые и арктические болотные глеевые.

Арктические болотные почвы формируются при периодическом насыщении почв водой. Верхняя граница многолетней льдистой мерзлоты находится в пределах почвенного профиля и может служить водоупором.

Арктические болотные неглеевые почвы имеют плохо выраженные генетические горизонты, покрыты мохово-злаковой растительностью. В их формировании большую роль играют мелкозем и щебень, принесенный талой водой. Из-за большой насыщенности талых вод кислородом оглеение генетических горизонтов не наблюдается.

Арктические болотные глеевые почвы располагаются по пониженным выровненным участкам приморских и притеррасных равнин, в долинах рек, где вода застаивается в течение длительного времени. Оглеение проявляется в нижних горизонтах почвенного профиля.

Криоземы входят в отдел «Криотурбированные почвы», который объединяет почвы, формирующиеся при активном влиянии мерзлотных процессов и не имеющие глеевого горизонта, что объясняется преобладанием окислительных условий при низких температурах.

Криоземы встречаются в зоне вечной мерзлоты. Основные подтипы выделяются по особенностям органогенного горизонта, признакам палевого метаморфизма и оглеения.

Биогеоценозы Арктики могут быть вовлечены в хозяйственную деятельность человека как охотничьи угодья и резерваты для сохранения и поддержания численности редких видов животных и птиц.

5.2. Почвы тундровой зоны

Тундровая зона расположена к югу от арктической зоны и простирается от северо-запада Кольского полуострова до Берингова пролива.

Климат тундровой зоны характеризуется холодной зимой, коротким летом. Осадков выпадает от 400 мм – на Кольском полуострове до 150-250 мм – в восточной Сибири. Сумма температур выше 10°С – от 0°С до 400-600°С – в южной тундре, средняя температура июля – 8-13°С. Относительная влажность воздуха достигает 80-90%. Средняя температура колеблется от -2°С на западе до -14-16°С в азиатской части.

Это зона вечной мерзлоты. Над толщей мерзлоты лежит слой земли, замерзающий зимой и оттаивающий летом. Его величина колеблется в пределах 0,3-1,5 м в зависимости от гранулометрического состава почв, наличия торфяного слоя и географической широты. В этом ограниченном слое происходят биологические процессы и развиваются почвы.

Вечная мерзлота – один из факторов, поддерживающий заболачиваемость и водность ландшафтов тундры, так как она является водоупором, препятствующим вертикальной фильтрации воды, дренированности территории.

Растительность арктической тундры представлена злаково-осоково-моховыми ценозами, а в понижениях – гипново-осоковыми ассоциациями на болотах. Типичная тундра характеризуется господством мхов и лишайников. Мхи преобладают на суглинистых почвах, лишайники – на щебнистых.

При продвижении к югу, в лесотундру, начинают появляться кустарники – карликовые березы, ива, вереск, багульник, голубика, а по долинам рек на песчаных и супесчаных почвах – изреженные, угнетенные леса (ель, береза, лиственница и др.). Количество опада составляет 0,5-1,0 т/га. В составе опада – низкое содержание оснований и азота.

Почвообразующие породы представлены морскими, ледниковыми и аллювиальными отложениями.

В тундровую (субарктическую зону) входят подзоны: аркотундра, типичная и южная тундра. Разделение на подзоны обусловлено изменениями в климатических показателях. С севера на юг на фоне низких температур и небольшого количества выпадающих осадков отмечается некоторое «потепление», сопровождающееся небольшим увеличением осадков.

Зональными почвами аркотундры являются аркотундровые бурые неоподзоленные, формирующиеся на легких

почвообразующих породах и тундровые глеевые на суглинистых почвообразующих породах.

В типичной и южной тундре зональными почвами на суглинистых почвообразующих породах являются тундровые глеевые и тундровые дифференцированные. На песчаных и супесчаных породах формируются тундровые дерновые и подзолистые иллювиально-гумусовые почвы.

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) тундровые глеевые почвы отнесены к глееземам, глееземам криометаморфическим.

Выделяют три типа глееземов: глееземы, глееземы криометаморфические, торфяно-глееземы. Основные подтипы выделяются по степени разложенности органогенного материала, проявлению признаков поверхностного осветления, криогенного ожелезнения и криотурбации.

По мировой базе данных (WRB) – Cryosols.

Тундровые глеевые почвы распространены в подзоне типичной тундры и являются преимущественно компонентами комплексов в ландшафтах пятнисто-бурковатых тундр, встречаются в трещинно-полигональных тундрах.

Формируются преимущественно на породах тяжелого гранулометрического состава (суглинистых, глинистых) под влиянием следующих почвообразовательных процессов: подстилкообразование, гумусообразование, оглеение, криотурбация, криогенное оструктуривание.

Тундрово-болотные почвы формируются в арктической и мохово-кустарничковой тундре занимая локальные мезо- и микропонижения, образуя комбинации с глееземами и торфяно-глеевыми почвами.

Могут образовывать основной фон почвенного покрова, но чаще входят в состав многочисленных комплексов, характерных для различных типов мерзлотного микрорельефа.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) их относят к торфяно-глееземам / торфяным олиготоровным почвам.

По мировой базе данных (WRB) – Cryosols.

В южной подзоне распространен подтип тундровых глеевых оподзоленных почв, которые отличаются от типичных наличием осветлений и обезжелезнением верхней части глеевого горизонта.

В субарктической зоне распространения тундровых глеевых почв основной формой сельскохозяйственного использования является развитие оленеводства. Развито очаговое земледелие, которое приурочено к почвам легкого гранулометрического состава, прежде всего по долинам рек с более мягким климатом и более глубоким деятельным слоем.

Тундровые иллювиально-гумусовые почвы лучше прогреваются, оттаивают на большую глубину и при внесении удобрений способны давать высокие урожаи кормовых культур, необходимых для развития пригородного хозяйства (молочного животноводства, птицеводства, свиноводства).

5.3. Почвы таежно-лесной зоны

Почвы таежно-лесной зоны занимают 41% территории Российской Федерации.

По биоклиматическим условиям почвообразования и почвенному покрову таежно-лесная зона делится на три подзоны: северная, средняя и южная тайга.

Северо-таежная зона расположена к югу от тундры. Ее северная граница близка к полярному кругу, к югу она доходит до 62-64° с. ш.

В северо-таежной зоне, на суглинистых породах распространены глееподзолистые почвы.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) это подтип в типах подзолистых почв, подзолов сухоторфяно-подзолов.

По мировой базе данных (WRB) – Albeluvisols.

Глееподзолистые почвы северной тайги приурочены к самым «сухим» позициям среди подзолисто-болотных и болотных. Важным диагностическим признаком почв являются отчетливо выраженные признаки поверхностного оглеения и глинисто-дифференциальный профиль. Основные почвообразовательные процессы: подстилкообразование, кислотный гидролиз минералов, элювиально-глеевый процесс, лессиваж.

На легких породах, обеспечивающих свободный внутренний дренаж, в зоне северной тайги формируются подзолистые иллювиально-гумусовые почвы.

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) подзолистая иллювиально-гумусовая почва тип почвы в отделе «Альфегумусовые почвы».

По мировой базе данных (WRB) – Podzols.

В холодных гумидных областях в зонах северной и средней тайги (а также в тундре и лесотундре) на легких и хрящеватощебнистых породах встречаются почвы без внешних признаков оподзоленности, с бурым цветом верхнего минерального горизонта – подбуры.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) подбуры тип почвы в отделе «Альфегумусовые почвы».

По мировой базе данных (WRB) – Cryosols. Podzols.

Почвообразование подбуров идет в условиях свободного дренажа. Специфика климатических условий (крайне холодный климат), молодость почв, богатство пород железом и алюминием приводит к мобилизации полуторооксидов при выветривании. В профиле преобладают процессы накопления гидроокисей железа и алюминия над процессами их выноса и перераспределения.

Формирование подбуров зависит от провинциальных, фациальных и подзональных особенностей почвообразования, а также от гранулометрического и химического состава почвообразующих пород.

Болотно-подзолистые почвы распространены преимущественно в зонах северной и средней тайги на слабодренированных территориях (плоские равнины, неглубокие понижения), которые характеризуются временным застоем поверхностных вод (верховодки).

Основные почвообразовательные процессы болотно-подзолистых почв: подстилкообразование, торфообразование, кислотный гидролиз минералов, лессиваж, сегрегация, оглеение.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) болотно-подзолистые почвы выделяются в отделе «Текстурно-дифференцированные почвы», тип подзолисто-глеевые.

По мировой базе данных (WRB) – Albeluvisols.

Болотные почвы широко распространены на земном шаре в разных природных зонах. Образование болотных почв может происходить в результате заболачивания водоемов и суши.

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) болотные почвы относятся к торфяным эутрофным, торфяным олиготрофным, сухоторфяным.

По мировой базе данных (WRB) – Histosols.

Болотные почвы формируются в результате болотного почвообразовательного процесса. При сочетании с другими процессами он может приводить к образованию большого разнообразия полугидроморфных почв.

Торфяные и торфяно-глеевые болотные верховые почвы приурочены к водораздельным пространствам и террасам с небольшими уклонами и слаборассеченной поверхностью.

Они развиваются в условиях застойного увлажнения под воздействием пресных или очень слабо минерализованных вод, атмосферных осадков без влияние грунтовых вод.

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) торфяные и торфяно-глеевые болотные верховые почвы относятся к типам торфяные олиготрофные и торфяно-глееземы.

По мировой базе данных (WRB) – Histosols. Greysols.

Торфяные, торфяно-глеевые болотные низинные и переходные почвы распространены во всех природных зонах Российской Федерации. Формирование почв происходит под влиянием избыточного увлажнения минерализованными грунтовыми водами.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) торфяные, торфяно-глеевые болотные низинные и переходные почвы почвы выделяются в отделе «Торфяные», тип торфяные эутрофные.

По мировой базе данных (WRB) – Histosols. Gleysols.

Торфяные и торфяно-глеевые почвы низинных (в меньшей степени переходных) болот представляют собой ценные сельскохозяйственные угодья при условии их осушения.

Болотные массивы необходимо рассматривать как уникальные экосистемы, большая часть которых должна быть сохранена в природном состоянии.

Вместе с тем болота представляют собой ценное богатство в виде больших запасов органического материала – торфа.

Глееземы таежные формируются в северной и средней тайге при условии затрудненного внутреннего дренажа поверхностной толщи.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) почвы глееземы выделяют в отделе «Глеевые почвы», тип глееземы и тип торфяно-глееземы.

По мировой базе данных (WRB) – Gleysols.

Среднетаежная зона расположена к югу от северо-таежной примерно между 62-64° с. ш. и 60° с. ш.

Образование почвенного профиля подзолистых почв связано с развитием процессов оподзоливания, эллювиально-глеевого процесса и лессиважа.

В результате иллювиальных процессов под лесной подстилкой обособляется подзолистый горизонт, который является диагностическим признаком данного типа почв.

Этот горизонт имеет специфические морфологические, физические и физико-химические свойства. Вследствие относительного накопления остаточного кремнезема, своеобразный цвет белесоватый, светло-серый, напоминающий цвет печной золы, откуда и пошло название почв.

Важную роль в подзолообразовании выполняет лесная подстилка из опавших ветвей, хвои, листьев. Она рыхлая, легко пропускает через себя влагу в глубину, но препятствует испарению.

Древесные растения и их опад пропитаны дубильными веществами, поэтому она имеет кислые свойства. В результате разложения лесной подстилки образуются фульвокислоты, которые являются важнейшим фактором подзолообразования.

Важнейшие необходимые условия для проявления подзолистого процесса почвообразования: систематическое образование и воздействие на минеральную часть почвы кислых органических соединений; наличие нисходящего тока воды, обеспечивающего вынос растворимых продуктов разрушения почвенных минералов.

Возможность создания таких условий наиболее благоприятно складывается под пологом леса.

Гидротермические условия разложения опада (постоянная влажность, относительно пониженные температуры), химический состав опада и кислая реакция среды определяют преимущественно грибной процесс разложения.

Кроме того, лес существенно влияет на водный режим занимаемой территории: способствует накоплению влаги в почве за счет зимних осадков; защищает снег от выдувания; способствует

более продолжительному сохранению снежного покрова, меньшему промерзанию почвы, быстрому оттаиванию весной.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) подзолистые почвы выделяются на правах типа в отделе «Текстурно-дифференцированные почвы».

По мировой базе данных (WRB) – Albeluvisols.

Все подзолистые почвы промыты от растворимых солей и карбонатов. Для них характерно повышенное содержание подвижного железа, алюминия и марганца, часто в количествах, токсичных для сельскохозяйственных культур. Они обеднены гумусом (2-4%) и элементами питания для растений.

Подзолистые почвы имеют повышенную обменную кислотность, обусловленную водородом и алюминием. Эти почвы бесструктурные, их плотность заметно увеличивается при переходе от верхних горизонтов к нижним.

Южно-таежная зона расположена к югу от средней тайги между 60° и 56-58° с. ш., спускаясь на востоке до 50° с. ш.

Дерново-подзолистые почвы формируются в результате подзолистого и дернового процессов почвообразования – это зональные почвы в южной зоне таежно-лесной области.

В «Классификации и диагностике почв России» (2004) дерново-подзолистые почвы выделяются как тип в отделе «Текстурно-дифференцированные почвы».

По мировой базе данных (WRB) – Albeluvisols.

Дерновые почвы в таежно-лесной зоне занимают небольшие площади, но они встречаются во всех подзонах и фациях. Распространение их в таежно-лесной зоне связано с дополнительным источником оснований, которые способствуют развитию травянистой растительности и дернового процесса почвообразования.

Дерново-карбонатные почвы (рендзины) являются интразональными почвами, поэтому их можно встретить в различных почвенно-биоклиматических поясах, областях и почвенных зонах.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) тип дерново-карбонатных, подтип дерново-карбонатных типичных почв, частично соответствует темногумусовым почвам, карболитоземам темногумусовым, карбо-петроземам гумусовым.

Дерново-карбонатные выщелоченные почвы развиваются обычно на более выветренной и относительно мощной толще элементов делювия карбонатных пород. В условиях промывного и

периодически промывного водного режима почвы идет процесс выщелачивания.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) тип дерново-карбонатных, подтип дерново-карбонатных выщелоченных почв, частично соответствует темногумусовым и серогумусовым почвам, метаморфизированному подтипу темногумусовых почв, отчасти бурозему темному, глинисто-иллювированному подтипу типа карболитоземов темногумусовых.

Дерново-карбонатные оподзоленные почвы формируются на сильновыщелоченных карбонатных породах или на породах, содержащих в исходном состоянии малое количество карбонатов.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) тип дерново-карбонатных, подтип дерново-карбонатных оподзоленных почв соответствует глинисто-иллювиированному подтипу темногумусовых и серогумусовых почв.

По мировой базе данных (WRB) – Leptosols.

Дерново-глеевые почвы широко распространены в таежно-лесной области, формируются в условиях избыточного увлажнения.

Слабая дренированность территории или близкое залегание грунтовых вод обусловливают присутствие в профиле оглеенных или глеевых горизонтов.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) дерново-глеевые почвы относятся к темногумусово-глеевым, перегнойно-гумусовым глеевым, перегнойно-глеевым.

По мировой базе данных (WRB) – Gleysols.

Дерново-глеевые почвы потенциально плодородны, но требуют регулирования водно-воздушного режима.

Таежно-лесная зона имеет возможности для развития земледелия и животноводства. В земледельческом отношении наиболее освоены южные и западные районы зоны, меньше – северные, а в восточной Сибири и на Дальнем востоке пахотные угодья составляют всего 0,6% территории.

Наиболее распаханы дерново-подзолистые почвы, на которых возможно возделывание сельскохозяйственных культур (зерновые, картофель, кормовые корнеплоды, овощные, ягодные и плодовые культуры) ранних среднеспелых сортов.

Под пашню при соответствующих затратах дополнительно можно использовать площади малопроизводительных лесов, вырубки и гари, низкоурожайные суходольные луга и пастбища.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается тундровая зона от арктической зоны?
2. Распространение и классификация арктических почв.
3. Особенности тундрового почвообразования.
4. Генезис и классификация тундровых почв.
5. Сельскохозяйственное использование арктических и тундровых почв.
6. Какова сущность подзолистого процесса почвообразования?
7. Каковы причины образования болот?
8. Как используют почвы таежно-лесной зоны?

6. Почвы лесостепной и степной зон

Лесостепная зона (занимает 7,5% территории России) представляет собой зону, переходную от влажного климата таежно-лесной зоны к засушливому климату степей.

К зональным почвам лесостепи относятся серые лесные почвы, серые лесные глеевые почвы, черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные.

Степная зона составляет 4,7% территории России и отличается от лесостепи более жесткими гидротермическими условиями.

В степной зоне выделяют два подтипа черноземов: черноземы обыкновенные и черноземы южные.

6.1. Серые лесные почвы

Серые лесные почвы формируются в южной части лесной зоны и лесостепи под травянистыми широколиственными лесами в Европейской части РФ и мелколиственными лесами в Сибири на глинистых и суглинистых отложениях различного генезиса преимущественно лессовидных как карбонатных, так и бескарбонатных, а также в южных горных системах (Северный Кавказ, Южный Урал, Алтай, Забайкалье).

Основные почвообразовательные процессы: подстилкообразование, дерновый (гумусово-аккумулятивный), подзолистый, лессиваж, декарбонатизация (не обязательный).

Формирование почв происходит в условиях относительно хорошего увлажнения (им свойственен периодически промывной тип водного режима) и при достаточно высокой сумме активных температур.

В отличие от дерново-карбонатных почв, в серых лесных почвах отсутствует обособленный элювиальный горизонт. Его место занимает специфический гумусово-элювиальный горизонт, имеющий комковатую, иногда плитчато-комковатую структуру.

По вопросу о генезисе серых лесных почв к настоящему времени сложились две точки зрения: одна, высказанная еще В. В. Докучаевым, признает за серыми лесными почвами изначальную самостоятельность происхождения (в результате своеобразного процесса почвообразования под травянистыми

широколиственными лесами), другая рассматривает их как различные переходные стадии (либо черноземов в дерново-подзолистые почвы, либо дерново-подзолистых почв в черноземы).

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) в отделе «Текстурно-дифференцированные почвы» выделяют два самостоятельных типа: серые и темно-серые.

В типе серые лесные выделяют следующие подтипы: серые типичные, серые со вторым гумусовым горизонтом, серые глееватые.

В типе темно-серые лесные выделяют следующие подтипы: темно-серые типичные, темно-серые со вторым гумусовым горизонтом, темно-серые глееватые.

Светло-серые лесные включены в тип дерново-подзолистых почв. Выделяют следующие подтипы: дерново-подзолистые типичные, дерново-подзолистые со вторым гумусовым горизонтом, дерново-подзолистые глееватые.

Теплые южноевропейские (теплые промерзающие) включают подтипы светло-серые лесные теплые, серые лесные теплые и темно-серые лесные теплые.

Умеренные восточноевропейские (умеренно теплые промерзающие) включают подтипы: светло-серые лесные, серые лесные и темно-серые лесные.

Холодные – западно- и среднесибирские (умеренные и умеренно холодные длительно промерзающие) включают следующие подтипы: светло-серые лесные холодные, серые лесные холодные и темно-серые лесные холодные.

Глубокопромерзающие или длительно мерзлые восточносибирские включают следующие подтипы: серые лесные глубоко промерзающие или длительно мерзлые, темно-серые лесные глубоко промерзающие или длительно мерзлые.

Для антропогенно-измененных почв выделяются подтипы: светло-серые лесные освоенные, серые лесные освоенные, темно-серые лесные освоенные, светло-серые лесные окультуренные, светло-серые лесные среднесмытые, серые лесные среднесмытые, темно-серые лесные среднесмытые.

По мировой базе данных (WRB) – Luvisols. Phaeozems.

Среди серых лесных почв наиболее распространены следующие роды: обычные, остаточно-карбонатные, контактно-луговатые, со вторым гумусовым горизонтом.

На виды серые лесные почвы разделяют: по глубине вскипания (высоковскипающие, глубоковскипающие); по мощности гумусового горизонта ($A_1 + A_1A_2$) (маломощные, среднемощные и мощные); по степени эродированности (слабосмытые, среднесмытые и сильносмытые).

По совокупности свойств светло-серые лесные почвы ближе к дерново-подзолистым почвам, а темно-серые лесные к черноземам оподзоленным. Эта двойственность выражается не только в свойствах, но и в географии серых лесных почв.

При движении с запада на восток в связи с нарастанием суровости и континентальности климата ослабляется энергия превращения органических веществ в почве, сокращается период их активного разрушения. Поэтому в том же направлении в серых лесных почвах увеличивается содержание гумуса, уменьшается мощность гумусового профиля, ослабляются признаки оподзоливания и увеличивается доля черноземов в составе почвенного покрова территории. Отмеченные признаки являются фациальной особенностью серых лесных почв.

Серые лесные глеевые почвы встречаются среди массивов серых лесных почв, на участках с повышенным увлажнением (в западинах, на шлейфах склонов, на слабодренированных плоских вороразделах), под переувлажненными лесами или влажными вторичными лугами.

В почвенном профиле серых лесных глеевых почв присутствуют охристые и сизоватые пятна марганцовисто-железистых конкреций или примазок.

В строении профиля имеют много общего с серыми лесными почвами, отличаясь от них признаками переувлажнения или оглеения, что сопровождается увеличенной мощностью гумусового горизонта с большим содержанием в нем гумуса.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) – выделяется тип темно-серых лесных глеевых почв.

В пределах типа выделяют следующие подтипы: серые лесные поверхностно-глееватые, серые лесные грунтово-глееватые, серые лесные грунтово-глеевые.

В пределах подтипов выделяют следующие роды: обычные, контактно-глеевые, высоковскипающие, со вторым гумусовым горизонтом, слитые, пестроцветные.

По мировой базе данных (WRB) – Luvisols.

Зона серых лесных почв – важный земледельческий район страны. Положительными качествами почвы считаются достаточное влагообеспечение и содержание подвижных элементов минерального питания растений.

Лимитирующим фактором плодородия почв на обширных территориях зоны является активное развитие процессов водной эрозии.

Более 75% территории лесостепи освоено под пашню. На серых лесных почвах выращивают озимые и яровые зерновые, сахарную свеклу, кукурузу, картофель, в европейской части – плодовые культуры.

6.2. Бурые лесные почвы

Бурые лесные почвы широколиственных лесов распространены в умеренно теплых и влажных приокеанских областях суббореального пояса в Западной и Средней Европе и на Дальнем Востоке.

На территории России в равнинных условиях они встречаются в Калининградской области, в Приморском крае, на юге Хабаровского края и в Амурской области.

Процесс формирования бурых лесных почв называется буроземообразованием и включает в себя дерновый и метаморфический почвообразовательные процессы.

Бурые лесные почвы диагностируются по наличию гумусового рыхлого горизонта мощностью до 10 см до 20-25 см, в окраске которого прослеживаются бурые тона.

Процесс буроземообразования протекает в теплых и влажных условиях с промывным типом водного режима. Основными элементарными почвообразовательными процессами являются гумусообразование, оглинение и лессиваж.

В качестве почвообразующих пород преобладают элювиально-делювиальные отложения, в основном каменисто-щебнистые.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) бурые лесные почвы (ржавоземы) входят в отдел «Структурно-метаморфические почвы» и в отдел «Железисто-метаморфические почвы».

Подтипы: бурые лесные грубогумусовые почвы, бурые лесные кислые, бурые лесные кислые оподзоленные, бурые лесные слабоненасыщенные, бурые лесные слабоненасыщенные оподзоленные, бурые лесные среднесмытые, бурые лесные слабосмытые.

Фациальные подтипы формируются в разных климатических условиях: теплые кратковременно-промерзающие, умеренно-теплые длительно промерзающие, умеренно-холодные промерзающие, умеренно-холодные длительно промерзающие.

Среди подтипов выделяют роды: остаточно-карбонатные, остаточно-насыщенные, ферралитизированные, вторично-дерновые.

Среди родов выделяют виды: по содержанию гумуса (многогумусные, среднегумусные, малогумусные); по степени каменистости поверхности почвы (поверхностно-каменистые, поверхностно-среднекаменистые, поверхностно-сильнокаменистые, поверхностно очень сильно каменистые); по содержанию камней в пахотном слое (некаменистые и очень слабо каменистые, слабокаменистые, среднекаменистые, сильнокаменистые); по степени каменистости профиля (поверхностно-каменистые, неглубоко-каменистые, глубоко-каменистые); по степени эродированности (слабосмытые, среднесмытые, сильносмытые).

По мировой базе данных (WRB) – Cambisols. Arenosols.

В благоприятных условиях рельефа бурые лесные почвы используются под зерновые, технические, кормовые, плодовые и овощные культуры. Набор культур и сортов определяется, в основном, теплообеспеченностью.

На Северном Кавказе бурые лесные почвы широко используются под виноградники. На Черноморском побережье Кавказа на бурых лесных почвах выращивают чай.

На луговых подбелах Приморского края выращивают сахарную свеклу, сою, рис, кукурузу и подсолнечник.

В естественном состоянии бурые лесные почвы обеспечивают высокую продуктивность лесов.

Тип подзолисто-бурые лесные почвы характеризуются четко выраженным расчленением профиля по подзолистому типу. Тип

включает следующие подтипы: подзолисто-бурые лесные ненасыщенные очень теплые периодически промерзающие, подзолисто-бурые лесные ненасыщенные очень теплые кратковременно промерзающие, подзолисто-бурые лесные ненасыщенные умеренно-теплые кратковременно промерзающие, подзолисто-бурые слабоненасыщенные очень теплые периодически промерзающие, подзолисто-бурые лесные слабоненасыщенные очень теплые кратковременно промерзающие, подзолисто-бурые лесные слабоненасыщенные умеренно теплые промерзающие, подзолисто-бурые лесные слабоненасыщенные умеренно теплые длительно промерзающие.

Среди подтипов выделяют следующие роды: обычные, ферралитизированные, контактно-глееватые, остаточно-луговые.

Виды выделяют по степени выраженности процессов поверхностного глеения: неоглеенные и слабоглееватые; по глубине залегания контактного оглеения на границе смены легкого механического состава более тяжелым: неглубоко контактно-глееватые и глубоко контактно-глееватые.

Освоенные подзолисто-бурые лесные почвы выделяются наличием пахотного горизонта, пониженным содержанием гумуса в пахотном горизонте (1-2%) и более темной окраской подпахотного горизонта.

Основными морфологическими признаками типа бурые лесные глеевые почвы являются: слабая дифференцированность профиля, наличие сизых и ржавых пятен, железисто-марганцевых стяжений и конкреций, белесой присыпки, холодные серовато-сизые тона профиля, иногда присутствие грунтовых вод.

Типовыми свойствами бурых лесных глеевых почв являются: кислая или слабокислая реакция по всему почвенному профилю, значительная гумусированность верхнего горизонта и резкое уменьшение содержания гумуса с глубиной, накопление подвижного и свободного железа в верхней части профиля, высокая насыщенность основаниями и др.

Подтипы бурых лесных глеевых почв: бурые лесные поверхностно-глееватые оподзоленные, бурые лесные поверхностно-глеевые оподзоленные, бурые лесные глееватые, бурые лесные глеевые.

Среди подтипов выделяют следующие роды: обычные, остаточно-карбонатные, ферралитизированные, галотиновые.

Распространены бурые лесные глеевые почвы в ареале бурых лесных почв, где формируются под широколиственными и хвойно-широколистными травянистыми лесами на нижних частях пологих склонов и их шлейфах.

6.3. Черноземы

Черноземные почвы формируются в лесостепной и степной зонах под травянистыми формациями при периодически промывном и непромывном водном режиме на породах, содержащих карбонаты. Они занимают 6,03% территории России и расположены от южной окраины Московской области на севере до Краснодара и Кубани на юге и от западных окраин Курской и Белгородской областей на западе до Новосибирска на востоке и далее отдельными массивами до Забайкалья.

Дерновый процесс в черноземах сочетается с целым рядом элементарных почвообразовательных процессов: элювиальных (выщелачивание, оподзоливание, лессиваж, осолодение), метаморфических (оглеение, оглинение, слитизация), гидрогенно-аккумулятивных (олуговение, засоление), иллювиально-аккумулятивных (карбонатно-иллювиальный) и др.

В строении профиля всех подтипов черноземов имеются общие признаки, характерные для черноземного типа:

- *первый признак* – в профиле черноземов выделяют мощный темноокрашенный гумусовый горизонт, мощностью 0,4-1,0 м, иногда и более;

- *второй признак* – слабая дифференциация профиля на генетические горизонты (мощный гумусовый горизонт постепенно переходит в почвообразующую породу);

- *третий признак* – наличие зернистой и зернисто-комковатой структуры в верхней части гумусового слоя, переходящей затем в крупнокомковатую в нижней части гумусового слоя.

Благодаря своим уникальным свойствам, огромным потенциальным возможностям черноземы занимают особое положение среди других типов почв.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) в отделе аккумулятивно-гумусовых почв на правах самостоятельных типов выделяют:

- черноземы глинисто-иллювиальные (тип объединил подтипы черноземов оподзоленные и выщелоченные),

- черноземы (тип объединил подтипы черноземов типичные и обыкновенные),

- черноземы текстурно-карбонатные (подтип черноземов южных).

В лесостепной зоне сформировались три подтипа черноземов, которым свойственны самостоятельные почвенные подзоны: оподзоленные, выщелоченные и типичные.

Основной ареал черноземов оподзоленных располагается в северной подзоне лесостепи, на границе с серыми лесными почвами. Почвы по морфологии и свойствам близки к серым лесным почвам.

Для чернозема оподзоленного характерно совмещение процесса интенсивного гумусонакопления и слабой элювиально-иллювиальной дифференциацией почвенного профиля под влиянием кислых растворов. Водный режим почв периодически промывной.

Черноземы оподзоленные формируются на рыхлых обычно карбонатных отложениях разного генезиса под злаково-разнотравными остепненными лугами или разреженными лиственными лесами паркового типа.

Отличительные морфологические признаки – наличие осветленной мучнисто-белой (кремнеземистой) присыпки в нижней части горизонта гумусового горизонта и в верхней части иллювиального горизонта, глубокое залегание карбонатов. Карбонатный горизонт может отсутствовать в черноземах, развитых на бескарбонатных породах.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) чернозем оподзоленный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовых почв» типу черноземы глинисто-иллювиальные. Тип делится на подтипы: типичные, оподзоленные, глееватые, гидрометаморфизированные.

По мировой базе данных (WRB) – Phaeozems. Chernozems.

Основной ареал черноземов выщелоченных располагается к северу от черноземов типичных в условиях семигумидного климата.

Они формируются на рыхлых обычно карбонатных отложениях разного генезиса под злаково-разнотравными остепненными

лугами или разреженными лиственными лесами паркового типа. Водный режим периодически промывной.

Характерным диагностическим признаком чернозема выщелоченного является наличие бескарбонатного горизонта между нижней границей гумусового горизонта и линией вскипания.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) чернозем выщелоченный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовых почв» типу черноземы глинисто-иллювиальные. Тип делится на подтипы: типичные, оподзоленные, глееватые, гидрометаморфизированные.

По мировой базе данных (WRB) – Phaeozems. Chernozems.

Фациальные подтипы черноземов глинисто-иллювиальных:

- черноземы оподзоленные очень теплые, кратковременно промерзающие; черноземы оподзоленные теплые и умеренно теплые промерзающие; черноземы оподзоленные холодные (умеренно или длительно промерзающие);

- черноземы выщелоченные очень теплые, кратковременно промерзающие; черноземы выщелоченные теплые и умеренно-теплые промерзающие, черноземы выщелоченные холодные (умеренные, длительно промерзающие).

Основной ареал черноземов типичных приурочен к южной части лесостепной зоны несколько южнее оподзоленных и выщелоченных черноземов.

Они формируются под богатыми разнотравно-злаковыми луговыми степями в условиях семиаридного климата на рыхлых, обычно карбонатных, преимущественно суглинисто-глинистых (реже супесчаных) отложениях разного генезиса. В подтипе типичного чернозема складываются наиболее благоприятные условия для проявления гумусово-аккумулятивного процесса.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) чернозем типичный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовых почв» типу черноземы. Тип делится на подтипы: сегрегационные, миграционно-мицеллярные, миграционно-сегрегационные, криогенно-мицеллярные, дисперсно-карбонатные, солонцеватые, засоленные, осолоделые, слитизированные, гидрометаморфизированные.

Фациальные подтипы черноземов типичных: черноземы типичные очень теплые, кратковременно и периодически промерзающие; черноземы типичные теплые и умеренно теплые

промерзающие; черноземы типичные холодные (умеренно промерзающие).

По мировой базе данных (WRB) – Chernozems.

Черноземы обыкновенные и черноземы южные формируются в степной зоне.

Черноземы обыкновенные распространены в северной части степной зоны.

Они сформировались под разнотравно-типчаково-ковыльной растительностью. Почвообразование происходит на лессах и лессовидных суглинках, на бурых и красно-бурых тяжелых суглинках и частично на элювии коренных пород. Водный режим непромывной, сквозное или глубокое промачивание в этих почвах бывает очень редко.

Характерной диагностической морфологической чертой чернозема обыкновенного являются наличие карбонатов в виде белоглазки, выделения гипса и водорастворимых солей.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) чернозем обыкновенный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовых почв» типу черноземы.

Тип делится на подтипы: сегрегационные, миграционно-мицеллярные, миграционно-сегрегационные, криогенно-мицеллярные, дисперсно-карбонатные, солонцеватые, засоленные, осолоделые, слитизированные, гидрометаморфизированные.

По мировой базе данных (WRB) – Chernozems.

Фациальные подтипы черноземов обыкновенных: черноземы обыкновенные очень теплые, кратковременно и периодически промерзающие; черноземы обыкновенные теплые, промерзающие; черноземы обыкновенные холодные (умеренно теплые, умеренно промерзающие); черноземы обыкновенные глубоко промерзающие и длительно мерзлотные (умеренные, длительно промерзающие).

Черноземы южные распространены южнее ареала обыкновенных черноземов.

Вследствие аридизации климата, меньшей общей продуктивности растительности, более выраженной аэробной среды здесь интенсивнее идет процесс разложения органических веществ с образованием более простых соединений. Формируются черноземы южные под типчаково-ковыльной растительностью.

Характерной диагностической чертой чернозема южного является относительно небольшая мощность гумусового горизонта

40-60 см и его темно-серая с коричневатым оттенком окраска, вскипание в пределах гумусового горизонта.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) чернозем обыкновенный соответствует в отделе «Аккумулятивно-гумусовых почв» типу черноземы структурно-карбонатные. Тип делится на подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, осолоделые, гидрометаморфизированные.

По мировой базе данных (WRB) – Chernozems.

Фациальные подтипы черноземов южных: черноземы южные очень теплые, кратковременно и периодически промерзающие; черноземы южные теплые промерзающие; черноземы южные холодные (умеренно теплые, умеренно промерзающие); черноземы южные глубоко промерзающие (умеренные длительно промерзающие).

Внутри подтипов черноземов выделяют роды: обычные, слабодифференцированные, глубоковскипающие, бескарбонатные, карбонатные, солонцеватые, осолоделые, слитые, неполноразвитые, глубинно-глееватые, щельные.

Роды черноземов делятся на виды: по мощности гумусового горизонта; по содержанию гумуса в горизонте А, по степени выраженности сопутствующего процесса, по степени эродированности.

Лугово-черноземные почвы известны также под названием черноземовидные почвы западин, темноцветные почвы, долинные почвы.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) лугово-черноземные почвы не выделяются как самостоятельный тип. Подтип луговато-черноземные почвы выделяется на правах подтипа в типе черноземов глинисто-иллювиальных, а подтип лугово-черноземные почвы на правах подтипа в типах черноземов и черноземов текстурно-карбонатных.

По мировой базе данных (WRB) – Chernozems.

В лесостепной и степной зонах среди черноземов и лугово-черноземных почв встречается гидроморфный тип – луговые почвы.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) в отделе гидрометаморфических почв на правах типа выделяют гумусово-гидрометаморфический тип, который в основном соответствует типу луговых почв.

По мировой базе данных (WRB) – Gleysols. Phaeozems.

Луговые почвы плодородны, используются под сенокосы, посевы зерновых и овощных культур.

Черноземы – почвы наиболее высокого потенциального плодородия. На черноземных почвах выращивают зерновые, технические, масличные, плодовые культуры, в том числе виноград.

Оптимизация структуры посевных площадей, формирование севооборотов производят с учетом сохранения почвенного плодородия и получения высоких урожаев хорошего качества.

Контрольные вопросы

1. Какие почвообразовательные процессы формируют профиль серых лесных почв?
2. Перечислите особенности формирования бурых лесных почв.
3. Классификация серых и бурых лесных почв.
4. Агрономическая оценка серых и бурых лесных почв.
5. Какие почвообразовательные процессы формируют профиль черноземных почв?
6. Классификация черноземов лесостепи.
7. Классификация черноземов степи.
8. Перечислите фациально-провинциальные особенности черноземов.
9. Назовите особенности сельскохозяйственного использования черноземов.

7. Почвы зоны сухих степей и полупустынь

Зона сухих степей (занимает 1,3% территории России) на севере граничит с южными черноземами степной зоны, а на юге с зоной полупустынь. Сухие степи образуют географически обширную зону на территории России – от Прикавказья до Алтая и отдельными массивами распространены в Средней Сибири и Забайкалье.

Основной зональный тип почв – каштановые (1,07% территории России), но наряду с ними распространены засоленные и лугово-каштановые почвы.

Полупустынная зона (0,9% территории России) представляет собой переходную зону от сухих степей к полупустыням и начинается в Прикаспийской низменности (Республика Калмыкия, Астраханская область) и отдельными пятнами распространяется далее на восток до Монголии.

Зональным типом являются бурые полупустынные почвы, сходные по условиям почвообразования со светло-каштановыми почвами.

7.1. Каштановые почвы

Каштановые почвы располагаются почти исключительно в Северном полушарии. В Евразии они образуют полосу южнее черноземной зоны, в Северной Америке – западнее черноземной зоны на более высоких абсолютных отметках.

В географическом аспекте каштановые почвы сменяют черноземы при движении на юг, т.е. они граничат с подтипом чернозем южный. Среди каштановых почв 30% приходится на каштановые солонцеватые почвы и их комплексы. Количество засоленных почв в почвенном покрове увеличивается с севера на юг.

С современных позиций генезис каштановых почв следует рассматривать как результат совокупного проявления условий почвообразования в зоне сухих степей (теория полигенезиса).

Характерными особенностями почвообразования являются: бедный растительный покров и малое ежегодное поступление растительных остатков, малое и неглубокое промачивание

почвенного профиля, наложение солонцового процесса почвообразования на дерновый процесс.

Каштановые и темно-каштановые почвы распространены на равнинах в зоне сухих степей.

Темно-каштановые почвы по «Классификации и диагностике почв России» (2004) входят в отдел «Аккумулятивно-гумусовых почв», тип – черноземы текстурно-карбонатные. Подтипы: солонцеватые, засоленные, осолоделые, гидрометаморфизированные.

Светло-каштановые и каштановые почвы по «Классификации и диагностике почв России» (2004) входят в отдел «Аккумулятивно-карбонатные малогумусовые почвы», тип – каштановые. Подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, гидрометаморфизированные, турбированные.

По мировой базе данных (WRB) – Kastanozems.

Внутри типов выделяются роды: обычные, карбонатные, осолоделые, слитые, неполноразвитые, солонцеватые, солончаковатые.

На виды каштановые почвы разделяют по мощности гумусовых горизонтов, степени солонцеватости, степени эродированности.

Каштановые и темно-каштановые почвы формируются на карбонатных лессовидных суглинках и глинах, глинисто-суглинистых элюво-делювиях коренных пород под дерновинно-злаковыми сухими степями в условиях семиаридного климата. Водный режим непромывной.

Основные почвообразовательные процессы: дерновый (гумусово-аккумулятивный), элювиально-иллювиальное перераспределение карбонатов.

Содержание гумуса в темно-каштановых почвах – 4-5%, в почвенном профиле присутствуют гипс и водорастворимые соли. Вскипание отмечается в нижней части гумусового горизонта.

Содержание гумуса в каштановых почвах – 2,5-3,5%. В почвенно-поглощающем комплексе кроме кальция и магния присутствует натрий. Вскипание также отмечается в нижней части гумусового горизонта.

Темно-каштановые и каштановые почвы достаточно плодородны, что позволяет возделывать зерновые, зернобобовые, бахчевые и другие культуры. Сдерживающим фактором получения устойчивых урожаев является недостаток влаги и комплексность почвенного покрова. На долю кормовых угодий приходится 33,7% земель сухой степи, где развито пастбищное животноводство.

Лугово-каштановые почвы – это полугидроморфные почвы. Распространены в сухостепной и полупустынной зонах среди каштановых и светло-каштановых почв.

Они образуются по понижениям рельефа (на надпойменных террасах рек, в западинах, ложбинах, в блюдцах на недренированных равнинах), где возникает дополнительное поверхностное и (или) грунтовое увлажнение (глубина грунтовых вод – 3-5 м, реже – 7 м). Водный режим характеризуется чередованием кратковременных периодов обильного увлажнения, глубоко нисходящего движения влаги и периодов иссушения верхних горизонтов с частичным капиллярно-пленочным поднятием глубинной влаги.

Повышенное увлажнение лугово-каштановых почв способствует развитию более сомкнутой и богатой по составу разнотравно-кустарниково-злаковой растительности, что приводит к формированию хорошо выраженного гумусового горизонта.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) лугово-каштановые почвы выделяются в отделе «Аккумулятивно-карбонатные малогумусовые почвы» в типе каштановых почв.

По мировой базе данных (WRB) – Kastanozems. Phaeozems.

Лугово-каштановые почвы верхних пойменных террас являются ценными земельными угодьями, используются как пастбища и сенокосы.

7.2. Бурые полупустынные почвы

Бурые полупустынные почвы формируются в полупустынной зоне Западного Прикаспия в условиях аридного климата преимущественно на песчано-супесчаных отложениях. Растительный покров изрежен, беден по видовому составу, проективное покрытие составляет 20-40%. Растительность представлена злаково-полынными сообществами.

Формирование бурых полупустынных почв происходит при взаимодействии ряда процессов: дернового, рассоления, осолонцевания-осолодения, коркообразования, оглинивания.

В результате образуются малогумусные почвы с укороченным почвенным профилем, с ярко выраженным карбонатным, гипсовым и солевым горизонтами.

В соответствии с почвенно-географическим районированием бурые полупустынные почвы формируются в одной почвенной зоне вместе со светло-каштановыми почвами.

Сходство бурых полупустынных и светло-каштановых почв проявляется в следующем:

- профили почв маломощны, почвообразование и выветривание малоинтенсивны, во всем облике почв доминируют породные признаки (они определяют цвет, сложение, структуру, особенности солевого профиля);

- почвы высококарбонатны, вскипают с поверхности или на небольшой глубине, карбонаты представлены конкреционными формами (чаще всего белоглазкой), засоление обнаруживается в пределах первого метра, в составе солей преобладают сульфаты, в почвенно-геохимическом цикле солей важную роль играет растительность;

- процесс гумусонакопления выражен слабо – содержание гумуса около 1-2%, его состав фульватный, несмотря на избыток оснований;

- в почвенном профиле выделяется три группы горизонтов (верхний гумусовый, иллювиальный уплотненный и солевой).

Различия между светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами проявляются в содержании гумуса и солонцеватости:

- более высокое содержание гумуса и более широкое отношение гуминовых и фульвокислот наблюдается в светло-каштановых почвах;

- в почвах обоих типов отмечается невысокое содержание обменного натрия, однако ярко выражена морфологическая солонцеватость;

- строение профиля бурой полупустынной почвы отличается от профиля светло-каштановой почвы присутствием слоеватого или плитчатого гумусово-элювиального горизонта мощностью в несколько сантиметров;

- наиболее резко бурые полупустынные почвы отличаются от светло-каштановых по составу растительности, которая представлена полынями, преимущественно белой полынью и солянками. Злаки и эфемеры встречаются очень редко.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) бурые полупустынные почвы входят в отдел «Аккумулятивно-

карбонатных малогумусовых почв», тип бурых. Подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные.

По мировой базе данных (WRB) – Calcisols.

Внутри подтипов выделяют следующие роды: обычные; слабодифференцированные, солончаковатые, солонцеватые, гипсоносные.

Разделение на виды проводится по степени солонцеватости, глубине, типу и степени засоления.

Бурые полупустынные почвы бедны гумусом (0,7-1,4%). Реакция среды в верхних горизонтах слабощелочная, в нижних – щелочная. Чем легче гранулометрический состав почвы, тем больше растянут по глубине почвенный профиль, но при этом уменьшается содержание гумуса, подвижных питательных элементов, емкость поглощения, глубже вымыты карбонаты и соли.

Почвенный покров полупустынной зоны комплексный. Кроме бурых полупустынных почв основными компонентами комплексов являются солонцеватые почвы, солонцы и лугово-бурые почвы.

Лугово-бурые почвы формируются среди бурых полупустынных почв по понижениям в условиях периодического переувлажнения водами поверхностного стока или грунтовыми водами.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) лугово-бурые почвы выделяются в отделе «Аккумулятивно-карбонатных малогумусных почв», тип бурых почв.

По мировой базе данных (WRB) – Calcisols.

Характерной чертой полупустынной зоны является чрезвычайная пестрота почвенного покрова. Сельскохозяйственное использование бурых полупустынных почв резко ограничивается недостатком влаги. Поэтому без орошения земледелие не имеет перспектив. При орошении в этой зоне выращивают ценные сельскохозяйственные культуры: овощи, бахчевые, плодовые и др.

Контрольные вопросы

1. Особенности условий почвообразования зоны сухих степей.
2. Классификация каштановых почв.
3. Каковы особенности формирования лугово-каштановых почв?
4. Перечислите условия почвообразования и почвы полупустынной зоны.
5. Особенности сельскохозяйственного использования каштановых и бурых полупустынных почв.

8. Засоленные почвы, солонцы и солоди

Засоленные почвы, солонцы, солоди относятся к интразональным почвам. Интразональные почвы – это почвы, не образующие самостоятельной почвенной зоны и распространенные среди зональных почв. Они сформировались при доминирующем воздействии одного или двух факторов почвообразования, которое находит отражение в морфологических показателях почв и почвенных процессах. Поэтому интразональные почвы имеют ярко выраженные особенности, отличающие их от зональных почв.

8.1. Засоленные почвы и солончаки

Засоленными называются почвы, содержащие в профиле легкорастворимые соли (бикарбонаты и карбонаты натрия, сульфаты натрия и магния, хлориды кальция, магния и натрия, нитраты кальция, магния и натрия) в токсичных для растений не галофитов количествах.

Они распространены в лесостепной, степной, сухостепной, полупустынной зонах.

Формирование засоленных почв связано с накоплением солей в грунтовых водах и породах и с условиями, способствующими их аккумуляции в почвах (высокая испаряемость, отрицательные формы рельефа, минерализация грунтовых вод и др.).

Основными источниками образования солей являются:

- горные породы – высвобождают соли в процессе выветривания. В мировой океан поступает до 3 млрд т водорастворимых солей, в бессточные области континентов – до 1 млрд т солей в год. Особенно много высвобождается солей из осадочных морских и озерных соленосных отложений;

- продукты извержения вулканов, содержащие хлор и серу, углекислый газ и др., переходящие в хлориды и сульфаты;

- эоловый перенос солей с морей и океанов, соленых озер, лагун и др. (может составлять от 2 до 20 т/км^2);

- атмосферные осадки – содержание солей в них колеблется от 20-30 до 300-400 мг/л в приморских районах;

- грунтовые воды (в засушливых районах, как правило, засолены). При выпотном типе водного режима они становятся

непосредственным источником засоления. Сезонный приток солей за счет испарения минерализованных грунтовых вод может достигать 500-1000 т/га;

- оросительные воды, которые часто являются источником вторичного засоления почв при плохой дренированности территории;

- растительность в аридных районах. Имеет мощную корневую систему, которая перекачивает соли из более глубоких слоев в верхние слои почвы.

К группе засоленных почв относятся как самостоятельные типы почв – солончаки, так и солончаковатые и засоленные почвы (слабо, средне, сильно), которые не являются самостоятельным типом, а выделяются на родовом уровне в различных типах почв: черноземах, каштановых, аллювиальных и т. д.

Солончаки – почвы, содержащие большое количество легкорастворимых солей с поверхности и по всему профилю. В зависимости от химизма засоления в верхнем горизонте солончаков соли составляют 0,5-3% и более.

При содовом засолении к солончакам относятся почвы с содержанием солей более 0,5-0,6%, при хлоридном – более 0,7-0,8% и при сульфатном – более 1,4%.

Верхний предел содержания солей в солончаках варьирует в широком диапазоне – от 1-3% в лесостепной и степной зонах, до 8-10% в сухих степях и до 20-30% в пустынях.

Накопление солей в верхних горизонтах почв при выпотном или периодически выпотном водном режиме составляет сущность солончакового процесса.

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) солончаки входят в отдел «Галоморфные почвы» в качестве типов: солончаки, солончаки глеевые, солончаки сульфидные (соровые), солончаки темные, солончаки торфяные, солончаки вторичные.

Тип солончаки делится на подтипы: солончаки типичные, солончаки такыровидные, солончаки солонцеватые, солончаки слабодифференцированные (литогенные).

Тип солончаки глеевые включает одни подтип солончаки глеевые типичные.

Тип сульфидные (соровые) включает один подтип солончаки соровые типичные.

Тип солончаки темные включает подтипы: солончаки темные типичные, солончаки темные солонцеватые, солончаки темные омергеленные.

Тип солончаки торфяные включает один подтип солончаки торфяные типичные.

Тип солончаки вторичные включает подтипы: солончаки вторичные по черноземам, солончаки вторичные по каштановым почвам, солончаки вторичные по солонцам.

На роды солончаки делят по составу солей в профиле и грунтовых водах, а также по строению и водопроницаемости почв, почвообразующих и подстилающих пород.

На виды – по характеру распределения солей по профилю, по морфологии поверхностного горизонта.

По мировой базе данных (WRB) – Solonchaks.

Наличие в почве значительного количества легкорастворимых солей вызывает коагуляцию всех почвенных коллоидов, вследствие чего алюмосиликатная часть почвы остается инертной и никаким превращениям не подвергается.

Количество гумуса в верхнем горизонте не превышает 1-2%. Если солончаки образовались при засолении луговых почв, то содержание гумуса может достигать 5% и более. В солончаках наряду с легкорастворимыми солями содержатся гипс и карбонаты.

Большие площади солончаков не используются в сельском хозяйстве без мелиорации или используются как сенокосы и пастбища. Хорошими освоителями засоленных почв во время мелиоративных работ являются люцерна, ячмень, просо, пшеница.

8.2. Солонцы

Солонцы – это почвы, содержащие в поглощенном состоянии повышенное количество обменного натрия в иллювиальном горизонте (более 15% от ЕКО) или обменного магния (более 40%) при меньшем, чем 15% содержании обменного натрия.

Солонцы встречаются в лесостепной, степной и полупустынной зонах. Формируются на равнинах в условиях непромывного водного режима, а также на террасах рек и озер и в повышениях рельефа при дополнительном поверхностном или грунтовом увлажнении.

Почвообразующие породы разнообразны по гранулометрическому составу – рыхлые отложения, содержащие карбонаты, гипс, а часто и легкорастворимые соли.

Растительность представлена сообществами специфической солонцовой флоры, которая активно накапливает щелочные и щелочноземельные элементы, тем самым поддерживая солонцовый процесс. Поверхность солонцов часто покрыта водорослями и лишайниками.

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) в отделе «Щелочно-глинисто-дифференцированные почвы» выделяют типы: солонцы темные, солонцы светлые, солонцы гидрометаморфические темные, солонцы гидрометаморфические светлые.

Тип солонцы темные делится на подтипы: солонцы темные типичные, солонцы темные гидрометеморфизированные, солонцы темные турбированные.

Тип солонцы светлые делится на подтипы: солонцы светлые типичные, солонцы светлые гидрометаморфизированные, солонцы светлые турбированные.

Тип солонцы гидрометаморфические темные делится на подтипы: солонцы гидрометаморфические темные типичные, солонцы гидрометаморфические темные турбированные.

Тип солонцы гидрометаморфические светлые делится на подтипы: солонцы гидрометаморфические светлые типичные, солонцы гидрометаморфические светлые турбированные.

Для выделения родов солонцов применяют характеристики солевого профиля по ряду показателей: по глубине залегания; по химизму (типу) засоления; по степени засоления; по глубине залегания карбонатов и гипса.

Разделение на виды производится по мощности надсолонцового горизонта А, по содержанию обменного натрия в горизонте B_1, по структуре горизонта B_1.

По мировой базе данных (WRB) – Solonetz.

Характерной особенностью гранулометрического состава солонцов является дифференциация по профилю содержания илистой фракции, максимальное количество которой приурочено к солонцовому горизонту. Содержание гумуса – 1,5-3,0%.

Реакция среды в большей части почвенного профиля щелочная, в надсолонцовом горизонте может быть нейтральной.

Содержание карбонатов, гипса и легкорастворимых солей закономерно увеличивается вниз по профилю почвы.

Солонцы характеризуются плохими водно-физическими свойствами: высокой вязкостью, набуханием, твердостью, низкой пористостью, водонепроницаемостью, небольшим количеством физиологически доступной влаги.

Использование солонцов в земледелии возможно только после проведения мелиорации. Свойства солонцов улучшаются при применении органических и кислых минеральных удобрений.

8.3. Солоди

Солоди – гидроморфные и полугидроморфные почвы, сформировавшиеся в условиях промывного или интенсивного периодически промывного водного режима, с резко дифференцированным профилем по элювиально-иллювиальному типу.

Солоди распространены в лесостепной и степной зонах среди массивов черноземов и темно-серых лесных почв. Встречаются они и в зоне сухих и полупустынных степей среди каштановых и бурых полупустнынных почв, но везде только пятнами.

Периодическое поверхностное увлажнение – важнейшая черта формирования солодей.

Растительность имеет вид небольших изолированных групп: западинные осинники «осиновые кусты», березняки «колки», осоковые ивняки, разнотравно-злаковые луга, заболоченные луга.

Формируются солоди на разнообразных породах, но преимущественно на суглинистых, обычно карбонатных, иногда засоленных, при близком уровне грунтовых вод.

Весь профиль солодей носит более или менее ярко выраженные признаки оглеения, которое увеличивает подвижность полуторных оксидов и усиливает процесс дифференциации веществ в почвенной толще. Грунтовые воды часто стоят близко к поверхности.

Могут образовываться в результате «рассолонцевания» полугидроморфных и гидроморфных солонцов и солонцеватых почв.

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) солоди, входят в отдел «Текстурно-дифференцированные почвы» на правах следующих типов: дерново-солоди соответствуют подтипу лугово-степных солодей; дерново-солоди глеевые

соответствуют подтипу луговых солодей; солоди перегнойно-темногумусовые гидрометаморфические соответствуют подтипу лугово-болотных солодей.

Тип дерново-солоди делится на подтипы: дерново-солоди типичные, дерново-солоди глееватые, дерново-солоди гидрометаморфизированные, дерново-солоди турбированные.

Тип солоди темногумусовые делится на подтипы: солоди темногумусовые типичные, солоди темногумусовые глееватые, солоди темногумусовые гидрометаморфизированные.

Тип дерново-солоди глеевые делится на подтипы: дерново-солоди глеевые типичные, дерново-солоди глеевые турбированные.

Тип солоди перегнойно-темногумусовые гидрометаморфические делится на подтипы: солоди перегнойно-темногумусовые гидрометаморфические типичные, солоди перегнойно-темногумусовые гидрометаморфические турбированные.

Роды выделяются по характеру распределения карбонатов и водорастворимых солей: обычные, бескарбонатные и солончаковатые.

Разделение на виды проводится: по глубине осолодения (мощность горизонтов A_1+A_2), по мощности гумусового горизонта А, по содержанию гумуса.

По мировой базе данных (WRB) – Planosols. Solonetz.

Для солодей характерна резкая дифференциация профиля по химическим свойствам и физическим характеристикам. Содержание гумуса в гумусовом слое может изменяться от 1-2 до 10%.

В составе поглощенных катионов в горизонтах присутствуют кальций, магний, водород и алюминий, что обуславливает кислую реакцию среды.

В иллювиальном горизонте наряду с обменными кальцием и магнием присутствует натрий – до 10% и более от емкости катионного обмена, поэтому реакция среды в этом горизонте слабощелочная, что позволяет отличать их от дерново-подзолистых почв.

Как правило, солоди не содержат легкорастворимых солей в верхней части почвенного профиля, ниже по профилю возможны различные величины засоления в зависимости от глубины залегания и минерализации грунтовых вод.

Низкое естественное плодородие солодей затрудняет их использование, травянистые экосистемы на солодях можно

использовать как сенокосы и пастбища, а колочные леса – как источник древесины и водоохранные угодья.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам выделяют засоленные почвы?
2. Классификация солончаков.
3. Какие почвы называют солонцами? Сущность солонцового процесса.
4. Классификация солонцов.
5. Что такое солоди? Краткая характеристика.
6. Классификация солодей.
7. Сельскохозяйственное использование солончаков, солонцов, солодей.

9. Плодородие почв

9.1. Понятие о плодородии и его видах

Неоднородность биоклиматических условий в сочетании с геоморфологическим разнообразием поверхности Земли определяет сложное переплетение жизненных процессов и явлений физического, химического и иного преобразования литосферы, формируют широкое разнообразие почв, часто резко контрастных по своему строению и качествам. Но все почвы объединяет общее свойство – плодородие.

Плодородие – основное специфическое свойство почвы, качественно отличающее ее от исходной (материнской) горной породы.

Почва является основным средством сельскохозяйственного производства, и ее значение определяется плодородием. Человек при использовании земли оценивал ее в первую очередь с точки зрения способности производить урожай сельскохозяйственных культур.

В настоящее время под *плодородием почвы* понимают способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для нормальной жизнедеятельности (ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения).

Различные растения предъявляют неодинаковые требования к почвенным условиям. Поэтому при оценке плодородия почвы по показателям ее свойств и режимов необходимо учитывать требования конкретных растений.

Различают природное и природно-экономическое плодородие почв. Первое обусловлено природными факторами почвообразования и почвенными процессами, второе является следствием естественно-антропогенного процесса почвообразования – окультуривания или деградации. Обоим категориям присущи потенциальная и эффективная формы плодородия.

Природным называется плодородие, которым обладает почва в природном состоянии без вмешательства человека. Оно формируется в результате природного почвообразовательного процесса.

В чистом виде оно присуще целинным почвам и характеризуется продуктивностью произрастающих на почве фитоценозов.

Природно-экономическое плодородие формируется в результате взаимодействия природного почвообразовательного процесса и целенаправленной человеческой деятельности. Плодородие этой категории характерно для почв агроценозов.

Потенциальное плодородие – это способность почв (ландшафтов и агроландшафтов) обеспечивать определенный урожай или продуктивность естественных сообществ в определенных климатических условиях и условиях рельефа.

Оно зависит от содержания и запасов гумуса и питательных веществ, гранулометрического и минералогического состава, реакции почвенного раствора, засоленности, солонцеватости, сложения и структурного состояния почвы, биологической активности.

Высокое потенциальное плодородие имеют, например, болотные торфяные почвы низинного типа, которые обладают значительными запасами элементов питания и способны после осушительных мелиораций обеспечить высокий урожай. Низкое потенциальное плодородие характерно для подзолистых почв и песчаных разновидностей почв других типов.

Эффективное плодородие – это часть потенциального, способность конкретной почвы, расположенной в определенных климатических условиях и условиях рельефа, обеспечивать растения всеми необходимыми факторами роста и развития.

Оно определяется воздействием на растения почвенных и других экологических факторов на фоне конкретных погодных условий при непосредственном дополнительном целенаправленном привнесении человеком факторов роста и развития растений (элементов питания, влаги).

Всякое воздействие человека на почву с целью повышения ее эффективного плодородия представляет собой в то же время и определенное воздействие на потенциальное плодородие почвы.

В агроценозах эффективное плодородие, реализуемое в виде урожая сельскохозяйственных культур, обусловлено не только естественным плодородием почв и климатическими условиями, но и уровнем интенсификации сельскохозяйственного производства, организационными факторами, социально-экономическими отношениями.

Воспроизводство плодородия создается в результате воздействия комплекса мероприятий на основные показатели почвенного плодородия.

9.2. Пути регулирования плодородия почв

В процессе почвообразования происходит постепенное накопление органического вещества в почве и возрастание ее естественного плодородия. С началом земледелия течение этих процессов нарушается и гумусное состояние почв существенно изменяется.

В зависимости от уровня применяемых технологий течение этих процессов идет в разных направлениях: деградации, окультуривания и стабилизации.

Окультуривание – улучшение природных свойств почвы посредством проведения агромелиоративных мероприятий. Окультуривание проводится для повышения плодородия дерново-подзолистых, светло-серых лесных, светло-каштановых, солонцовых и других бедных почв.

Снижение плодородия связано с тем, что для производства растениеводческой продукции расходуется органическое вещество и элементы питания почвы, ухудшаются условия водно-воздушного режима, фитосанитарное состояние, микробиологическая деятельность и т. д. Поэтому возникает необходимость управления плодородием почвы при освоении наукоемких интенсивных и точных агротехнологий в адаптивно-ландшафтных системах земледелия.

Плодородная почва должна соответствовать следующим требованиям:

- обеспечивать оптимальные условия водно-воздушного и теплового режимов;
- содержать достаточное количество усвояемых форм питательных веществ;
- трансформировать питательные вещества почвенных запасов и запасов, вносимых извне, и накапливать их;
- обладать фитосанитарным эффектом и быть относительно чистой от сорной растительности;

- быть устойчивой к различным техногенным факторам и пригодной для применения современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Учитывая различный уровень плодородия почв агроландшафтов, необходимо дифференцированно подходить к их использованию в земледелии. Для количественной оценки плодородия почвы используются агрофизические, агрохимические и биологические показатели.

К *агрофизическим* относятся: минералогический и гранулометрический состав, структура, плотность, пористость и мощность пахотного слоя.

К *агрохимическим* относятся: содержание питательных веществ, реакция почвенной среды, поглотительные свойства почвы.

Группу *биологических* показателей составляют: запасы и состав органического вещества почвы, микробиологическая активность почвенной биоты и фитосанитарное состояние почвы.

Воспроизводство плодородия почвы осуществляется по двум направлениям:

- применение удобрений, мелиорантов, пестицидов и других веществ;

- введение севооборота, промежуточных и сидеральных культур, различных приемов обработки почвы, способов посева и др.

Первое направление оказывает наиболее сильное, многообразное и длительное воздействие на плодородие почвы, а второе основано на концентрации внутренних ресурсов почвы и действует краткосрочно.

Для большинства типов почв комплексным показателем плодородия является содержание органического вещества и его качественное состояние. Поэтому основным направлением интенсификации земледелия является биологизация, направленная на обогащение почвы органическим веществом и создание условий для повышения биогенности почвы.

Во избежание начала деградации почв обязательным условием должно стать поддержание в ней такого количества органического вещества, при котором бы не ухудшалась структура почвы, не уменьшалась обеспеченность элементами питания и не наблюдалось почвоутомление. Органическое вещество оказывает большое влияние на все важнейшие показатели плодородия почвы, но особенно на агрофизические и биологические свойства.

Воспроизводство агрофизических показателей плодородия. Важнейшим показателем физического состояния плодородной почвы является структура, которая определяет благоприятное строение пахотного слоя почвы, ее водные, физико-механические и другие свойства.

Основные причины, оказывающие отрицательное действие на структуру почвы, следующие: действие сельскохозяйственных машин и орудий, дождя и ветра, нерегламентированный выпас скота, снижение кальция и магния при промывном водном режиме, разрушительная деятельность микроорганизмов, использующих органическое вещество почвы для своего питания.

К основным направлениям воспроизводства структуры почвы относятся:

- обогащение почвы органическим веществом за счет применения органических удобрений, посева многолетних трав и сидератов;
- пополнение почвенных запасов кальция и магния как структурообразователей с помощью известкования и гипсования;
- применение ресурсосберегающих технологий, в том числе сокращение числа проходов сельскохозяйственной техники по полям;
- защита почв от водной и ветровой эрозии;
- проведение орошения и осушения почв в зонах недостаточного и избыточного увлажнения;
- применение экологически безопасных структурообразователей для создания прочной структуры.

Воспроизводство агрохимических показателей плодородия. При возделывании растений в различных почвенно-климатических условиях потребность их в каждом питательном макроэлементе (азот, фосфор, калий, кальций, магний и др.) и микроэлементе (бор, железо, медь, марганец и др.) неодинаковая. Однако почти повсеместно для формирования высокого урожая сельскохозяйственных культур необходимы прежде всего азот, фосфор и калий. Основную часть питательных веществ растения усваивают из почвенного раствора.

Для воспроизводства почвенных запасов основных элементов питания наиболее существенный и реальный путь – внесение минеральных и органических удобрений, а также посевы бобовых

культур, которые благодаря азотфиксирующей способности клубеньковых бактерий могут накапливать 100-300 кг/га азота.

Для плодородия почвы и получения высоких урожаев большое значение имеет реакция почвенного раствора. Одни растения не выдерживают кислых почв (pH < 7 – люцерна, сахарная свекла и др.), другие успешно растут на слабокислой почве (гречиха, клевер и др.), у остальных оптимальная реакция почвенного раствора близка к нейтральной (pH=7). Повышенная кислотность угнетает почвенные микроорганизмы, почвенную фауну, что снижает биологическую активность почвы.

Для оптимизации почвенного раствора проводят известкование – внесение извести, которая нейтрализует органические кислоты в почве и способствует оптимизации почвенного раствора.

Для устранения щелочной реакции (pH > 7) проводят гипсование, что способствует улучшению физико-химических и биологических свойств почвы, облегчается их обработка, улучшается воздушный режим и, как следствие, усиливается микробиологическая активность и оптимизируется плодородие почвы.

Воспроизводство биологических показателей плодородия. Органическое вещество почвы образуется из отмерших остатков растений, микроорганизмов и почвенных животных, которые являются основным источником формирования плодородия почвы.

Основными причинами потерь органического вещества почвой являются: водная и ветровая эрозия почв; усиление минерализации органического вещества в результате интенсивной обработки почвы; недостаточное количество растительных остатков, поступающих в почву; усиление минерализации в результате орошения и осушения.

Важнейшим фактором воспроизводства органического вещества в пахотных почвах являются полевые культуры. По количеству органического вещества, оставляемого после уборки, полевые культуры делятся на три группы.

Первую группу составляют многолетние бобовые и мятликовые травы, оставляющие в почве наибольшее количество органического вещества.

Вторую группу представляют однолетние зерновые и зернобобовые культуры сплошного сева, оставляющие в почве значительно меньшее количество органического вещества, чем многолетние травы.

В третью группу входят пропашные культуры, которые оставляют в почве после уборки наименьшее количество органического вещества.

Способами поступления органического вещества в почву являются внесение органических удобрений (навоза, торфа, соломы, птичьего помета и др.), посев промежуточных культур и сидератов.

Одним из важных оценочных показателей плодородия почвы является ее фитосанитарное состояние, т. е. наличие в ней семян и вегетативных органов размножения сорняков, вредителей, патогенных микроорганизмов, а также токсичных веществ, выделяемых растениями и микрофлорой.

К основным мероприятиям, направленным на улучшение фитосанитарного состояния почвы, относят: чередование культур на полях, отличающихся по биологии и технологии возделывания; посев промежуточных культур; применение средств защиты растений; использование рациональной обработки почвы и др.

Воспроизводство плодородия создается в результате воздействия комплекса мероприятий на основные показатели почвенного плодородия и во многом определяется общим уровнем развития сельскохозяйственного производства.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «плодородие почв».
2. Расскажите о видах плодородия почв.
3. Какие требования предъявляются к плодородным почвам?
4. Назовите группы свойств почв, определяющие плодородие.
5. Расскажите о путях регулирования плодородия почв.

10. Деградация почв и ландшафтов

10.1. Экологические функции почвы

Почва (почвенный покров) выполняет многообразные экологические функции. Их можно объединить в три группы.

Первая – экологические функции почвы как среды обитания высших растений, микроорганизмов и многочисленной почвенной фауны.

Почва для живых организмов является жилищем, источником элементов питания (для многих и воды) и энергии. Эти функции почвы обусловлены ее физическими, физико-химическими свойствами, химическим составом и определяются показателями и параметрами ее состава и свойств. Интегральным показателем оценки этой группы экологических функций почвы является уровень ее плодородия. В обобщенном виде данная группа экологических функций представлена в таблице 11.

Таблица 11

Функции почвы как среды существования и эволюции организмов (по Г. В. Добровольскому и Е. Д. Никитину)

Обусловленные физическими свойствами	Обусловленные химическими свойствами	Обусловленные физико-химическими свойствами	Биогеоценотические функции	
			информационные	целостные
Жизненное пространство Жилище и убежище Механическая опора Депо семян и других зачатков Депо влаги	Источник элементов питания Депо элементов питания и энергии Стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов	Сорбция веществ, поступающих из атмосферы (в том числе с удобрениями и другими средствами химизации) и с грунтовыми водами Сорбция микроорганизмов Формирование щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий	Сигнал для ряда сезонных и других процессов Регуляция численности, состава и структуры биоценозов Пусковой механизм некоторых сукцессий «Память» биогеоценозов	Аккумуляция и трансформация веществ и энергии, находящихся в биогеоценозе и поступающих в него Санитарная функция Буферный и защитный биогеоценотический экран

Вторая группа экологических функций почвы связана с процессами миграции и аккумуляции веществ в сопряженных ландшафтах и отдельных их участках в соответствии с рельефом местности. Эта группа функций, с одной стороны, определяется составом и свойствами конкретной почвы, т. е. первой группой ее экологических функций, а с другой – литолого-геоморфологическими условиями, характеризующими ее как компонент сопряженных ландшафтов.

Для одних условий рельефа (водоразделы, холмы, бугры, увалы ит. п.) характерны элювиальные процессы, т. е. процессы выноса веществ под влиянием нисходящих токов воды, для других (склоновые формы рельефа) наряду с выносом веществ свойственны процессы транспортировки их в виде жидкого и твердого стока и для третьих (речные долины, приозерные котловины, водоемы и т. п.) характерна аккумуляция веществ, приносимых с водораздельных и склоновых территорий. Эта общая закономерность миграции и аккумуляции веществ в ландшафтах определяет понятие *геохимического ландшафта* – территории, включающей в себя водораздельные участки, склоны и местные депрессии.

В пределах такого единого геохимического ландшафта выделяют *элементарные геохимические ландшафты* (ЭГЛ), т. е. участки с преобладанием определенной качественной направленности процессов миграции и аккумуляции веществ: преобладание выноса (элювиальных процессов), транспортировки (транзита) мигрирующих веществ и господства процессов их аккумуляции.

Различают следующие основные элементарные геохимические ландшафты:

Элювиальные ЭГЛ – участки, занимающие повышенное положение, занятые преимущественно зональными почвами; в условиях влажного климата преобладает промывной водный режим. Привнос веществ в почву возможен только за счет атмосферной пыли и осадков, биологического круговорота и антропогенного воздействия (внесение удобрений, мелиорантов, пестицидов и т.д.).

Транзитные ЭГЛ – склоновые формы рельефа, для которых характерен перенос (транзит) мигрирующих веществ вместе с внутрипочвенным и поверхностным стоками.

Они могут подразделяться на *трансэлювиальные* ЭГЛ – верхние части склонов, где наряду с транзитом веществ еще отчетливо

выражены элювиальные процессы, и *трансаккумулятивные* ЭГЛ – нижние части склонов, где наблюдается затухание поверхностного и внутрипочвен- ного переносов веществ и проявляется их аккумуляция.

Аккумулятивные ЭГЛ – поймы рек, приозерные котловины, долины, водоемы. Здесь аккумулируется большая часть веществ, мигрирующих с водораздельных и склоновых территорий.

Аккумулятивные ландшафты подразделяют на *субаквальные* (гидроморфные) – поймы, долины, котловины и т. д. и *аквальные* – водоемы.

На пути миграции вещества могут прекращать свое движение и накапливаться в профиле исходной почвы (почвообразующей породе) или другой почвы сопряженного ландшафта.

Такие изменения в превращении веществ при их миграции могут быть обусловлены различными причинами: поглощением живыми организмами, изменением физико-химических условий среды (реакции, сорбционных свойств почвогрунтовой толщи), химического состава пород и растворов, физических условий миграции.

Зоны почвенно-грунтовой толщи, в которых происходит резкое изменение интенсивности миграции веществ и, как следствие, их аккумуляция, называют *геохимическими барьерами*.

В зависимости от природы явлений, вызывающих аккумуляцию веществ на геохимических барьерах, различают три их типа (по А. И. Перельману).

Биологические барьеры, обусловленные поглощением организмами и гумусовыми веществами различных элементов. Яркой формой проявления биогеохимических барьеров является избирательное поглощение биофильных элементов растениями.

Физико-химические барьеры выявляются в зависимости от главного фактора, обусловливающего аккумуляцию мигрирующих веществ. Они подразделяются на следующие классы: окислительный, восстановительный, сульфидный и карбонатный, щелочной, кислотный, испарительный, адсорбционный и термодинамический.

Примером аккумуляции веществ на окислительном барьере является формирование железистых и железомарганцевых горизонтов на контактах глеевых вод с водами, обогащенными кислородом, или при их поступлении в хорошо аэрируемые горизонты.

В местах смены кислых вод щелочными (щелочной барьер) происходит накопление помимо кальция и магния многих тяжелых металлов (никеля, свинца, кадмия, цинка, стронция и др.).

С испарительным барьером, возникающим на участках сильного испарения почвенно-грунтовых вод, связано осаждение солей многих элементов (кальций, натрий, магний, хлор, стронций, цинк, свинец и др.).

Адсорбционные барьеры обусловлены появлением на путях миграции участков (горизонтов, слоев), обогащенных веществами с повышенной сорбционной способностью (монтмориллонитовые глины, торф, глинистые прослойки в песках и т. д.).

Термодинамические барьеры обусловлены возникновением на участках резкого изменения температуры или давления, с которыми тесно связан газовый режим вод. С действием этого барьера связано, в частности, широко распространенное накопление карбонатов кальция при перемещении растворов $Ca(HCO_3)_2$ из холодных слоев в теплые с выпадением при этом $CaCO_3$ в результате потери CO_2.

Механические барьеры – обусловлены изменением скорости движения вод (или воздуха), что, в свою очередь, связано с плотностью сложения, пористостью и факторами, их определяющими (гранулометрический состав, структура и др.).

В природных условиях выпадение веществ (элементов) очень часто связано с возникновением на пути движения растворов не одного, а нескольких геохимических барьеров. В этом случае такие комплексные барьеры называют по совокупности совмещающихся барьеров (кислородно-термодинамический, сорбционно-окислительный и т. д.).

Третья группа экологических функций почвы (почвенного покрова) объединена в понятие «глобальные (общепланетарные) функции». Почвенный покров тесно взаимосвязан с основными сферами Земли – литосферой, атмосферой, гидросферой и биосферой. При этом он оказывает огромное влияние на их состав, свойства и функционирование. Это влияние и определяет чрезвычайно важные общепланетарные функции почвенного покрова. Они обобщены в таблице 12, из которой видно, как велика роль почвенного покрова в жизни нашей планеты, в поддержании сложившегося равновесия между сферами земного шара, столь

необходимого для существования человека и вообще жизни во всех формах ее проявления.

Таблица 12

Глобальные функции почв (педосферы)
(по Г. В. Добровольскому и Е. Д. Никитину)

Сфера влияния			
Литосфера	Гидросфера	Атмосфера	Биосфера в целом
Биохимическое преобразование верхних слоев литосферы	Трансформация поверхностных вод в грунтовые	Поглощение и отражение солнечной радиации	Среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши
Источник вещества для образования минералов, пород, полезных ископаемых		Регулирование влагооборота атмосферы	Связующее звено биологического и геологического круговоротов веществ
Передача аккумулированной солнечной энергии в глубокие слои атмосферы	Участие в формировании речного стока	Источник твердого вещества и микроорганизмов, поступающих в атмосферу	
	Фактор биопродуктивности водоемов за счет приносимых почвенных соединений	Поглощение и удержание некоторых газов, от ухода в космическое пространство	Защитный барьер и условие нормального функционирования биосферы
Защита литосферы от чрезмерной эрозии и условие ее нормального развития	Сорбционный, защищающий от загрязнения барьер акваторий	Регулирование газового режима атмосферы	Фактор биологической эволюции

Под воздействием хозяйственной деятельности человека изменяются состав, свойства и режимы, уровень плодородия почв, что существенно влияет на их экологические функции.

10.2. Причины деградации почв и ландшафтов

В результате хозяйственной деятельности почва часто теряет свое плодородие, деградирует и даже полностью разрушается. Это происходит когда, деятельность человека является

нерациональной и экологически необоснованной.

Деградация почв – устойчивое ухудшение свойств почвы и связанное с этим сокращение или утрата экологических и производительных функций.

Деградация и полное разрушение почвы могут происходить как в результате природных явлений (извержение вулканов, ураганы, природное изменение условий почвообразования и др.), так и в результате нерациональной хозяйственной деятельности человека. Как правило, она развивается при совместном действии обоих факторов, при этом антропогенное влияние создает предпосылки для активизации природных воздействий.

Причина деградации – несоответствие антропогенных воздействий генетическим особенностям, свойствам и режимам почв, условиям естественного формирования ландшафтов.

Деградационные процессы в почве в зависимости от форм их проявления разделяют на три категории: физическую, химическую и биологическую деградации почв.

Физическая деградация – плоскостной смыв и линейный размыв, дефляция, расчленение территории оврагами, выход на поверхность почвообразующих пород, усиление контрастности почвенного покрова, увеличение площади подвижных песков, заиливание водоемов и др.

Физическая деградация включает процессы водной и воздушной эрозии, потерю почвой структуры и ее переуплотнение, ухудшение физических и водно-физических свойств, воздушного режима почвы.

Химическая деградация – ухудшение химических свойств почвы, уменьшение запасов элементов питания, вторичное засоление и осолонцевание, подкисление и загрязнение пестицидами, нефтью и другими загрязняющими веществами.

Биологическая деградация – сокращения видового разнообразия и полная потеря растительного покрова, уменьшение численности полезных почвенных организмов и увеличение патогенных микроорганизмов, дегумификация почв и почвоутомление и др.

Эти три категории деградации взаимно влияют друг на друга и могут проявляться в различной степени – от очень слабой до очень сильной.

Если рассматривать деградационные процессы почвы, которая является компонентом агроландшафта, необходимо в контексте с

деградационными процессами агроландшафтов, то выделяют следующие виды деградации почв.

Геохимическая деградация – ослабление биологического и усиление геологического круговорота веществ, повышение минерализации поверхностных и грунтовых вод, засоление территории, загрязнение поверхностных вод и воздуха и др.

Гидрогеологическая деградация – подтопление и заболачивание вследствие подъема грунтовых вод, формирование полугидроморфных и гидроморфных почв (почвы повышенного увлажнения) и связанное с этим увеличение неоднородности почвенного покрова.

Гидрологическая деградация – иссушение территории вследствие усиления поверхностного стока, уменьшение запасов поверхностных вод, затопление.

Деградационные процессы оцениваются следующими показателями:

- степенью деградации, т. е. отклонение параметров деградированной почвы от недеградированной;

- интенсивностью деградации, т. е. скоростью негативных изменений за определенный промежуток времени;

- обратимостью деградации, т. е. возможностью восстановления свойств почвы, измененных в процессе деградации. Обратимость зависит от вида и степени деградации. Например, при подкислении почвы или почвоутомлении можно без больших затрат достичь полного восстановления оптимальных свойств почвы, а при дефляции почвы устранить последствия крайне сложно или практически невозможно.

Оценку деградации почв и агроландшафтов дают с экологических, социальных и экономических позиций. Первый подход касается изменения экологических функций агроландшафтов и почв в процессе деградации; второй связан с изменением социальных, рекреационных и медицинских характеристик, а третий основан на расчете возможных затрат на восстановление почвы до уровня оптимальной продуктивности эталона-аналога.

Таким образом, основные потери продуктивности земель и их плодородия связаны: с эрозией, с вторичным засолением орошаемых почв, затоплением и подтоплением при создании водохранилищ, с загрязнением различными вредными веществами, нарушением растительности и почв с разработкой ископаемых,

отчуждением земель под строительство населенных пунктов, промышленных предприятий, дорог и т.д.

Эрозия почв – процесс разрушения почвенного профиля под действием воды (водная эрозия) и ветра (ветровая эрозия, или дефляция).

Водная эрозия проявляется на склонах с уклоном более 1° и даже при уклоне 0,3-0,5° при стоке талых и дождевых вод.

По форме проявления различают поверхностную (плоскостную) эрозию или смыв почвы, и овражную или размыв почвы. Степень развития водной эрозии определяется природными и антропогенными факторами, к которым относится климат, рельеф, растительный покров, гранулометрический состав.

Защита почв от водной эрозии заключается в предупреждении, ликвидации очагов и прекращении процесса ее развития. Сущность мероприятий состоит в уменьшении поверхностного стока, сохранении максимального количества атмосферных осадков, переводе поверхностного стока во внутрипочвенный, в усилении противоэрозионной стойкости почв.

Ветровая эрозия (дефляция) – это разрушение почвенного покрова под действием ветра. Возникновение ветровой эрозии связано с действием воздушных потоков на частицы почвы, которые приходят в движение.

В зависимости от интенсивности и формы проявления эрозия подразделяется на местную, или повседневную, пыльные бури и выдувание почвы зимой вместе со снегом. Факторы ветровой эрозии – климат, рельеф местности, растительность, свойства почв.

Разработка принципов охраны почв от ветровой эрозии должна предусматривать создание ветроустойчивых агрегатов почвы и сохранение пожнивных остатков на ее поверхности.

Защита почв от ветровой эрозии осуществляется с помощью почвозащитных севооборотов, агротехнических и лесомелиоративных мероприятий.

Наиболее сложной формой эрозионных процессов является *совместная* эрозия – одновременное проявление водной и ветровой эрозии. Совместная эрозия может проявляться при одновременном сочетании следующих факторов: переувлажнение почвы-сток воды-смыв; размыв-иссушение-распыление-выдувание.

Промышленная эрозия почв – это разрушение почвенного покрова промышленной деятельностью человека.

Добыча полезных ископаемых открытым способом сопровождается образованием карьеров, отвалов, терриконов, которые нарушают растительный и почвенный покровы, гидрологический и гидрохимический режимы территории.

Подземная добыча полезных ископаемых со временем приводит к развитию просадочных явлений, изменению рельефа и гидрологического режима территории.

Добыча нефти ведет к загрязнению почвы сырой нефтью, нефтяными водами, пластовыми водами.

Промышленное и гражданское строительство, сооружение линий электропередач, дорожное строительство сопровождается полным разрушением почвенного покрова и бессрочным изъятием земель.

Нарушенные в результате промышленной эрозии земли подлежат рекультивации. *Рекультивация земель* – это комплекс мероприятий по восстановлению и оптимизации нарушенных ландшафтов. Она включает комплекс горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных и инженерно-строительных работ, направленных на восстановление нарушенного плодородия почв.

Процессы *вторичного засоления*, *осолонцевания* и *слитизации* почв возникают на орошаемых землях при нарушении правил эксплуатации мелиоративных систем.

Вторичное засоление – это засоление почвы при орошении ее минерализованными водами или пресными водами в результате подъема уровня минерализованных грунтовых вод.

Вторичное осолонцевание – это комплекс процессов, вызванных содовым засолением, что приводит к подщелачиванию почвенного раствора, увеличению содержания натрия в составе поглощенных катионов, повышению мобильности органического вещества, ухудшению водно-физических свойств почвы и прежде всего структуры.

Вторичная слитизация – это ухудшение структуры почвы вследствие содового засоления. Слитизация ведет к понижению содержания доступной для растений влаги, к ухудшению воздухообмена, затруднению обработки почвы, промывки от солей и др.

Охрана почв от избыточного орошения и вторичного засоления включает следующие мероприятия: создание закрытой сети каналов, включающей инфильтрацию; создание дренажной сети, не допускающей подъема уровня грунтовых вод; капитальные

промывки засоленных почв для удаления солей из корнеобитаемого слоя и др.

Охрана почв от содового засоления и слитости включает следующие мероприятия: химическая мелиорация (гипсование); применение физиологически кислых и кальцийсодержащих удобрений; включение в севооборот многолетних трав; рациональное водопользование, исключающее затопление, подтопление и иссушение почв; мониторинг водно-солевого режима орошаемых почв, их структурного состояния, содержания гумуса для предотвращения деградации орошаемых земель.

Значительным источником техногенного загрязнения является перевозка топлива, добыча и транспорт нефти, газов, сточные воды промышленных предприятий, свалки промышленных и бытовых отходов.

Нарушение технологий применения удобрений приводит к избыточному накоплению в почве не только основных элементов питания, но и различных примесей, присутствующих в минеральных удобрениях в виде солей тяжелых металлов, органических соединений и радиоактивных изотопов.

Загрязнение радионуклидами связано с атомными взрывами, авариями на атомных станциях, отходами атомной промышленности и др. Особенностью радиоактивных загрязнителей является то, что они не изменяют уровень плодородия почв, но накапливаются в урожае, в организме животных и человека. Радионуклиды сохраняются в почвах длительное время и представляют большую экологическую опасность.

Химические средства, применяемые для защиты растений от вредных организмов, в большей или меньшей степени вредны для животных и человека, причем значительная их часть отрицательно действует на полезную микрофлору и микрофауну, обитающую в почве.

Для восстановления почв, загрязненных пестицидами, необходимо: внесение высоких доз органических удобрений; внесение химических соединений, ускоряющих разложение и поглощение пестицидов; глубокая отвальная обработка почвы; проведение промывных поливов и др.

Источники поступления тяжелых металлов в почву делят: на природные (выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность и др.) и техногенные

(добыча и переработка полезных ископаемых, автотранспорт, сельское хозяйство и др.).

Очищение почв от тяжелых металлов проводят путем промывок, извлечения из почвы с помощью выращиваемых растений, внесения фосфорных минеральных удобрений, удаления верхнего загрязненного слоя и др.

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами почв происходит в результате потерь при их добыче, транспортировке и использовании.

Нефть может проникать в глубокие слои почвы, вплоть до грунтовых вод, что может приводить к полной деградации почвы. Восстановление загрязненных нефтепродуктами почв возможно путем выращивания растений, устойчивых к нефтяному загрязнению, в результате завоза незагрязненной почвы.

Почва не является естественной средой для обитания большинства патогенных (болезнетворных) организмов, но они широко распространены в почвах и способны длительное время сохраняться в них, играя значительную роль в распространении болезней. Они связаны с животным и растительным миром, могут переходить с почвенной влагой в водоемы, воздушными потоками переносится в атмосферу, вызывая различные инфекционные заболевания.

При биологическом загрязнении в почве могут сохраняться возбудители сибирской язвы, холеры, чумы, тифа, туберкулеза и других инфекционных заболеваний.

В почвах распространены патогенные бактерии и грибы, вызывающие развитие гангрены, столбняка, бутулизма, аллергических заболеваний. Поэтому почвенный покров требует постоянного мониторинга санитарно-бактериологического состояния.

Снижение почвенного плодородия связано также с переуплотнением почв тяжелыми машинами и орудиями, потерей гумуса (дегумификацией), утратой почвой структуры.

Охрана почв от разрушения и загрязнения чрезвычайно сложна и многогранна. Практическое осуществление мер по охране почв связано не только с природными особенностями, но и с социально-экономическими условиями. Поэтому успешное решение этой проблемы, особенно в масштабах целых стран, приобретает международное значение.

Непременным условием правильного землепользования является организация и систематическое проведение экологического мониторинга почв, который должен предусматривать не только слежение за динамикой свойств почв, но и периодическое картографирование почвенного покрова.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику экологических функций почвы.
2. Перечислите основные причины потери продуктивности земель.
3. Что такое деградация почв?
4. Расскажите о водной эрозии почв и ее видах.
5. Назовите особенности проявления ветровой эрозии почв и ее виды.
6. Перечислите факторы, вызывающие развитие водной и ветровой эрозии почв.
7. Назовите мероприятия по борьбе с водной и ветровой эрозией.
8. Что такое промышленная эрозия почв?
9. Охарактеризуйте виды техногенного загрязнения почв.
10. Расскажите о биологическом загрязнении почв.

11. Земельные ресурсы, их использование и охрана

11.1. Земельный кадастр и земельный фонд России

Земельные ресурсы страны представляют народное богатство. Правильное их использование невозможно без строгого научного количественного и качественного учета земель.

В соответствии с законодательными актами РФ для обеспечения рационального использования и охраны земельных ресурсов вводится Государственный земельный кадастр, содержащий совокупность достоверных и необходимых сведений о природном, хозяйственном и правовом положении земель.

Земельный кадастр включает следующие составные части:

- государственная регистрация землепользований – оформление прав пользования землей сельскохозяйственными и несельскохозяйственными землепользователями, а также гражданами;
- количественный учет земель по землепользователям и по угодьям;
- характеристика качества земель по их классам, гранулометрическому составу почв и признакам, определяющим их плодородие, а также по культурно-техническому состоянию кормовых угодий;
- бонитировка почв;
- экономическая оценка сельскохозяйственных угодий;
- земельно-кадастровые документы и материалы.

Земельный кадастр ведется на основе изучения всех земельных ресурсов страны, осуществляемого государственными землеустроительными службами.

Основными источниками сведений о земле служат различные съемки, обследования, обмеры, материалы лесо- и землеустройства. Важное значение имеют космические и аэрофотосъемки, специальные почвенные, геоботанические, геоморфологические, мелиоративные и агрохозяйственные обследования.

Материалы земельного кадастра применяются при решении многих вопросов, связанных с организацией использования и охраны земель, управлением земельным фондом страны, проведением землеустройства, мониторинга земель с установлением платности землепользования, совершением сделок с землей.

По данным государственного учета (на 01.01.2021 г.), общая площадь земельного фонда РФ составляет 1712,6 млн га, который распределяется по категориям земель. Почти две трети территории страны (65,8%) занимают земли лесного фонда (табл. 13).

Таблица 13

Распределение земельного фонда Российской Федерации по категориям земель

Категории земель	Площадь	
	млн га	%
1. Земли сельскохозяйственного назначения	380,8	22,2
2. Земли населенных пунктов	20,6	1,2
3. Земли промышленности и иного специального назначения	17,6	1,0
4. Земли особо охраняемых территорий и объектов	49,7	2,9
5. Земли лесного фонда	1127,6	65,8
6. Земли водного фонда	28,1	1,6
7. Земли запаса	88,2	5,2

Почва, как естественно-историческое тело, представляет собой основу, фундаментальную часть всех земельных угодий.

Почвенный покров земельного фонда России очень разнообразен. Почти половину площади РФ (47,5%) занимают различные почвы северных районов: тундровые глеевые (7,7%), глееподзолистые и подзолистые (12,2%), болотно-подзолистые и болотные (7,0%), мерзлотно-таежные (9,3%), дерново-подзолистые и бурые лесные (11,3%).

Несравненно меньшую площадь занимают лесостепные и степные почвы – всего 9,4%, серые лесные – 2,3%, черноземы – 6,03%, каштановые – 1,07%; полупустынные и пустынные почвы занимают 2,7%, в том числе бурые – 1,5%, солонцы, солонцовые комплексы и солончаки – 1,2%, на долю горных ландшафтов разных природных зон приходится около 33% территории России, причем преобладают в них почвы с холодным тепловым режимом.

11.2. Агропроизводственная группировка почв

Для рационального использования почв применяется метод их агропроизводственной группировки.

Агропроизводственная группировка почв – это объединение почв, близких по генетическим, агроэкологическим условиям

и агрономическим свойствам, в группы, характеризующиеся одинаковой возможностью сельскохозяйственного использования и однотипным характером мероприятий по улучшению свойств.

Различают три типа агропроизводственных групп:

- объединение почв в соответствии с требованиями отдельных культур;

- объединение почв в соответствии с требованиями экологических групп сельскохозяйственных культур или типов использования угодий;

- общие группировки почв, построенные без расчета на какие-либо определенные культуры и учитывающие оценку земель в целом, показывающие возможное рациональное использование почв.

Первые два типа группировок предполагают объединение почв по некоторым, отдельным признакам, наиболее важным для культуры или группы культур.

Третий тип группировок строится на учете общих свойств почв и возможности их использования в сельском хозяйстве под разные культуры и угодья. Учитываются также качество земель и признаки почв, ограничивающие их использование. Общие группировки – наиболее распространенный тип группировок почв.

Почвы, объединенные в одну группу, должны иметь следующие, приблизительно одинаковые показатели:

- генетическая близость почв;

- однородность геоморфологических и гидрологических условий залегания почв;

- сходство гранулометрического состава почв;

- однотипность водных, воздушных и тепловых свойств и режимов почв;

- однотипность физико-химических характеристик почв;

- сходство показателей, определяющих особенности обработки почв;

- близость свойств, определяющих мелиоративное воздействие на почву;

- однородность развития эрозионных процессов почв; наличие токсичных соединений в почвах;

- количество и качество солей в почвах.

Карта агропроизводственных группировок – основной документ, трактующий содержание почвенной карты любого землепользования. Однако для характеристики конкретных качеств

почвенного покрова составляются картограммы, оценивающие те или иные особенности почв (картограммы засоленности, каменистости, эродированности и т.д.).

11.3. Бонитировка, качественная и экономическая оценка земли

Бонитировка почв – это сравнительная оценка почв по их производительной способности (плодородию). Она проводится в баллах, по которым устанавливают, на сколько одна почва лучше или хуже другой по производительности.

Любая почва обладает определенным бонитетом, т.е. показателем качества, ее продуктивности, добротности.

Главная цель бонитировки – учет и группировка почв по природным свойствам, плодородию, оценка их продуктивности для возделывания различных культур, совершенствования сельскохозяйственного производства, специализации.

Теоретической основой бонитировке служат установленные В. В. Докучаевым законы соотношений между почвами и произрастающей на них растительностью.

Уровень плодородия почвы определяется не только ее свойствами, но и величиной урожайности возделываемой культуры. Не все свойства почвы находятся в коррелятивной связи с многолетней урожайностью сельскохозяйственных культур. Их правильный выбор является основой бонитировки почв.

Свойства почв, устойчиво коррелирующие со средней многолетней урожайностью сельскохозяйственных культур, получили название *диагностических признаков* или *оценочных показателей*.

Наиболее коррелируют с многолетней урожайностью следующие свойства почв: мощность гумусового слоя; содержание гумуса; обеспеченность основными элементами питания; емкость катионного обмена; обменная кислотность и щелочность; гранулометрический состав.

Однако для разных типов почв диагностические признаки не обязательно должны быть одноименными.

Бонитировка проводится после почвенных обследований и служит их завершающим этапом. В нашей стране используется 100-балльная оценочная шкала. Признаки лучшей по свойствам

и урожайности почвы, принятой за эталон, оценивают в 100 баллов. Иногда за 100 баллов принимается балл не самой плодородной, а самой распространенной в данном регионе почвы, а иногда зональной для данной территории почвы.

Работа по бонитировке почв состоит из нескольких последовательных и взаимосвязанных периодов: подготовительного, полевого и заключительного.

Основной задачей *подготовительного периода* является изучение литературы о почвах республики (области, края, района, хозяйства), сбор материалов по урожайности культур, установление корреляции между диагностическими признаками почв и урожайностью. В этот период составляют предварительную бонитировочную шкалу по признакам и свойствам почв, коррелирующим с урожайностью возделываемых культур на основании имеющихся литературных источников.

Для составления бонитировочных шкал по свойствам почв и по урожайности необходимы следующие исходные данные:

1. Почвенная карта и карта агропочвенного районирования территории, агрохимические карты, карты и картограммы для борьбы с водной эрозией почв и для мелиорации; почвенные отчеты с аналитическими данными, агропроизводственными группировками почв; данные о почвах и природных условиях республики, района сельскохозяйственного предприятия.

2. Климатические данные.

3. Материалы для государственной регистрации землепользователей.

4. Данные по оценке земель республики (области, края, района, хозяйства).

5. Годовые отчеты сельскохозяйственных предприятий, госсортоучастков и других хозяйств за последние 5 лет.

6. Данные многолетней урожайности на госсортоучастке с разными почвами, на опытных станциях вузов и стационарные наблюдения для уточнения бонитировочных шкал в конкретном сельскохозяйственном предприятии. Из имеющихся отчетов выписывают морфологические, агрохимические и прочие данные, которые предположительно могут быть диагностическими признаками.

Для каждого диагностического признака вычисляют бонитировочный балл. Все диагностические признаки лучшей эталонной почвы оцениваются в 100 баллов. Затем каждый из

диагностических (бонитировочных) признаков оцениваемых почв выражают в баллах по отношению к эталону по формуле:

$$Б = \frac{Пф}{Пэ} \cdot 100,$$

где *Б* – оценочный балл признака, *Пф* – фактическое значение признака, *Пэ* – эталонное значение признака.

Затем суммируют баллы диагностических признаков, делят на общее число признаков и определяют средний балл бонитета почвы по ее свойствам, используя следующую формулу:

$$Бо = \frac{\sum Б}{n},$$

где *Бо* – общий средний балл бонитета почвы, $\sum Б$ – сумма баллов по диагностическим признакам, *n* – число показателей (число диагностических признаков).

Затем составляют предварительную бонитировочную шкалу области (района, хозяйства) по свойствам почв.

На следующем этапе составляют бонитировочную шкалу по урожайности культур и устанавливают коррелятивную связь между диагностическими признаками почв и средней многолетней урожайностью. Балл по урожайности вычисляют по формуле:

$$Бу = \frac{Уф}{Уэ} \cdot 100,$$

где *Бу* – балл почвы по урожайности; *Уф* – фактическая урожайность, ц/га; *Уэ* – максимальная урожайность, принятая за эталон, ц/га.

Наличие коррелятивной связи между баллами по свойствам и урожайности соответствующих почв свидетельствует о том, что бонитировочная шкала по свойствам почв составлена правильно, а взятые в качестве диагностических признаков свойства почв выбраны правильно.

Полевой период бонитировки почв заключается в уточнении и проверке в опытном порядке в типичных условиях правильности составленной в календарный период республиканской, областной, районной, хозяйственной бонитировочной шкалы, сборе недостающих материалов и бонитировке малораспространенных почв и почв, встречающихся в комплексах и сочетаниях.

Заключительный, камерально-аналитический период устанавливает правильность составленной для республики (области, края,

района, хозяйства) предварительной бонитировочной шкалы и окончательной бонитировочной шкалы почв.

Для этого по каждому хозяйству вычисляется средневзвешенный балл бонитета почвы по формуле:

$$Бс = \frac{S_1 \cdot Б_1 + S_2 \cdot Б_2 + \ldots + S_n \cdot Б_n}{S_1 + S_2 + \ldots + S_n},$$

где $Бс$ – средневзвешенный оценочный балл; $S_1, S_2, \ldots S_n$ – площадь почв каждой разновидности, га; $Б_1, Б_2, \ldots Б_n$ – бонитет для каждой разновидности почв.

Затем определяют средневзвешенный балл бонитета этой же пашни ($Бу$) на основе многолетней средней урожайности культуры по формуле:

$$Бу = \frac{S_1 \cdot d_1 + S_2 \cdot d_2 + \ldots + S_n \cdot d_n}{S_1 + S_2 + \ldots + S_n},$$

где $Бу$ – средневзвешенный оценочный балл; $S_1, S_2, \ldots S_n$ – площади почв, составляющих пашню, га; $d_1, d_2, \ldots d_n$ – баллы бонитета почв по урожайности.

Расхождение в баллах пашни, вычисленное по свойствам почвы и урожайности культур, допускается не более 10%. В случае различий устанавливают причины расхождения.

Специфические свойства почвы: щебневатость, смытость, солонцеватость и др. учитываются с помощью поправочных коэффициентов.

Качественная оценка характеризует земельный участок не только по его почвам, но и по природным условиям (количество осадков, рельеф, мелкоконтурность, экспозиция склона и т. п.). Она позволяет установить степень влияния конкретных условий (каждого в отдельности и в сумме) на уровень сельскохозяйственного производства и урожай возделываемых культур. Она дает сравнительную характеристику в баллах биологической продуктивности всей совокупности природных факторов конкретного ландшафта.

Если участок с выровненным рельефом и сходными агроклиматическими условиями, то качественная оценка земель сужается по содержанию до бонитировки почв.

Объектом качественной оценки является сравнительно однородный по свойствам земельный участок. От соседних участков он должен отличаться хотя бы одним признаком, оказывающим

существенное влияние на сельскохозяйственное производство (вид или разновидность почвы, экспозиция склона, степень эродированности и т. п.). Влияние отдельных факторов учитывается путем использования поправочных коэффициентов.

Для качественной оценки земель используют данные по средневзвешенному бонитету с введением поправочных коэффициентов, учитывающих влияние природных факторов. Ее рассчитывают по формуле:

$$Бко = Бс \cdot Кгту \cdot Крф \cdot Кгд,$$

где *Бко* – балл качественной оценки земель; *Бс* – средневзвешенный балл бонитета пашни; *Кгту, Крф, Кгд* – поправочные коэффициенты на гидротермические, рельефные, гидрологические и другие природные условия.

Экономическая оценка земель – это сравнительная ценность земли как средства производства. Уровень экономического состояния сельскохозяйственного производства оказывает влияние на свойства почвы. Это проявляется в изменении эффективного плодородия почвы, которое не может быть учтено при качественной оценке земель, поскольку она дает сравнительную характеристику объектов только по их природным показателям.

Объектом экономической оценки является ее экономическое плодородие, которое зависит не только от почвы, природных условий местности, но и от количества затраченного труда и средств (уровня механизации, использование удобрений и средств защиты растений и т. д.), месторасположения (удаленности от рынков сбыта и т. д.), условий транспортировки продукции и т. д.

В качестве критериев экономической оценки земли используют следующие показатели: валовой продукт; чистый доход; окупаемость затрат.

Экономическая оценка земель осуществляется в абсолютных величинах (в денежном выражении) или в относительных показателях (баллах).

Цель экономической оценки земель – установление величины дохода, который может быть получен при вложении разных затрат труда и средств на единицу площади на землях разного качества и местоположения.

Баллы при экономической оценке земель рассчитываются по формуле:

$$Бэо = \frac{Д \cdot 100}{Д_{100}},$$

где *Бэо* – оценочный балл по валовому продукту или чистому доходу, полученный на данной почве; *Д* – валовой продукт или чистый доход в абсолютных величинах, получаемый с единицы площади оцениваемой земли (руб.); $Д_{100}$ – валовой продукт или чистый доход в абсолютных единицах с единицы площади земли, взятой за эталон и принимаемый за 100 баллов (руб.).

Экономическая оценка позволяет более полно в производственном отношении охарактеризовать качество земли.

При экономической оценке один и тот же тип почвы, находящийся в неодинаковых условиях, может получить различную оценку, а почвы, различные по происхождению, но сходные по экономическим показателям, могут иметь одинаковые оценочные баллы.

Совокупность приведенных условий позволяет объективно установить доходность земельных участков и принять решение о размерах земельного налога, регулирующих отношения собственника, владельца, пользователя или арендатора земельного участка с одной стороны и общества (государства) – с другой.

11.4. Почва в системе государственного законодательства

Проблема охраны и рационального использования природных ресурсов стала в настоящее время одной из самых насущных задач человечества.

Охрана и рациональное использование почв – это система мероприятий, направленных на защиту, улучшение и рациональное использование земель, увеличение плодородия почв и поддержание устойчивости биосферы в целом.

Почва как многофункциональная категория находит многоплановое отражение в государственном законодательстве. В меньшей степени ей уделено внимание как базовому компоненту биосферы с ее экологическими функциями, в большей – как объекту производственной деятельности в составе понятия «земля», которая рассматривается как важнейший природный ресурс, главное средство производства в сельском и лесном хозяйстве.

Конституцией Российской Федерации определено, что земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории (ст. 9). Владение, пользование и распоряжение землей и другими природными ресурсами осуществляются их собственниками свободно, если это не наносит ущерба окружающей среде (ст. 36).

Декларированные Конституцией РФ отношения в сфере использования и охраны земель развернуты в основном в земельном законодательстве, а также в природоохранительных и других законах.

Основным законодательным актом, регулирующим земельные отношения, использование и охрану земельных ресурсов, является Земельный кодекс. Этот нормативный акт устанавливает:

- полномочия государственных органов и органов местного самоуправления по регулированию земельных отношений, права собственности на землю, порядок государственной регистрации прав на землю и сделки с землей, права и обязанности собственников земли, землевладельцев, землепользователей и арендаторов, плату за землю;
- статус земель сельскохозяйственного назначения, лесного фонда, водного фонда, поселений, промышленности, транспорта, особо охраняемых территорий (природно-заповедного фонда природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения);
- защиту земельных прав;
- порядок землеустройства как системы мероприятий, направленных на реализацию земельного законодательства;
- порядок ведения земельного кадастра как государственной системы регистрации и оформления документов о правах на земельные участки, учета и оценки земель по единой системе;
- контроль за соблюдением земельного законодательства;
- охрану земель, включая: сохранение почв, восстановление и повышение их плодородия; защиту земель от водной и ветровой эрозии, селей, подтопления, заболачивания, вторичного засоления, загрязнения и других видов деградации; защиту от заражения сельскохозяйственных угодий бактериально-паразитическими и карантинными вредителями и болезнями растений; сохранение и

использование плодородного слоя почвы при проведении работ, связанных с нарушением земель;

- ответственность за нарушение земельного законодательства.

Отдельные правовые нормы, регулирующие отношения в сфере использования и охраны почв, приведены в Законе РФ «Об охране окружающей природной среды», который предусматривает:

- экологические требования, предъявляемые к источникам вредного воздействия на природные среды и объекты;

- экологические требования к качеству окружающей природной среды в целом, отдельным компонентам окружающей среды и природным объектам;

- запретительные нормы (запрет на какие-либо действия, причиняющие вред природной среде);

- обязывающие нормы (обязательность того или иного действия);

- уполномочивающие нормы (предоставление специально уполномоченным органам права на ограничение, приостановление, прекращение деятельности, привлечение к ответственности и взыскание причиненного вреда);

- поощрительные и компенсационные нормы (стимулирование природоохранной деятельности и возмещение ущерба).

Помимо этих основных документов те или иные правовые нормы использования и охраны почв отражены в законах «О недрах», «Об особо охраняемых природных территориях», «О государственном регулировании обеспечения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения», в Водном кодексе РФ и др.

Контрольные вопросы

1. Что такое земельный кадастр? Назовите его составные части.
2. Что такое бонитировка почв? Какие показатели учитывают при бонитировке?
3. Агропроизводственная группировка почв, её значение.
4. Что такое качественная оценка земли?
5. Экономическая оценка земли и её основные критерии.
6. Как решаются вопросы рационального использования и охраны почв в современном законодательстве?

Рекомендуемая литература

1. Башкатова, Л. Н. Почвоведение : учебное пособие / Л. Н. Башкатова, Н. М. Невенчанная. – СПб. : Лань, 2023. – 68 с.

2. Вальков, В. Ф. Почвоведение : учебник / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – М. : ИКЦ «МарТ» ; Ростов-на-Дону : Издательский центр «МарТ», 2004. – 496 с.

3. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение : учебник / Н. Ф. Ганжара. – М. : Агроконсалт, 2001. – 392 с.

4. Ганжара, Н. Ф. Практикум по почвоведению : учебное пособие / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов, Р. Ф. Байбеков. – М. : Агроконсалт, 2002. – 280 с.

5. Геннадиев, А. Н. География почв с основами почвоведения : учебник / А. Н. Геннадьев, М. А. Глазовская. – М. : Высшая школа, 2005. – 461 с.

6. Добровольский, Г. В. География почв : учебник / Г. В. Добровольский, И. С. Урусевская. – М. : Изд-во МГУ ; КолосС, 2004. – 460 с.

7. Жичкина, Л. Н. Почвоведение и инженерная геология : учебное пособие / Л. Н. Жичкина. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 138 с.

8. Жичкина, Л. Н. Почвоведение : учебное пособие / Л. Н. Жичкина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 203 с.

9. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение : учебник / В. И. Кирюшин. – СПб. : Квадро, 2021. – 680 с.

10. Кирюшин, В. И. Классификация почв и агроэкологическая типология земель : учебное пособие / В. И. Кирюшин. – СПб. : Лань, 2021. – 284 с.

11. Кормилицына, О. В. Почвоведение. Морфология почв. Классификация и диагностика почв бореального пояса России : учебное пособие / В. В. Бондаренко, О. В. Кормилицына. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. – 107 с.

12. Кузина, Е. Е. Почвоведение с основами геологии : учебное пособие / Е. Е. Кузина, Е. Н. Кузин, А. Н. Арефьев. – Пенза : РИО ПГАУ, 2018. – 238 с.

13. Ковриго, В. П. Почвоведение с основами геологии : учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – М. : Колос, 2000. – 416 с.

14. Курбанов, С. А. Почвоведение с основами геологии : учебное пособие / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова. – СПб. : Лань, 2022. – 288 с.

15. Наумов, В. Д. География почв (Почвы России) : учебник / В. Д. Наумов. – М. : Проспект, 2016. – 344 с.

16. Самофалова, И. А. Современные проблемы классификации почв : учебное пособие / И. А. Самофалова. – Пермь : Пермская ГСХА, 2012. – 175 с.

17. Степанова, Л. П. Почвоведение : учебное пособие / Л. П. Степанова, Е. А. Коренькова, Е. И. Степанова, Е. В. Яковлева. – СПб. : Лань, 2022. – 260 с.

18. Уваров, Г. И. Экологические функции почв : учебное пособие / Г. И. Уваров. – СПб. : Лань, 2018. – 296 с.

19. Чурагулова, З. С. Почвоведение : учебное пособие / З. С. Чурагулова. – СПб. : Лань, 2023. – 284 с.

20. Щеглов, Д. И. Процессы почвообразования : учебное пособие / Д. И. Щеглов, Л. И. Брехова. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. – 58 с.

Алфавитно-предметный указатель

Агропроизводственная группировка 158
Азот почвы 20, 42, 60, 82, 141, 142
Аллювий 25
Альбедо 85, 86
Амфолитоиды 54
Атмосфера 11, 83, 148
Ацидиоды 54
Базальтовый слой 13, 14
Базоиды 54
Биосфера 15, 60, 148
Болота 108
Бонитировка 160
Вертикальная зональность 26, 90
Вечная мерзлота 104
Влагоемкость 76, 78, 86
Водный режим почвы 80, 81, 109
Водоподъемная способность почвы 77, 78
Водопроницаемость почвы 43, 76, 77
Воздушный режим почв 84
Вторичная слитизация 152
Вторичное засоление 35, 152
Вторичное осолонцевание 152
Вторичные минералы 38, 39
Выветривание 17, 18
Гидросфера13, 15, 148
Горизонтальная зональность 90
Горные породы 17, 18
Гранитный слой 14
Гранулометрический состав 43, 78
Гуминовые кислоты 47, 48
Гумус 47, 48, 49
Деградация почв 33, 149
Делювий 23
Дефляция почв 37, 151
Емкость катионного обмена почвы 56
Загрязнение почвы 153, 154
Засоленные почвы 130
Земельный кадастр 156
Земля 11
Земная кора 13
Золь 54
Известкование 40, 63
Интразональные почвы 130
Испаряющая способность почвы 78
Качественная оценка земли 162
Калий почвы 41, 64
Кислотность почвы 58
Классификация почв 95
Коагуляция 54
Лесная подстилка 21, 45
Лесс 25
Липкость почвы 69
Литосфера 15
Мантия 14
Материнские породы 22
Морена 24
Набухание почвы 70, 71
Оглеение почвы 34
Осадочный слой 13, 14
Пластичность почвы 69
Плодородие почв 137, 138
Плотность почвы 67
Поглотительная способность почвы 55, 56, 57
Пористость почвы 68, 69
Почва 4, 5

Почвенная зона 94
Почвенная подзона 94
Почвенно-поглощающий комплекс 55
Почвенные коллоиды 53
Пролювий 23
Рельеф 20, 26
Слитизация почвы 54
Солоди 130, 134
Солонцы 130, 132
Солончаки 130
Структура почвы 71
Твердость почвы 71
Тепловой режим почвы 87, 88
Теплоемкость почвы 86
Теплопроводность почвы 86
Техногенез 18
Тропосфера 11, 12
Усадка почвы 71
Факторы почвообразования 19
Флювиогляциальные отложения 24
Формы воды в почве 74
Фосфор почвы 40, 42
Фульвокислоты 47, 48
Щелочность почвы 59
Экзогенные процессы 18
Экономическая оценка земли 163
Элювий 23
Эндогенные процессы 18
Эрозия почвы 36, 151
Ядро 11, 14, 15

Оглавление

Предисловие..... 3
1. Понятие о почве. Место почв в системе геосфер..... 4
1.1. Почва – четырехфазная система..... 4
1.2. Основные этапы развития почвоведения..... 6
1.3. Строение и состав сфер Земли..... 11
2. Происхождение почвы..... 17
2.1. Общая схема почвообразовательного процесса..... 17
2.2. Факторы почвообразования..... 19
2.3. Процессы, определяющие почвообразование..... 27
3. Состав, свойства почв, почвенные процессы и режимы..... 38
3.1. Минералогический и химический состав почвообразующих пород и почв..... 38
3.1.1. Минералогический состав почвообразующих пород и почв. 38
3.1.2.Химический состав почвообразующих пород и почв..... 40
3.1.3. Гранулометрический состав почв и его значение..... 43
3.2. Режим органического вещества почвы..... 44
3.2.1. Состав органического вещества почв..... 44
3.2.2. Состав и свойства гумусовых веществ..... 47
3.2.3. Гумусовое состояние почв зонального ряда..... 50
3.2.4. Роль органических веществ в почвообразовании, плодородии почв и питании растений..... 51
3.3. Поглотительная способность и реакция почвы..... 53
3.3.1. Состав и свойства почвенных коллоидов..... 53
3.3.2. Виды поглотительной способности почв..... 55
3.3.3. Кислотность, щелочность и буферность почвы..... 57
3.4. Режимы основных элементов питания и их регулирование..... 60
3.4.1. Азот почвы и регулирование азотного режима..... 60
3.4.2. Фосфор почвы и регулирование фосфорного режима..... 62
3.4.3. Калий почвы и регулирование калийного режима..... 64
3.4.4. Микроэлементы в почвах..... 65
3.5. Физические и физико-механические свойства почв..... 67
3.5.1. Общие физические свойства почв..... 67
3.5.2. Физико-механические свойства почв..... 69
3.5.3. Структурное состояние почвы..... 72
3.6. Вода в почве..... 74
3.6.1. Формы воды в почве..... 74
3.6.2. Водные свойства почвы..... 76
3.6.3. Водный режим почв и способы его регулирования..... 80
3.7. Газовая фаза почв..... 81

3.7.1. Состав почвенного воздуха, его динамика и оптимальные параметры..... 81
3.7.2. Воздушные свойства почв..... 83
3.7.3. Воздушный режим почв и способы его регулирования..... 84
3.8. Тепловой режим почвы и его регулирование..... 85
3.8.1. Тепловые свойства почв..... 85
3.8.2. Тепловой режим почв и приемы его регулирования..... 87
4. Закономерности распространения почв и их классификация..... 90
4.1. Главные закономерности географии почв..... 90
4.2. Почвенно-географическое районирование..... 92
4.3. Классификация почв..... 95
5. Почвы арктической, тундровой и таежно-лесной зон..... 101
5.1. Почвы арктической зоны..... 101
5.2. Почвы тундровой зоны..... 103
5.3. Почвы таежно-лесной зоны..... 106
6. Почвы лесостепной и степной зон..... 113
6.1. Серые лесные почвы..... 113
6.2. Бурые лесные почвы..... 116
6.3. Черноземы..... 119
7. Почвы зоны сухих степей и полупустынь..... 125
7.1. Каштановые почвы..... 125
7.2. Бурые полупустынные почвы..... 127
8. Засоленные почвы, солонцы, солоди..... 130
8.1. Засоленные почвы и солончаки..... 130
8.2. Солонцы..... 132
8.3. Солоди..... 134
9. Плодородие почв..... 137
9.1. Понятие о плодородии и его видах..... 137
9.2. Пути регулирования плодородия почв..... 139
10. Деградация почв и ландшафтов..... 144
10.1. Экологические функции почвы..... 144
10.2. Причины деградации почв и ландшафтов..... 148
11. Земельные ресурсы, их использование и охрана..... 156
11.1. Земельный кадастр и земельный фонд России..... 156
11.2. Агропроизводственая группировка почв..... 157
11.3. Бонитировка, качественная и экономическая оценка земли..... 159
11.4. Почва в системе государственного законодательства..... 165
Рекомендуемая литература..... 167
Алфавитно-предметный указатель..... 169

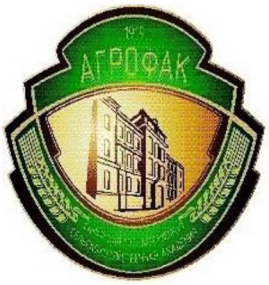
Учебное издание

Жичкина Людмила Николаевна

Почвоведение с основами геологии

Учебное пособие

Подписано в печать 20.03.2023. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 10,06, печ. л. 10,81.
Тираж 300. Заказ №38.
Отпечатано с готового оригинал-макета
в издательско-библиотечном центре Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru



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

Л. В. Киселева
О.П. Кожевникова

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2023

УДК 631(07)
ББК 41.4 Р
К-44

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Киселева, Л. В.
К-44 Общее земледелие : методические указания / Л. В. Киселева, О.П. Кожевникова – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 49 с.

Методические указания содержат теоретический материал, задания для выполнения на практических занятиях, список рекомендуемой учебной литературы, контрольные вопросы. Учебное издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство: Декоративное садоводство и ландшафтный дизайн.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Киселева Л. В., Кожевникова О.П., 2023

Предисловие

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Общее земледелие» для направления 35.03.05 Садоводство: Декоративное садоводство и ландшафтный дизайн.

Методические указания для практических занятий по дисциплине «Общее земледелие» составлены в соответствии с требованиями основной профессиональной образовательной программы подготовки студентов, обучающихся по данному направлению подготовки, а также рабочей программы дисциплины.

Целью освоения дисциплины «Общее земледелие» является формирование у студентов системы компетенций по теоретическим и практическим вопросам повышения плодородия почвы, разработки севооборотов, обработки почвы, защиты почвы от эрозии, регулирования сорного компонента агрофитоценоза с целью получения стабильных устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Учебное издание освещает вопросы земледелия и способствует формированию навыков в способах наиболее рационального использования земли: физических, биологических и химических методах повышения эффективности плодородия почвы с целью получения высоких, устойчивых, высокого качества урожаев сельскохозяйственных культур, а также формирования у них навыков и умения проведения научно-исследовательской работы в области земледелия. В методических указаниях изложены методики и техника проведения практических работ, дан перечень необходимых для их проведения материалов и оборудования. Каждая работа завершена контрольными вопросами для оценки знаний.

В издании использованы методические указания для проведения лабораторных занятий по курсу «Общее земледелие», подготовленные в разные годы профессорами Казаковым Г.И., Авраменко Р.В., доцентами Прониным И.Ф., Подскочей О.И.

Раздел 1. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Тема 1. Определение структурного состава почвы

Цель: *научиться определять структурный состав образца почвы.*

Структура почвы – это отдельности или агрегаты, на которые способна распадаться почва. Эти агрегаты состоят из связанных между собой механических элементов или мелких агрегатов.

По Н.А. Качинскому структурой почвы называется совокупность агрегатов различной величины, формы, пористости, механической прочности и водопрочности, характерных для каждой почвы и ее отдельных горизонтов.

В естественном сложении при невысокой влажности (состояние физической спелости) почва распадается на макроагрегаты и мезоагрегаты: микроагрегаты – < 0,25 мм; мезоагрегаты – 0,25…10 мм; макроагрегаты – < 10 мм. Микроагрегаты состоят из зерен минералов, соединенных между собой минеральной тонкодисперсной плазмой, сгустками органического вещества с микропорами. Они сохраняют обособленную и повторяющуюся форму. Микроагрегаты, взаимно проникая друг в друга, обусловливают прочную связь мезоагрегатов или их частей (комочков).

Структура почвы отображает совокупность процессов почвообразования и поэтому каждый почвенный тип характеризуется определенной, присущей ему структурой.

Агрономически ценной структурой называется структура, где преобладают мезоагрегаты. Все остальные почвы называются бесструктурными. Если почва сыпучая, то она называется бесструктурная раздельночастичная. Если представляет собой сплошную массу, то она называется бесструктурная массивная. Все почвы полиагрегатны.

Задание. Определить структурный состав образца почвы (задание преподавателя), сделать выводы и рекомендации по улучшению структурного состава почвы.

В зависимости от однородности полевого участка образец берется в 5-10 местах по его диагонали через равные расстояния с глубины, которая интересует исследователя (0-10, 10-20, 20-30 см и т.д.).

Взятые с одной и той же глубины образцы почвы перемешиваются, и из них составляется средний образец массой 3-5 кг, который помещается в ящик и доставляется в лабораторию. В лаборатории продолжается подготовка почвы к анализу – глыбистые отдельности разламываются по граням на комки, после чего почва доводится до воздушно-сухого состояния.

Для определения содержания структурных комочков, глыб и пыли из различных мест ящика на всю его глубину лоточком (совочком) берется почвенная проба, которая на делительной доске распределяется однородным тонким слоем высотой 1-1,5 см и делится перекрестно или по диагонали доски на четыре равные части. Затем вся почва из одного равнобедренного треугольника или прямоугольника доски с помощью шпателя переносится в предварительно взвешенную чашку и взвешивается. Если навеска почвы будет больше 250 г, то со всей глубины чашки лоточком (совочком) берется и отнимается некоторое количество почвы, если меньше 250 г, то из любого из трех треугольников или прямоугольников делительной доски прибавляется. Навеска почвы должна быть равна 250 г.

Затем навеска почвы из фарфоровой чашки переносится на колонку (набор) сит с отверстиями 10; 5; 1; 0, и 0,25 мм (колонка сит имеет также крышку и поддонник) и подвергается рассеву. Рассев почвы проводится на встряхивателе (ротаторе), для чего колонку сит с почвой, закрытую крышкой, закрепляют винтом на подвижной площадке встряхивателя и ручкой делают 35 оборотов приводного диска против часовой стрелки со скоростью 1-2 оборота в секунду.

Почвенные отдельности в соответствии с их величиной удерживаются на том или ином сите, бесструктурная пылеватая часть проходит через все сита и попадает в поддонник, а глыбистая остается на сите с отверстиями в 10 мм. Комочки, оставшиеся на каждом сите, переносятся в металлические треугольники и взвешиваются с точностью 0,01 г, вычисляется процентное содержание каждой фракции, данные записываются в таблицу 1.

Таблица 1

Структурный состав почвы, полученный методом воздушного рассева

Размеры комочков, мм	содержание фракций	
	в граммах	в %
Больше 10		
5-10		
3-5		
1-3		
0,5-1		
0,25-0,5		
Меньше 0,25		
Всего:		
В т.ч. структурных отдельностей (в сумме от 0,25 до 10 мм)		

При суммировании массы всех фракций после воздушного рассева, как правило, 250 г не получается, так как пылеватые части оседают на ситах, треугольниках, чашке, а часть их поднимается в воздух. Поэтому недостающую до 250 г массу прибавляют к пылеватой части.

На основании полученных данных вычерчивается график и, пользуясь

шкалой для оценки структурного состояния почвы, делаются краткие выводы.

Шкала для оценки структурного состояния почвы

Содержание структурных отдельностей (0,25-10 мм, %)	Структурное состояние
Более 75	Высоко структурная
60-75	Структурная
50-60	Мало структурная
Менее 50	Бесструктурная

Контрольные вопросы

1. Что понимается под структурой, структурностью, коэффициентом структуры почвы?

2. Какие размеры комочков считаются агрономически ценными?

3. Современная классификация почвенной структуры.

4. Оптимальные размеры комочков для различных почвенно-климатических зон страны.

5. Влияние структуры почвы на водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы.

6. Положительные и отрицательные факторы изменения структуры почвы.

7. Охарактеризуйте структурный состав анализируемой почвы, сделайте выводы и дайте рекомендации по улучшению структуры почвы.

Тема 2. Определение строения пахотного слоя и плотности почвы

Цель: *освоить методику определения строения и плотности сложения пахотного слоя почвы.*

Строением пахотного слоя почвы в земледелии называют соотношение объемов, занимаемых твердой фазой почвы и различными видами пор. Оно определяется взаимным расположением почвенных комочков и частиц, зависит от механического состава, структуры, времени и способов обработки почвы, а также от развития корневых систем растений и деятельности почвенной фауны. Строение пахотного слоя оказывает большое влияние на водный и воздушный режимы почвы, интенсивность биологических процессов, газообмен между почвой и атмосферой и ряд других свойств почвы.

Оптимальным для черноземных почв считается соотношение объемов твердой фазы почвы и объемов пор, соответственно, 40-45 и 55-60%. Капиллярных пор должно быть больше чем некапиллярных в 1,5-2 раза.

Плотность сложения пахотного слоя почвы (объемная масса) – масса абсолютно сухой почвы в единице объема почвы ненарушенного сложения. Единицы измерения этого показателя – г/см^3, т/м^3.

Задание. Освоить методику определения строения пахотного слоя

почвы, плотности сложения и влажности почвы. Определить значения названных показателей на имитированных полях (задание преподавателя), охарактеризовать полученные параметры с учетом требований зерновых и пропашных культур. Рекомендовать агротехнические приемы для создания оптимального сложения почвы.

Строение и плотность сложения пахотного слоя почвы можно определить с помощью метода высушивания, который заключается в следующем.

Образец почвы для определения строения пахотного слоя почвы берется при помощи бура-патрона. Нижний конец патрона сточен так, что диаметр его режущей части несколько меньше, чем всей остальной внутренней. Это позволяет вырезанному столбику почвы свободно входить в патрон при меньшей его деформации. Внутри верхней части патрона имеется нарезка, в которую ввинчивается ручка, патрон имеет верхнюю и нижнюю крышки.

Перед началом работы пронумерованные патроны с крышками взвешиваются.

На выбранном участке поля перед взятием проб с патрона снимаются верхняя и нижняя крышки, и в него ввинчивается ручка. Затем подготовленный таким образом бур-патрон, поставленный вертикально к поверхности почвы, путем вращения направо заглубляется в пахотный слой через каждые 10 см (10, 20, 30 см).

После погружения патрона в почву до кольцеобразной риски на верхней его части делают 2-3 отрывистых поворота, чтобы получился ровный срез образца почвы снизу. Затем, вращая бур-патрон вправо и приподнимая, извлекают его из почвы. Вынутый бур-патрон обтирают снаружи от приставшей почвы и надевают снизу крышку. Потом ввинчивают ручку, и если почва в патроне находится на уровне его внутренней нарезки, если ниже – замеряют фактическую высоту его и только затем закрывают. В таком виде патроны доставляют в лабораторию.

Доставленные в лабораторию патроны с взятыми образцами почвы взвешиваются.

Массу абсолютно сухой почвы в патроне можно определить прямым и косвенным способами. При прямом способе вся почва, взятая буром-патроном, высушивается в сушильном шкафу при температуре 105-110 до абсолютно-сухого состояния. Однако на высушивание всей почвы в патроне требуется много времени, поэтому массу абсолютно-сухой почвы в патроне устанавливают обычно косвенным путем. При этом весь образец почвы из патрона с помощью чистика переносится в картонную коробочку, где почва перемешивается и из нее в заранее взвешенный стаканчик берется навеска почвы массой 40-50 г. Эта навеска почвы и подвергается высушиванию, но для высушивания такого количества почвы требуется меньше времени (6-8 часов). Затем, зная массу навески до и после высушивания и массу сырой

почвы в патроне, расчетным путем устанавливается масса абсолютно-сухой почвы в патроне.

Для определения пахотного слоя почвы необходимо знать объем твердой фазы почвы. Известно, что объем тела равен его массе, деленной на его удельную массу. Удельная масса одной и той же почвы – величина относительно постоянная, мало изменяющаяся в течение нескольких лет (по данным Самарского ГАУ удельная масса чернозема обыкновенного равна 2,56 г/см^3).

Определив объем твердой фазы (объем, занимаемый абсолютно-сухой почвой), устанавливают общую скважность, под которой понимают сумму капиллярных и некапиллярных промежутков в почве. Она равна объему взятого образца минус чистый объем почвы.

При определении капиллярной скважности пользуются коэффициентом, впервые предложенным профессором В.В. Квасниковым и показывающим отношение капиллярной скважности к объему твердой фазы почвы. Для одной и той же почвы этот коэффициент – величина постоянная (по данным кафедры земледелия Самарского ГАУ для чернозема обыкновенного этот коэффициент составляет 1,05). Капиллярная скважность определяется путем умножения объема твердой фазы почвы на коэффициент Квасникова.

Зная, какой объем в общей скважности занимает капиллярная скважность, легко определить некапиллярную.

Определив объем твердой фазы и общую скважность, а также вычислив отношение капиллярной скважности к некапиллярной, устанавливают строение пахотного слоя почвы.

В ходе расчетов определяют влажность почвы и аэрацию, степень насыщения и степень аэрации.

Влажность почвы – количество влаги в почве, выраженное в процентах к массе абсолютно-сухой почвы.

Аэрация почвы – промежутки в почве, занятые воздухом.

Степень насыщения почвы – объем пустот в почве, занятый водой, выражается в процентах к общему объему пор.

Степень аэрации почвы – объем пустот в почве, занятый воздухом, выражается в процентах к общему объему пор.

По данным Самарского ГАУ, оптимальные условия водного, теплового, воздушного, пищевого режимов на обыкновенном черноземе будут складываться при соотношении воды и воздуха в общем объеме почвенных пустот 60 и 40 %.

Для оценки строения пахотного слоя почвы можно воспользоваться следующей шкалой (таблица 2):

Таблица 2

Показатели	Естественные (равновесные)	Оптимальные для культур			
		Горох	Озимая рожь, пшеница	Яровая пшеница, ячмень	Кукуруза
Плотность сложения (объемная масса), г/см^3	1,06-1,21	0,9-1,1	1,1-1,3	1,0-1,2	0,9-1,0

Все данные вносятся в таблицу 3. Принцип подсчета показателей внутри таблицы.

Таблица 3

Определение строения пахотного слоя почвы

№ п./п	Показатель	Почва №____ Стаканчик№__
1.	Высота почвы в патроне, см	
2.	Диаметр патрона, см	
3.	Объем почвы в патроне, см^3	
4.	Масса пустого патрона, г	
5.	Масса патрона с сырой почвой, г	
6.	Масса сырой почвы в патроне (стр. 5 - стр. 4), г	
7.	Масса стаканчика пустого, г	
8.	Масса стаканчика с сырой почвой, г	
9.	Масса сырой почвы в стаканчике (стр. 8 - стр. 7), г	
10.	Масса стаканчика с сухой почвой, г	
11.	Масса сухой почвы в стаканчике (стр.10 - стр. 7), г	
12.	Масса сухой почвы в патроне (стр. 6 × стр. 11 ÷ стр. 9), г	
13.	Плотность сложения (объемная масса), d (стр. 12 ÷ стр. 3), г/см^3	
14.	Масса воды в почве (стр. 6 – стр. 12), г	
15.	Влажность почвы, β (стр. 14 × 100 ÷ стр. 12), %	
16.	Объем твердой фазы почвы (удельная масса почвы), г/см^3	2,56
17.	Объем сухой почвы в патроне (чистый объем, объем твердой фазы почвы) (стр. 12 ÷ стр. 16), см^3	
18.	Коэффициент Квасникова	1,05
19.	Капиллярная скважность (стр. 17 × стр. 18), см^3	
20.	Некапиллярная скважность (стр. 3 – стр. 17 – стр. 19), см^3	
21.	**Отношение капиллярной скважности к некапиллярной** (стр. 19 ÷ стр. 20)	
22.	Общая скважность (стр. 3 – стр. 17), см^3	
23.	Аэрация почвы (стр. 22- стр. 14), см^3	
24.	**Степень насыщения** (стр. 14 × 100 ÷ стр. 22), %	
25.	**Степень аэрации** (23 × 100 ÷ стр. 22), %	

Для оценки плотности почвы по Н.А. Качинскому можно воспользоваться следующей шкалой (таблица 4):

Таблица 4

Плотность, г/см^3	Оценка
1,0	Почва вспушена или богата органическим веществом
1,0–1,1	Типичные величины для культурной или свежевспаханной пашни
1,2	Пашня уплотнена
1,3–1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4–1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов различных почв (кроме черноземов)
1,6–1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты почв

Контрольные вопросы

1. Что такое строение пахотного слоя почвы и как его определить?
2. Какое значение имеют капиллярные и некапиллярные пустоты почвы в жизни растений и плодородии почвы?
3. Как определить капиллярную скважность?
4. Оптимальное соотношение капиллярной и некапиллярной скважности в пахотном слое черноземных почв?
5. Что такое плотность сложения (объемная масса) почвы и как ее определить?

Раздел 2. СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Тема 3. Изучение сорных растений по гербарию. Меры борьбы с сорняками

Цель: *изучить и дать описание основных сорных растений региона.*

Сорняки – это растения, которые человеком не возделываются, но приспособились к произрастанию в посевах культурных растений и наносят им вред.

Засорители – это культурные растения другого вида или сорта, произрастающие в посевах других культурных растений.

Отрицательное влияние сорных растений на рост и развитие возделываемых культур является следствием многих причин:

1. Сорные растения, особенно высокостебельные (осоты) нарушают необходимый световой режим культурным растениям, снижая при этом температуру почвы на 1-4°С. что приводит к угнетению микробиологических процессов в почве, удлиняется период вегетации растений.

2. Сорные растения иссушают почву. Они расходуют в 1,5…2 раза больше воды, чем культурные растения. Имеют очень высокий транспирационный коэффициент.

3. Сорняки в гораздо больших количествах, чем культурные растения, выносят из почвы питательных веществ. Внесение минеральных удобрений на засоренных полях на 20-50 % снижает их эффективность.

4. Сорные растения являются источником распространения вредителей и болезней. Например, пырей ползучий является промежуточным хозяином ржавчины злаков, полосатой мозаики и т. д.

5. Сорные растения ухудшают условия работы почвообрабатывающих орудий и уборочных машин. При средней засоренности полевых культур производительность комбайнов снижается на 12-15%, а при сильной – более чем на 60 %. На полях, засоренных корневищными сорняками увеличивается удельное тяговое сопротивление почвы примерно в 2 раза.

6. Засоренность посевов ведет к снижению качества продукции. Уменьшается масса, выполненность зерна, ухудшаются его хлебопекарные и кормовые показатели.

7. Семена сорняков, попавшие в товарное зерно, ухудшают его качество.

8. Поедание животными некоторых видов сорняков (лютика едкого, хвоща полевого) оказывает отрицательное влияние на качество молочных и мясных продуктов.

9. Некоторые сорняки вызывают заболевания людей. Так, полынь горькая, амброзия полынолистная являются сильными аллергенами.

Таким образом, вред, причиняемый сорными растениями велик и разнообразен. Знание биологических особенностей сорных растений необходимо для разработки мер по борьбе с ними.

Многообразие сорных растений вызывает необходимость их группировки. В мире насчитывается более 1,5 тысяч видов сорняков.

В основу агробиологической классификации положено 3 признака: способ питания, способ размножения и продолжительность жизни.

По способу питания сорняки разделяют на паразитов и зеленые растения. Первые в свою очередь делятся на полных паразитов и полупаразитов. Полные паразиты могут быть разделены на стеблевые и корневые по месту прикрепления к растению-хозяину. Полупаразиты таких делений не имеют.

Сорные зеленые растения также делят на две группы. В основу этого деления положены продолжительность жизни растений, способ размножения и др. Первую группу составляют малолетники, размножающиеся семенами и плодоносящие один раз в жизни. Ко второй группе относят все многолетние растения с различными способами размножения.

Малолетние сорные растения:

Эфемеры – это сорные растения с коротким периодом вегетации, способные давать несколько поколений за год.

Ранние яровые – это сорные растения, появляющиеся на полях ранней весной (до всходов ранних яровых культур), из семян, осыпавшихся осенью

прошлого года и перезимовавших в почве. Ранние яровые заканчивают развитие до уборки культурных растений или одновременно с их созреванием и в этом же году отмирают. Запаздывание с уборкой урожая приводит к повышению засоренности почвы.

Поздние яровые – сорные растения, появляющиеся при более высоких температурах воздуха и почвы, чаще во второй половине лета. Они медленно развиваются, созревают в послеуборочный период и отмирают. Большой вред причиняют посевам сахарной свеклы, кукурузы, овощных культур.

Зимующие – сорняки, которые способны развиваться по типу яровых и озимых культур. При прорастании семян весной они ведут себя как яровые сорняки, если всходы появляются летом или осенью, они зимуют в любой фазе и заканчивают вегетацию в следующем году.

Озимые – малолетние растения, требующие для своего развития пониженных температур в условиях осенне-зимнего периода независимо от сроков прорастания семян.

Двулетние – сорные растения, которые для полного цикла своего развития требуют два года. В первый год из семян развиваются розетка листьев, корень и небольшой нецветущий побег. На второй год побег быстро развивается и растения летом дают семена.

Многолетние сорные растения

Стержнекорневые – преимущественно размножаются семенами. Вегетативное размножение идет за счет почек, которые ежегодно закладываются на корневой шейке.

Кистекорневые – сорные растения, имеющие укороченное корневище, от которого во все стороны отходят подземные и надземные побеги.

Луковичные – многолетние растения, имеющие дополнительные видоизмененные побеги для вегетативного размножения. В центре луковиц закладываются почки-деточки, которые, освобождаясь от чешуй, дают корни и развиваются в самостоятельные растения.

Клубневые – многолетние растения, образующие на корнях или подземных стеблях утолщения, которые после перезимовки дают начало новому растению.

Ползучие – многолетние растения, имеющие надземные ползучие стебли, служащие для вегетативного размножения. В узлах надземных ползучих стеблей имеются листья и почки. Из почек развиваются вегетативные побеги, образующие свою самостоятельную корневую систему.

Корневищные – многолетние сорные растения, которые имеют подземные вегетативные органы размножения – корневище, размещенное в почве на различной глубине.

Корнеотпрысковые – многолетние сорные растения с мощным глубоко уходящим вертикальным корнем и отходящими от него ярусами – боковыми

горизонтальными корнями, не имеющими узлов и чешуй. Размножаются семенами и вегетативно (корневыми отпрысками).

Изучение сорняков по гербарию является наиболее доступным методом исследования растений в лабораторных условиях и лежит в основе учета засоренности посевов в полевых условиях.

В основу данного метода положено визуальное распознавание сорных растений по внешним морфологическим признакам надземной и подземной частей сорняков:

- стебли могут быть прямостоячие, ветвистые, восходящие, лежачие, стелющиеся, голые или опушенные;
- листья могут быть простые и сложные;
- по форме пластинки простые листья могут быть округлые, эллиптические, продолговатые, ланцетные, продолговато-линейные, яйцевидные, треугольные, лопатчатые, шиловидные, дудчатые;
- форма основания пластинки может быть выемчатая, сердцевидная, кочковидная, клиновидная, стреловидная, оттянутая;
- форма верхушки листовых пластинок тупая, выгрызенная, выемчатая, колючая, заостренная, притупленная;
- листовая пластинка может быть цельнокройной, зубчатой, кильчатой, волнистой, волосистой, среди сложных листьев различают двойчатые, тройчатые, пальчатые, перистосложные, двух- или трехперистые;
- расположение листьев может быть очередное и супротивное;
- цветки могут быть одиночные или собраны в соцветия;
- корневая система сорных растений может быть стержневая, мочковатая, корневищная, корнеотпрысковая.

Обращаясь к гербарию, необходимо записать и усвоить различные сведения по каждому конкретному виду сорняка, придерживаясь следующего порядка.

1. Название семейства.
2. Русское и латинское названия вида.
3. Биологическая группа.

После этого более внимательно рассматривают другие виды сорняков данного семейства и отмечают наиболее важные морфологические отличительные их признаки.

4. Краткая морфологическая характеристика вида (характер роста стеблей, форма листьев, опушение и т. д.).
5. Биологические особенности (время цветения и обсеменения, семенная продуктивность, жизнеспособность семян, способность к вегетативному возобновлению, глубина залегания в почве органов вегетативного размножения и т. д.).
6. Условия местообитания.

7. Посевы сельскохозяйственных культур и угодья, на которых данный вид наиболее обилен, его фитоценотические особенности.

8. Районы распространения.

9. Хозяйственно вредные свойства.

Задание 1. Изучить биологические особенности и классификацию основных видов сорных растений, ареалы их распространения. Научиться распознавать сорняки по растениям и семенам, засоряющим посевной материал культур. Изучить особенности борьбы с представителями различных групп сорных растений.

Пользуясь гербарием и фотосправочником сорняков заполнить таблицу 5.

Для борьбы с сорной растительностью необходимо применять комплекс, который состоит из предупредительных и истребительных мероприятий.

Таблица 5

Описание сорных растений

Названия сорняков		Плодовитость	Способы размножения	Форма и размеры семян	Глубина прорастания семян малолетних сорных растений Глубина залегания органов вегетативного размножения многолетних сорняков
русское	латинское				
1	2	3	4	5	6
МАЛОЛЕТНИЕ					
Яровые ранние					
…					
Яровые поздние					
…					
Озимые					
…					
Зимующие					
…					
Двулетние					
…					
Паразитные и полупаразитные					
…					
МНОГОЛЕТНИЕ					
Корневищные					
Корнеотпрысковые					
…					
Стержнекорневые					
…					
Луковичные					
…					
Ползучие					
…					

Предупредительные мероприятия направлены на предохранение полей от заноса семян сорняков. Назначение истребительных – очистить почву от имеющихся в ней семян, вегетативных органов размножения сорняков и уничтожить вегетирующие сорные растения в посевах.

Задание 2. Изучить методики учета и картирования сорных растений.

При планировании комплекса агротехнических мероприятий на конкретном поле севооборота, а также на лесокультурной площади, важно знать степень засоренности полей, видовой состав и биологические особенности сорняков. Существуют два метода учета засоренности полей – глазомерный и количественно-весовой.

При глазомерном методе участок тщательно обследуют, обходя его по границе и диагонали, и на глаз определяют засоренность по четырех-балльной системе:

1 балл – сорняки встречаются единично;

2 балла – сорняков мало, но встречаются они группами;

3 балла – сорняков много, но количественно они не преобладают зад культурными растениями;

4 балла – сорняки количественно преобладают над культурными растениями.

При глазомерном методе учета одновременно определяют преобладающие биологические группы сорняков.

Для более точного учета засоренности используют количественный метод, основанный на учете численности сорных растений с помощью рамок. На сельскохозяйственных культурах сплошного сева пользуются квадратными рамками размером 0,25 м^2 (50х50 см), на пропашных и лесных культурах, а также в питомниках – прямоугольными рамками размером 1 м^2, ширина которых должна быть кратной ширине междурядий на сельскохозяйственных культурах, минерализованной полосы – на лесных культурах, посевной гряды – в питомниках.

Техника оценки засоренности заключается в следующем.

Каждое поле или участок проходят по одной или двум диагоналям и примерно через равное расстояние накладывают рамку в 10-15 точках на площади до 5 га, в 15 – от 5 га до 10 га и в 20 точках на площади более 10 га. При определении засоренности на полях сплошного сева сельскохозяйственных культур число учетных площадок уменьшается в 5-10 раз. В питомниках определяют проективное покрытие сорняками, затем их срезают и в лаборатории проводят количественный и весовой учет по биологическим группам.

При подсчете и взвешивании учитывают отдельно однолетние и многолетние сорняки. Из группы многолетних отдельно подсчитывают количество корневищных и корнеотпрысковых сорняков как наиболее злостных и трудноискоренимых. После подсчета сорняки высушивают при комнатной

температуре и взвешивают. Число сорняков, абсолютное или в процентах, переводят на 1 га. Результаты записывают в таблицу учета и составляют карту засоренности полей и культур.

Засоренность культур сплошного сева вычисляют в процентах (отношение числа сорняков к числу культурных растений), а пропашных сельскохозяйственных культур, лесных культур, питомников - в абсолютных показателях количества сорняков на 1 м2.

Засоренность полей сорняками по их количеству на 1 $м^2$ имеет 5 степеней: I – до 5 шт./$м^2$; II – 5-15 шт./$м^2$; III – 15-50 шт./$м^2$; IV – 50-100 шт./$м^2$; V – более 100 шт./$м^2$.

Обработке гербицидами подлежат поля, обследование которых показало, что на 1 $м^2$ встречается один многолетний сорняк и больше, или они произрастают куртинами; малолетних – 6 шт. и более, а малолетних низкостебельных – 16 шт. и более.

Картографирование сорной растительности сельскохозяйственных угодий и лесных питомников проводят не реже одного раза за ротацию севооборота, в период массового отрастания сорняков.

По результатам основного обследования составляют карту засоренности сельскохозяйственных угодий. Она позволяет эффективно использовать результаты обследований для разработки и применения системы комплексных мер борьбы с сорняками в полях севооборотов и на других сельскохозяйственных угодьях.

На карте рекомендуется отражать основные биологические группы и видовой состав сорняков. Это позволяет рационально планировать и применять систему мер борьбы одновременно с несколькими видами сорняков.

После обработки данных ведомостей по каждому полю (участку) приступают к составлению карты засоренности. Все виды сорняков, выявленные при обследовании, распределяют по биогруппам: малолетние и многолетние. Из многолетних выделяют корневищные, корнеотпрысковые, клубневые и луковичные, стержнекорневые, мочковатокорневые. На оборотной стороне «Учетного листа засоренности поля, участка» записывают итоговые результаты обследования с указанием степени засоренности по каждой биогруппе и численности основных видов сорных растений. Затем на карте землепользования в границах поля вычерчивают круги диаметром 2-4 см или прямоугольник. В центре круга записывают год обследования и наименование культуры. Внешний круг делят по секторам пропорционально числу биологических групп с учетом численности видов сорных растений.

В секторах каждой биогруппы по формам их условной штриховки или цвета начальными буквами вписывают все основные виды сорняков в порядке уменьшения их численности. В соответствующих секторах биогрупп

на полях, засоренных карантинными сорняками, ставят красный крест, ядовитыми – синий. Под картой приводят условные обозначения биогрупп и основных видов сорных растений.

Для условного обозначения биогрупп сорных растений вместо штриховки можно применять разные цвета.

К карте прилагают полный список сорных растений, произрастающих на каждом поле севооборота.

Карты засоренности сельскохозяйственных земель используют не только при разработке мероприятий по борьбе с сорняками, но и для правильного размещения культур по полям севооборота с учетом их биологических особенностей и качества предшественников, для организации уборки урожая.

В соответствии с условиями индивидуального задания (табл. 7,8) заполнить «Ведомость первичного учета» (таблица 9).

Таблица 7

Задания

№	№ поля и площадь (га)	Культура	Обработка почвы	Гербициды, удобрение	Данные учета засоренности
1	I - 153	Ячмень	Мелкая отвальная	Не применялись	1, 2, 3, 9, 11, 12
2	II - 160	Озимая рожь	Мелкая отвальная		6, 7, 12, 11, 13, 14
3	III - 144	Подсолнечник	Отвальная		2, 3, 6, 7, 9,10
4	IV - 161	Яровая пшеница	Мелкая безотвальная		5, 8, 9, 12, 13, 15
5	V - 150	Кукуруза	Отвальная		1, 3, 6, 9, 10,14
6	VI - 149	Просо	Мелкая безотвальная		1, 4, 6, 7, 8, 11
7	VII -164	Пар	Мелкая безотвальная		1, 2, 3, 5, 6, 15

Составить карту засоренности полей севооборота №2 (рис. 1) МУП «Сколково» Кинельского района Самарской области в 20___ году (1. Пар чистый; 2. Озимая рожь; 3. Просо; 4. Яровая пшеница; 5. Кукуруза; 6. Ячмень; 7. Подсолнечник.), обобщив в таблице 9 материал учета сорняков на полях севооборота.

Таблица 8

Условия заданий

№	Название сорняка	Фаза развития	Размещение в посевах культуры	Кол-во на 1 м^2(в ср), шт.	Встречаемость, %
1	Бодяк полевой	Конец бутонизации	Выше культурного растения	1	80
2	Осот полевой	Цветение	Выше культурного растения	3	50
3	Вьюнок полевой	Цветение	Высота культурного растения	2	70
4	Пырей ползучий	Кущение	Ниже высоты культурного растения	5	40
5	Амброзия трехраздельная	Цветение	Высота культурного растения	2	15
6	Щирица колосистая	Начало формирования семени	Ниже высоты культурного растения	5	65
7	Марь белая	Конец цветения	Ниже высоты культурного растения	4	10
8	Овсюг	Молочная спелость зерна	Выше культурного растения	6	40
9	Щетинник сизый	Формирование зерновки	До середины высоты культурного растения	40	100
10	Пикульник обыкновенный	Начало цветения	До середины высоты культурного растения	6	30
11	Подмаренник цепкий	Формирование семени	До середины высоты культурного растения	4	55
12	Горец вьюнковый	Формирование плода	Ниже высоты культурного растения	2	50
13	Ярутка полевая	Формирование семени	Ниже высоты культурного растения	7	40
14	Ромашка непахучая	Цветение	Выше культурного растения	0,2	5
15	Чистец однолетний	Цветение	Ниже высоты культурного растения	6	70

Общую засорённость (таблица 9) всеми группами сорняков (*Бо*) в целом по полю определяют по формуле

$$Бо = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + \ldots + BK^2} = \sqrt{B^2}$$

где B – балл глазомерной оценки численности каждой группы сорняков на данном поле;

K – количество вредоносно-морфологических групп сорняков.

Таблица 9

Ведомость первичного учета засоренности поля

Область_____ Район _____ Хозяйство _____ Отделение(бригада) ____ Севооборот № ____ Поле № ___ площадь, га _____

Основная обработка _____ Культура _____ Сорт _____

Предшественник _____Удобрения (вид, доза) _____

Вредоносно-морфологическая группа	Названия сорняков	Фаза сорняка	Ярус	Среднее число сорняков на 1 м^2	Балл засоренности*	Встречаемость, %
Малолетние двудольные						
В среднем (всего)						
Малолетние однодольные						
В среднем (всего)						
Многолетние двудольные						
В среднем (всего)						
Многолетние однодольные						
В среднем (всего)						
Карантинные						
ИТОГО						-

Таблица 10

Состав, встречаемость сорняков и степень (балл) засоренности по полям севооборота №___ хозяйства___ района ____ области _____

Вредоносно-морфологическая группа	Вид сорного растения	Встречаемость сорняков, %	
		Поле №1I	Поле №…
Малолетние двудольные			
Общий балл засоренности поля по группе			
Малолетние однодольные			
Общий балл засоренности			
Многолетние двудольные			
Общий балл засоренности			
Многолетние однодольные			
Общий балл засоренности			
Карантинные			
Общий балл засоренности			
ОБЩАЯ ЗАСОРЕННОСТЬ ПОЛЯ (балл)			

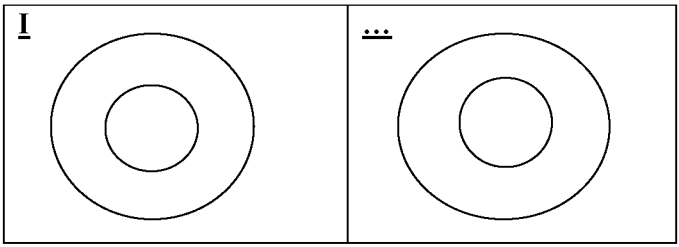


Рис 1. Карта засоренности полей севооборота

№___ хозяйства_____ района _____ области _____

Условные обозначения:

Вредоносно-морфологическая группа	*Штриховка*
Малолетние двудольные	
Малолетние однодольные	
Многолетние двудольные	
Многолетние однодольные	
Карантинные	

Контрольные вопросы

1. Классификация сорных растений по способу питания.

2. Классификация сорных растений по продолжительности жизни и способу размножения.

3. Особенности малолетних сорных растений: яровых, озимых, зимующих, двулетних.

4. Особенности многолетних сорных растений: корневищных, корнеотпрысковых, стержнекорневых, луковичных, ползучих.

5. Особенности паразитных сорных растений.

6. Что такое карантинные сорняки?

7. Предупреждение засорения полей.

8. Истребительные меры борьбы с сорняками.

9. Какова методика картирования засоренности полей.

Раздел 3. СЕВООБОРОТЫ

Тема 4. Составление схем севооборотов, в которых с.-х. культуры и пары занимают целые поля

Цель: *научиться составлять схем севооборотов, в которых с.-х. культуры и пары занимают целые поля.*

Урожайность растений, возделываемых в севообороте, может повышаться или снижаться в зависимости от предшествующей культуры. Действие отдельных культур и паров может быть очень сильным и продолжаться в последствии в течение нескольких лет.

Различные сельскохозяйственные культуры, сходные по биологическим признакам или технологии возделывания, условно объединены в группы предшественников, имеющих разную агроэкономическую оценку.

В Среднем Поволжье основные сельскохозяйственные культуры объединяются в следующие группы предшественников: пары, озимые, пропашные, зернобобовые, яровые зерновые, многолетние и однолетние травы. Все они по-разному влияют на плодородие почвы и другие условия жизни последующих растений.

Сельскохозяйственные культуры и пары по их ценности делятся на четыре группы.

1. Отличные – чистые и занятые пары, многолетние бобовые травы (люцерна, клевер, донник), многолетние злаковые травы (пырей, кострец др.), зернобобовые (горох, вика), картофель, кукуруза, сахарная свекла.

2. Хорошие – озимые зерновые (озимая рожь, озимая пшеница, озимый ячмень), кормовые корнеплоды, подсолнечник.

3. Удовлетворительные – однолетние кормовые травы, гречиха, горчица, лен.

4. Плохие – яровые зерновые (пшеница, ячмень, овес).

Агротехнически и экономически не выгодно размещать сельскохозяйственные культуры на одном месте в течение нескольких лет подряд или бессменно.

Выделяют три группы сельскохозяйственных культур по отношению к бессменному возделыванию и повторным посевам.

1. Сильно снижающие урожай при бессменном возделывании – лен, соя, сахарная свекла, клевер.

2. Средне реагирующие на бессменное возделывание (могут возделываться на одном поле в течение 2-3 лет) – рис, овес, рожь, ячмень, пшеница.

3. Слабо реагирующие на бессменное возделывание (могут возделываться на одном поле 4-6 лет) – хлопчатник, кукуруза, картофель, конопля, люцерна, многолетние злаковые травы.

Задание 1. Изучить основные группы предшественников и дать оценку по их влиянию на плодородие почвы и урожайность последующих культур севооборота. Заполнить таблицу 11.

Таблица 11

Характеристика групп предшественников

Группы предшественников	Основные показатели их качества	Под какие культуры применяются
…		

Севооборот — это научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и паров во времени и на территории (по полям) или только во времени.

Общая задача севооборота – устранение (оптимизация) факторов ограничивающих урожайность. Если чередование культур позволяет оптимизировать фактор, ограничивающий урожай, то прибавка от севооборота будет тем выше, чем дальше от оптимума находится величина регулируемого фактора.

Основой для составления севооборотов является структура посевных площадей, при этом она может быть представлена целым и дробным числом полей, в процентах и гектарах к площади пашни или севооборотной площади.

Основные принципы формирования севооборотов:

– севообороты должны быть зональными, тесно увязаны с природно-климатическими особенностями земледельческой зоны;

– севообороты должны обеспечивать высокую рентабельность производства, обеспечивать товарность продукции и собственные потребности в кормах и семенах;

– ведущие культуры должны размещаться по лучшим предшественникам;

– чем засушливее зона, тем больший процент отводится под чистые пары;

– многолетние травы можно подсевать под зерновые культуры;

– введение смешанных полей;

– пшеница по чистому пару должна размещаться в степи один год, в лесостепи – два года.

Задание 2. Составить схемы севооборотов по заданной структуре посевных площадей.

Пример 1. Дана следующая структура посевных площадей по группам культур:

Дано:	Решение:
Яровые колосовые – 3 поля	1. Пар
Озимые – 1 поле	2. Озимые
Пропашные – 2 поля	3. Яровые колосовые
Пар – 1 поле	4. Пропашные
	5. Яровые колосовые
Всего – 7 полей	6. Пропашные
	7. Яровые колосовые

Пример 2. Структура посевных площадей дана по культурам:

Дано:	Решение:
Яровая пшеница – 1 поле	1. Пар чистый
Озимая рожь – 1 поле	2. Озимая рожь
Ячмень – 1 поле	3. Сахарная свекла
Сахарная свекла – 1 поле	4. Яровая пшеница
Пар чистый – 1 поле	5. Ячмень
Овес – 1 поле	6. Кукуруза
Кукуруза – 1 поле	7. Овес
Всего – 7 полей	

Задачи:

ЗАДАЧА 1		ЗАДАЧА 2	
Пропашные	-2 поля	Озимая пшеница	- 1 поле
Пар	-1 поле	Кукуруза	- 1 поле
Яровые зерновые	- 2 поля	Яровая пшеница	- 3 поля
Озимые	- 1 поле	Пар черный	- 1 поле
	6 полей	Ячмень	- 1 поле
		Подсолнечник	- 1 поле
			8 полей

ЗАДАЧА 3		ЗАДАЧА 4	
Яровая пшеница	- 2 поля	Ячмень	- 1 поле
Пар	- 1 поле	Озимая рожь	- 1 поле
Сахарная свекла	- 1 поле	Просо	- 1 поле
Ячмень	- 1 поле	Яровая пшеница	- 2 поля
Кукуруза	- 1 поле	Многолетние травы	- 1 поле
Озимая пшеница	- 1 поле	Пар	- 1 поле
Подсолнечник	- 1 поле	Кукуруза	- 1 поле
Овес	- 1 поле		8 полей
	9 полей		

Контрольные вопросы

1. В какие группы предшественников объединяются в Среднем Поволжье основные сельскохозяйственные культуры?

2. На какие группы сельскохозяйственные культуры и пары делятся по их ценности?

3. Каковы группы сельскохозяйственных культур по отношению к бессменному возделыванию и повторным посевам)?

4. Дайте определение понятию «севооборот».

5. Какова общая задача севооборота?

6. Каковы основные принципы формирования севооборотов?

Тема 5. Составление схем севооборотов, в которых с.-х. культуры и пары занимают дробное число полей

Цель: *научиться составлять схемы севооборотов, в которых с.-х. культуры и пары занимают дробное число полей.*

Каждая культура занимает в севообороте или цельное число полей (поле), или часть поля, на оставшейся площади которого размещаются другие культуры.

Поле, в котором размещены посевы различных сельскохозяйственных культур, называют сборным.

При определении состава сборных полей необходимо учитывать сходство биологии и агротехники культурных растений, чтобы не вызвать резкого изменения качества почвенного плодородия по отдельным частям каждого из таких полей.

В сборном поле целесообразно размещать культуры по следующим группам:

а) озимые – озимый ячмень, озимая рожь и озимая пшеница;

б) яровые зерновые – яровая пшеница, ячмень и овес;

в) поздние яровые сплошного посева – гречиха, просо;

г) пропашные – картофель, сахарная свекла, подсолнечник и др.

Можно размещать в сборном поле и различающиеся по биологии, но рано убираемые культуры, что позволяет последующими приемами ухода за почвой выровнять наметившиеся изменения в плодородии почвы по отдельным частям поля.

Задание 1. Составить севообороты.

Пример 1. Дана следующая структура посевных площадей севооборота:

Дано:	Решение:
Озимая пшеница – 0,5 поля	1. Пар + викоовес
Кукуруза н/с – 1 поле	2. Озимая пшеница + озимая рожь
Викоовес – 0,5 поля	3. Сахарная свекла + просо
Просо – 0,5 поля	4. Яровая пшеница
Яровая пшеница - 2 поля	5. Кукуруза
Пар – 0,5 поля	6. Яровая пшеница
Овес – 0,5 поля	7. Овес + ячмень
Сахарная свекла – 0,5 поля	
Ячмень – 0,5 поля	
Озимая рожь – 0,5 поля	
Всего - 7 полей	

Пример 2. Структура посевных площадей севооборота:

Дано:	Решение:
Горох – 0,5 поля	1. Пар
Озимые культуры – 1,5 поля	2. Озимые
Многолетние травы – 1 поле	3. Яровая пшеница
Яровая пшеница – 2,5 поля	4. Ячмень
Пар – 1 поле	5. Кукуруза
Овес – 0,5 поля	6. Яровая пшеница
Кукуруза н/с – 1 поле	7. Горох + викоовес
Викоовес – 0,5 поля	8. Яровая пшеница + озимые
Ячмень – 1 поле	9. Суданская трава + овес
Суданская трава – 0,5 поля	10.Многолетние травы (выводное поле)
Всего – 10 полей	

Задачи:

ЗАДАЧА 1		ЗАДАЧА 2	
Озимая пшеница	- 1 поле	Ячмень	- 2,5 поля
Яровая пшеница	- 1,5 поля	Свекла	- 0,5 поля
Кукуруза	- 1 поле	Кукуруза	- 4 поля
Пар	- 0,5 поля	Однолетние травы	
Ячмень	- 0,5 поля	Овес	- 1 поле
Викоовес	- 0,5 поля	Бахчи кормовые	- 0,5 поля
Сахарная свекла	- 1 поле		- 0,5 поля
	6 полей		9 полей

ЗАДАЧА 3		ЗАДАЧА 4	
Ячмень	- 1 поле	Горох	- 0,5 поля
Кукуруза	- 1 поле	Подсолнечник	- 0,5 поля
Озимая рожь	- 1 поля	Просо	- 1 поле
Яровая пшеница	- 2 поля	Картофель	- 0,5 поля
Пар ранний	- 0,5 поля	Яровая пшеница	- 2 поля
Картофель	- 0,5 поля	Овес	- 0,5 поля
Сахарная свекла	- 0,5 поля	Пар	- 0,5 поля
Подсолнечник	- 1 поле	Ячмень	- 1 поле
Однолетние травы	- 0,5 поля	Озимая пшеница	- 1 поле
	8 полей	Кукуруза	8 полей

Контрольные вопросы

1. Какова общая задача севооборота?
2. Каковы основные принципы формирования севооборотов?
3. Что такое сборное поле?
4. По каким признакам подбираются культуры для сборного поля?
5. По каким группам в сборном поле целесообразно размещать культуры?

Тема 6. Составление схем севооборотов на основе структуры посевных площадей, выраженной в гектарах

Цель: *научиться составлять схемы севооборотов на основе структуры посевных площадей, выраженной в гектарах.*

Задание 1. Составить севообороты.

По структуре посевных площадей, выраженной в гектарах, необходимо разработать систему севооборотов. Она может состоять из двух и более полевых, кормовых и специальных (в различном сочетании) севооборотов.

Пример. Структура посевных площадей севооборота:

Дано:	Решение:
Озимая пшеница – 280 га	Группы культур:
Ячмень – 520 га	Озимые культуры – 355 га
Пар – 340 га	Предшественники озимых – 696 га
Яровая пшеница – 1059 га	Яровые зерновые – 1771 га
Озимая рожь – 75 га	Пропашные – 348 га
Кукуруза – 348 га	Всего – 3188 га
Овес – 210 га	
Викоовес - 356 га	

Число полей = 3188 га : 348 га = 9,1. Число полей - 9.

Уточняем средний размер поля – 3188 : 9 = 354 га.

Допустимые отклонения площади от среднего размера поля: 354 + 35 га (319-389 га)

Схема севооборота:

1. Пар – 340 га
2. Озимая пшеница + озимая рожь (280+75) – 355 га
3. Яровая пшеница – 353 га
4. Ячмень – 355 га
6. Кукуруза – 348 га
7. Яровая пшеница – 353 га
8. Викоовес – 356 га
9. Яровая пшеница – 353 га
10. Ячмень + овес (165+210) – 375 га

Задачи:

ЗАДАЧА 1		ЗАДАЧА 2	
Озимая пшеница	- 330 га	Кукуруза	- 203 га
Кукуруза	- 338 га	Яровая пшеница	- 420 га
Пар черный	- 200 га	Озимая пшеница	- 212 га
Яровая пшеница	- 667 га	Просо	- 210 га
Викоовес	- 120 га	Горох	- 104 га
Суданская трава	- 300 га	Ячмень	- 161 га
Ячмень	- 340 га	Пар чистый	- 201 га
Многолетние травы	- 320 га	Однолетние травы	- 110 га
Горохоовес	- 342 га	Овес	- 52 га
Озимая рожь	- 326 га	Озимая рожь	- 205 га
	3328 га		1878 га

ЗАДАЧА 3		ЗАДАЧА 4	
Просо	- 140 га	Кукуруза	- 257 га
Ячмень	- 256 га	Картофель	- 72 га
Кукуруза	- 260 га	Ячмень	- 165 га
Яровая пшеница	- 510 га	Гречиха	- 58 га
Озимая пшеница	- 256 га	Овес	- 90 га
Сахарная свекла	- 120 га	Викоовес	- 248 га
Подсолнечник	- 190 га	Люцерна	- 122 га
Пар черный	- 248 га		1012 га
Однолетние травы	- 332 га		
	2312 га		

Задание 2. Составить системы севооборотов

В полевых севооборотах большую часть пашни должны занимать зерновые и технические культуры, а на остальной площади кормовые культуры и пары. В комовых севооборотах должны преобладать кормовые культуры сплошного способа посева и пропашные. А на части пашни могут быть зерновые культуры и, как правило, должны отсутствовать чистые пары. В специальных противоэрозионных севооборотах возделываются, главным образом, однолетние и многолетние культуры сплошного посева.

При проектировании системы севооборотов необходимо также учитывать, что площадь поля в полевых севооборотах, как правило, находится в пределах 200-400 га, в кормовых – 30-120 га, в специальных – 20-50 га.

В хозяйствах, специализирующихся на выращивании зерновых и кормовых культур, площади полей в полевых и кормовых севооборотах могут быть увеличены в 1.5-2 раза, при этом необходимо размещать по одной культуре на поле, так как при большом пестрополье может нарушиться принцип чередования культур.

Пример 1. Составить полевой и кормовой севообороты по структуре посевных площадей:

Яровая пшеница	- 1075 га
Озимая пшеница	- 363 га
Кукуруза	- 501 га
Подсолнечник	- 355 га
Горох	- 200 га
Ячмень	- 440 га
Пар	- 350 га
Кормовая свекла	- 72 га
Однолетние травы	- 226 га
	- 69 га
Овес	3651 га

Решение:

Полевой севооборот:		Кормовой севооборот:	
1. Пар	- 350 га	1. Однолетние травы	- 70 га
2. Озимая рожь	- 363 га	2. Кормовая свекла	- 72 га
3. Яровая пшеница	- 358 га	3. Ячмень	- 71 га
4. Яровая пшеница	- 358 га	4. Кукуруза	- 70 га
5. Кукуруза	- 361 га	5. Овес	- 69 га
6. Яровая пшеница	- 359 га	6. Кукуруза	- 70 га
7.Горох+однолетние травы	- 356 га		422 га
8. Ячмень	- 369 га		
9. Подсолнечник	-355 га		
	- 3229 га		

Пример 2. Составить кормовой и противоэрозионный севообороты по структуре посевных площадей:

Однолетние травы	-	210 га
Ячмень	-	303 га
Кукуруза	-	510 га
в т.ч. поукосно	-	166 га
Овес	-	80 га
Озимая рожь з/к	-	168 га
Многолетние травы	-	160 га
		1265 га

Решение:

Кормовой севооборот:		Противоэрозионный севооборот:	
1. Однолетние травы	- 170 га	1. Однолетние травы	- 40 га
2. Оз. рожь з/к, кукуруза поукосн.	- 168 га	2. Ячмень с подсевом мн. тр	- 40 га
3. Ячмень	- 172 га	3. Мн. травы 1 г.	- 40 га
4. Кукуруза	- 175 га	4. Мн. травы 2 г.	- 40 га
5. Овес+ячмень	- 175 га	5. Мн. травы 3 г.	- 40 га
6. Кукуруза	- 172 га	6. Мн. травы 4 г.	- 40 га
	1025 га		240 га

ЗАДАЧА 1. Составить полевой (200-300 га) и кормовой (60-100 га) севообороты:

Яровая пшеница	-	538 га
Озимая пшеница	-	271 га
Кукуруза	-	418 га
в т.ч. поукосно	-	70 га
Сахарная свекла	-	140 га
Ячмень	-	338 га
Горох	-	100 га
Викоовес	-	305 га
Пар	-	260 га
Озимая рожь	-	340 га
в т.ч. на з/к	-	70 га
Просо	-	125 га
Кормовая свекла	-	68 га
		2833 га

ЗАДАЧА 2. Составить 2 полевых севооборота:

Яровая пшеница	-	1038 га
Озимая пшеница	-	392 га
Горох	-	398 га
Ячмень	-	410 га
Подсолнечник	-	408 га
Однолетние травы	-	714 га
в т.ч. суданская трава	-	314 га
Просо	-	315 га
Пар	-	310 га
Кукуруза	-	731 га
Озимая рожь	-	320 га
		5036 га

ЗАДАЧА 3. Составить полевой (200-300) га и кормовой (40-60 га) севообороты:

Яровая пшеница	-	767 га
Сахарная свекла	-	150 га
Пар	-	245 га
Кукуруза	-	407 га
Озимая пшеница	-	251 га
Ячмень	-	101 га
Овес	-	53 га
Однолетние травы	-	107 га
в т.ч. поукосно	-	55 га
Озимая рожь	-	55 га
Картофель	-	100 га
Кориандр	-	245 га
		2426 га

ЗАДАЧА 4. Составить полевой (300-400) и кормовой (50-70) севообороты:

Яровая пшеница	-	912 га
Просо	-	240 га
Озимая рожь	-	372 га
Пар	-	380 га
Ячмень	-	449 га
Кукуруза	-	505 га
Однолетние травы	-	199 га
Овес	-	65 га
Подсолнечник	-	316 га
в т.ч. на силос	-	66 га
		3438 га

Задание 3. Составить план освоения севооборота.

При составлении плана освоения севооборота рекомендуется придерживаться следующего порядка:

- составить план последовательно по годам, начиная с первого года до полного освоения,
- наметить план освоения новых земель, если они входят в поля севооборота,
- вписать культуры, посеянные в прошлые годы под урожай текущего года (многолетние травы и другие многолетние культуры, озимые),
- разместить яровые культуры в порядке их убывающей ценности,
- определить поле для посева многолетних трав и для чистых паров, если они предусмотрены схемой севооборота или временно допущены в переходный период на сильно засоренных полях.

Переход к вводимому севообороту считается законченным, а севооборот освоенным в том случае, когда размещение культур по полям будет соответствовать принятой схеме и будут соблюдаться границы полей севооборотов.

Для более успешного изучения учебного материала дается примеры составления планов перехода на вводимые севообороты – зернопаропропашной и зернопаропропашной с выводным полем многолетних трав (таблица 12 и 13).

Пример 1.

Схема севооборота:

1. Пар 243 га
2. Озимая пшеница 249 га
3. Яровая пшеница 250 га
4. Кукуруза 252
5. Яровая пшеница 260 га
6. Горох 254 га
7. Ячмень 256 га

Пример 2.

Схема севооборота:

8 Пар черный 172 га
9. Озимая пшеница 174 га
10. Яровая пшеница 178 га
11. Кукуруза 174 га
12. Яровая пшеница 180 га
13. Викоовес+горох 120+56 га
14. Озимая рожь 179 га
15. Ячмень+овес 104+73 га

Многолетние травы 185 га (выводное поле)

Таблица 12

Предшественники и план освоения севооборота (пример 1)

№ полей и площадь (га)	Предшественники		План освоения севооборота	
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1. – 246	Ячмень	Однолетние травы (викоовес)	Оз. пшеница	Яр. пшеница
2. – 254	Оз. рожь	Ячмень – 146 Яр. пшеница – 108	Горох	Ячмень
3. – 261	Яр. пшеница	Яр. пшеница	Кукуруза	Яр. пшеница
4. – 249	Яр. пшеница	Подсолнечник	Пар	Оз. пшеница
5. – 257	Кукуруза	Овес	Ячмень	Пар
6. – 250	Горох	Оз. рожь	Яр. пшеница	Кукуруза
7. – 247	Свекла	Кукуруза	Яр. пшеница	Горох

Таблица 13

Предшественники и план освоения севооборота (пример 2)

№ и S (га)	Предшественники		План освоения севооборота		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. – 174	Кукуруза	Яр. пшеница	Викоовес – 120 Горох – 54	Оз. рожь	Ячмень – 110 Овес – 64
2. – 174	Яр. пшеница	Ячмень	Пар черный	Оз. пшеница	Яр. пшеница
3. – 180	Мн. травы	Просо	Яр. пшеница (вместо оз. пшеницы)	Ячмень – 110 Овес – 70	Пар черный
4. – 172	Яр. пшеница	Яр. пшеница	Кукуруза	Яр. пшеница	Викоовес – 120 Горох – 52
5. – 178	Овес	Ячмень	Суданская трава (вместо мн.трав)	Пар черный	Оз. пшеница
6. – 176	Кукуруза з/к	Оз. рожь	Ячмень – 110 Овес – 66 га	Кукуруза	Яр. пшеница
7. – 179	Пар черный	Оз. пшеница	Яр. пшеница с подс.мн. трав	Мн. травы	Мн. травы
8. – 177	Кукуруза	Яр. пшеница	Ячмень (вместо оз. ржи)	Викоовес-120 Горох – 57	Оз. рожь
9. – 185	Подсолнечник н/с	Оз. рожь	Яр. пшеница	Яр. пшеница	Кукуруза

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «система севооборотов».

2. Что необходимо учитывать при проектировании системы севооборотов?

3. Каков порядок действий рекомендуется при составлении плана освоения севооборота?

4. Когда переход к вводимому севообороту считается законченным, а севооборот освоенным?

Тема 7. Составление ротационной таблицы. Определение продуктивности пашни

Цель: *Научиться составлять ротационные таблицы и определять продуктивность пашни.*

Ротация – период, за который сельскохозяйственные культуры и пар проходят через все поля севооборота и возвращаются на прежнее место.

После разработки севооборотов и планов освоения составляются ротационные таблицы или планы размещения культур и паров по полям и годам.

Ротационные таблицы на севообороты без выводных полей многолетних трав составляются на весь период, в течение которого культуры и пар проходят через каждое поле в последовательности, установленной ротацией севооборота.

На севообороты с выводным полем многолетних трав ротационные таблицы составляются на 2-3 поля с учетом длительности возделывания их на каждом поле.

Последний год перехода на вводимый севооборот или первый год его освоения считается первым годом ротации севооборота.

Составление ротационной таблицы на севооборот без выводного поля многолетних трав заканчивается первым годом второй ротации севооборота.

Задание 1. Составить план размещения культур по годам и полям по заданиям, выданным преподавателем, заполнить таблицу 16.

Для лучшего усвоения изучаемого материала в таблицах 14 и 15 даются примеры составления ротационных таблиц на освоенные севообороты.

Экономическое обоснование вводимого севооборота предусматривает его экономическую оценку. Необходимо рассчитать продуктивность пашни вводимого севооборота в кормовых и денежных единицах (выход кормовых единиц и стоимость произведенной продукции в среднем с 1 га севооборотной площади). При этом использовать данные плановой урожайности культур (прил. 1), соотношения основной и побочной продукций (прил. 2) и сведения о питательности кормов (прил. 3).

Таблица 14

Ротационная таблица на освоенный севооборот

Годы	№ полей и площадь в гектарах						
	1. – 246	2. - 254	3. – 261	4. – 249	5. – 257	6. – 250	7. – 247
2022	Яровая пшеница	Ячмень	Яровая пшеница	Озимая пшеница	Пар	Кукуруза	Горох
2023	Кукуруза	Пар	Горох	Яровая пшеница	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Ячмень
2024	Яровая пшеница	Озимая пшеница	Ячмень	Кукуруза	Яровая пшеница	Горох	Пар
2025	Горох	Яровая пшеница	Пар	Яровая пшеница	Кукуруза	Ячмень	Озимая пшеница
2026	Ячмень	Кукуруза	Озимая пшеница	Горох	Яровая пшеница	Пар	Яровая пшеница
2027	Пар	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Ячмень	Горох	Озимая пшеница	Кукуруза
2028	Озимая пшеница	Горох	Кукуруза	Пар	Ячмень	Яровая пшеница	Яровая пшеница
2026	Яровая пшеница	Ячмень	Яровая пшеница	Озимая пшеница	Пар	Кукуруза	Горох

Таблица 15

Ротационная таблица на освоенный севооборот с выводным полем

Год	№ полей и площадь в гектарах								
	1. -174	2. – 178	3. – 180	4. – 172	5. – 178	6. – 176	7. – 179	8. – 177	9. – 181
2024	Яч-мень+ Овес	Яровая пше-ница	Пар черный	Вико-овес+ Горох	Озимая пшеница	Яровая пше-ница	Мн.травы 3 г	Озимая рожь	Кукуруза
2025	Пар черный	Куку-руза	Озимая пше-ница	Озимая рожь	Яр. пше-ница с подс. мн. трав	Вико-овес+ Горох	Мн.травы 4 г	Ячмень+ Овес	Яр. пше-ница
2026	Озимая пше-ница	Яр. пше-ница	Куку-руза	Яч-мень+ Овес	Мн.травы 1 г	Озимая рожь	Яровая пшеница	Пар черный	Вико-овес+ Горох
2027	Яровая пше-ница	Вико-овес+ Горох	Яровая пше-ница	Пар черный	Мн.травы 2 г	Яч-мень+ Овес	Кукуруза	Озимая пшеница	Озимая рожь
2028	Куку-руза	Озимая рожь	Вико-овес+ Горох	Озимая пше-ница	Мн.травы 3 г	Пар чер-ный	Яровая пшеница	Яр. пше-ница с подсевом	Ячмень+ Овес
2029	Яровая пше-ница	Яч-мень+ Овес	Озимая рожь	Куку-руза	Яровая пшеница	Озимая пше-ница	Вико-овес+ Горох	Мн.травы 1 г	Пар черный
2030	Вико-овес+ Горох	Пар чер-ный	Яч-мень+ Овес	Яровая пше-ница	Кукуруза	Яровая пше-ница	Озимая рожь	Мн.травы 2 г	Оз. пше-ница
2031	Озимая пше-ница	Озимая пше-ница		Вико-овес+ Горох	Яровая пшеница	Куку-руза	Ячмень+ Овес	Мн.травы 3 г	Яр.пше-ница

Примечание: Многолетние травы предполагается использовать 2, 3, 4 года.

Таблица 16

Ротационная таблица

Схема севооборота:	№ поля	Размещение культур по полям в годы ротации							
		2 …г	2…г	2…г	2…г	2…г	2…г	2…г	2…г
1.									
…									

Кормовая единица – это единица измерения и сравнения общей питательности кормов. В нашей стране за кормовую единицу принята питательная ценность 1 кг овса. Урожайность культур выражается в центнерах с 1 га (ц/га), поэтому продуктивность пашни определяется в центнерах кормовых единиц с 1 га (ц корм. ед.).

Расчет стоимости для товарной и нетоварной (на кормовые цели) продукции проводится по-разному. Для товарной продукции – валовой сбор умножается на цену реализации (прил. 1). Стоимость зеленой массы кормовых культур, соломы и другой нетоварной продукции (цена на них не установлена) подсчитывают следующим образом: сбор кормовых культур по этим видам продукции умножают на цену 1 ц овса.

Задание 2. Провести расчет продуктивности севооборота по заданиям, выданным преподавателем, заполнить таблицу 17.

Таблица 17

Продуктивность севооборота

Культуры севооборота и чистый пар	Площадь посева, га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, ц		Сбор кормовых единиц, ц			Стоимость продукции, тыс. руб.		
			основной продукции	побочной продукции	основная продукция	побочная продукция	всего	основной продукции	побочной продукции	всего
1.										
…										
Всего		-	-	-						
В расчете на 1 га пашни	-	-	-	-						

На основании проведенного расчета с учетом критериев продуктивности севооборотов в различных зонах Самарской области (биоклиматический потенциал Самарской области позволяет получать в севообороте: на севере области 35-40, в центре – 30-35, на юге – 25-30 ц к. ед./га).

Контрольные вопросы

1. Что называется ротацией?

2. С какой целью составляется ротационная таблица?

3. Каким образом по схеме севооборота можно определить период ротации?

4. Особенности составления ротационной таблицы с выводным полем многолетних трав.

5. Определить понятия: короткая ротация, длинная ротация.

6. Каким образом рассчитывается валовый сбор основной продукции?

7. Каким образом рассчитывается валовый сбор побочной продукции?

8. Что принимают за одну кормовую единицу?

9. Каким образом рассчитывается стоимость нетоварной продукции?

10. Каковы критерии продуктивности севооборота в различных зонах Самарской области?

Тема 8. Техническое обеспечение обработки почвы. Обработка почвы под озимые культуры

Цель: *Изучить основные приемы обработки почвы. Освоить принципы разработки дифференцированных систем обработки почвы.*

Под приёмом обработки понимают однократное воздействие на почву рабочими органами почвообрабатывающих машин и орудий для выполнения необходимых технологических операций.

Основная обработка — это наиболее глубокая сплошная обработка почвы под определённую культуру, существенно изменяющая сложение большей части пахотного слоя. Её выполняют различными способами с целью изменения плотности сложения или взаимного перемещения слоёв почвы.

В зависимости от воздействия на почву применяемых орудий и изменения физического состояния почвы различают следующие способы основной обработки: отвальный, комбинированный с частичным оборачиванием пласта; безотвальный с рыхлением почвы без оборота пласта; роторный с перемешиванием почвы всего обрабатываемого слоя.

Для выполнения основной обработки почвы используют: общие приёмы — вспашку, безотвальное рыхление, фрезерование, чизелевание и др.; специальные приёмы — двухъярусную, трёхъярусную, плантажную вспашки, щелевание, кротование и др.

Поверхностная и мелкая обработки необходимы для уничтожения сорняков, выравнивания поверхности и подготовки почвы для посева, ухода за парами и высококачественной уборки урожая. К приёмам такой обработки

относят лущение, культивацию, боронование, прикатывание, шлейфование и др.

Задание 1. Записать в таблице 18, какие технологические процессы (операции) выполняются при обработке почвы.

Таблица 18

Характеристика приемов обработки почвы

Прием обработки почвы	Оборачивание	Рыхление	Крошение	Перемешивание	Подрезание	Выравнивание	Уплотнение	Создание микрорельефа	Сохранение стерни на поверхности почвы	Выполняемые задачи
Приемы основной обработки почвы										
…										
Специальные приемы основной обработки почвы										
…										
Приемы мелкой и поверхностной обработки почвы										
…										

Система обработки почвы – это комплекс научно обоснованных взаимосвязанных приемов обработки почвы, выполняемых в определенной последовательности с целью создания благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур, а также для сохранения почвенного плодородия.

Для каждой возделываемой культуры разрабатывается своя система обработки. Их совокупность является основой для проектирования системы обработки почвы в севообороте.

Задание 2. Освоить принципы разработки системы обработки почвы под озимые культуры (таблица 19). Разработать систему обработки почвы под конкретную озимую культуру по заданию преподавателя, заполнить таблицу 20.

Таблица 19

Системы обработки почвы под озимые культуры

<table>
<tr><th colspan="3">Системы осенней (основной, зяблевой) обработки почвы</th><th colspan="3">Системы весеннее летней обработки парового поля и посев озимых культур</th><th>Уход за озимыми</th></tr>
<tr><td colspan="2">Применение навоза</td><td>Отвальная обработка почвы (табл. 15)</td><td rowspan="2">«Традиционная обработка» (старая техника, без гербицидов)</td><td colspan="2" rowspan="2">- Боронование,
- Культивации с боронованием (2-5 раз), с уменьшением глубины от 10-14 см до 6-8 см,
- Прикатывание после каждой культивации
Факультативно:
- Боронование после дождя (более 5 мм)
- Культивация с боронованием на глубину заделки семян,
- Посев,
- Прикатывание</td><td rowspan="4">Боронование озимых</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Без применения навоза</td><td>Ранний пар</td><td rowspan="2">Без механической обработки почвы</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Минимальная обработка</td><td>Без гербицида</td><td>- Боронование
- Культивация (2-5 раз) (комб. культиватор) с уменьшением глубины от 10-14 см до 6-8 см
Факультативно:
- Боронование после дождя (более 5 мм),
- Посев (комбинированной сеялкой,</td></tr>
<tr><td>Черный пар</td><td>Безотвальная обработка почвы – без применения гербицида</td><td>«Химический пар»</td><td>- Боронование,
- Культивация (комб. культиватор), 10-14 см,
- Хим. прополка (глифосатсодержащие гербициды)
- Факультативно:
- Культивация (комб. культиватор), 6-8 см,
- Посев (комбинированной сеялкой)</td></tr>
</table>

Таблица 20

Система обработки почвы под озимые культуры

№ поля	Культура	Предшественник	Засоренность поля (тип, степень, состав сорняков)	Приемы обработки почвы, применение гербицида (название препарата, его форма)	Глубина обработки (см), норма препарата кг/га, л/га)	Агротехнические сроки проведения приема обработки почвы, химической прополки	Марки машин, орудий
…							

Контрольные вопросы

1. Что понимают под приёмом обработки?

2. Что определяет основная обработка?

3. Какие существуют способы основной обработки?

4. Какие общие и специальные приёмы используют для выполнения основной обработки почвы?

5. Для чего необходимы поверхностная и мелкая обработки?

6. Какие приёмы относя к поверхностной и мелкой?

Тема 9. Отвальная и безотвальная обработка почвы под яровые культуры. Обработка почвы в звене севооборота

Цель: *изучить экзогенные геологические процессы.*

Задание. Освоить принципы разработки системы обработки почвы под яровые культуры (таблица 21). Разработать систему обработки почвы под конкретную яровую культуру по заданию преподавателя, заполнить таблицу 22 и 23.

При проектировании обработки почвы необходимо руководствоваться следующими основными принципами.

Принцип агроландшафтной адаптированности предусматривает всесторонний учет таких природно-географических (агроландшафтных) условий, как географическое расположение и рельеф местности, почвенный покров, климатические особенности, наличие факторов развития эрозии и степень ее проявления, набор возделываемых культур и др. Системы обработки почвы разрабатываются не только для каждой почвенно-климатической зоны. Они могут быть различными (дифференцированными) для каждого севооборота и даже для разных его полей, если те отличаются по рельефу, гранулометрическому (механическому) и структурному составу, плотности пахотного слоя, засоренности и т.п.

Принцип почвозащитной направленности. Любая система обработки обязательно должна быть почвозащитной (противоэрозионной), т.е. предусматривать максимально возможную защиту почвы от водной и ветровой эрозии.

Например, на полях с уклоном 3…50 необходимо проводить вспашку поперек склона, щелевание и т.п. В степной зоне, где велика опасность ветровой эрозии (дефляции), система обработки должна строиться или на основе безотвальной обработки или почва вообще не обрабатывается («нулевая обработка»). И в первом и во втором вариантах на поверхности поля сохраняется стерня, которая задерживает снег, снижает скорость ветра в приземном слое и повышает устойчивость почвы против выдувания, т.е. защищает ее от ветровой эрозии.

Принцип ресурсосбережения предусматривает сбережение как энергетических ресурсов (энергосбережение), так и ресурсов природных, в первую очередь почвенного плодородия и самой почвы. В условиях неустойчивого и недостаточного увлажнения важное значение имеет накопление, сохранение и рациональное расходование почвенной влаги, поэтому обработка почвы должна быть и влагосберегающей.

Принцип минимализации обработки почвы. Минимальная обработка почвы – это обработка, обеспечивающая уменьшение энергетических, трудовых и других затрат путем уменьшения числа и глубины, а иногда и площади обработки за счет применения пестицидов (в первую очередь гербицидов), а также комбинированных почвообрабатывающих агрегатов и посевных комплексов, позволяющих совмещать несколько технологических операций (приемов) за один проход.

Важным моментом минимализации является научно обоснованная замена отвальной обработки на поверхностную и мелкую безотвальную с использованием широкозатватных дисковых (БДТ-7, БДТ-10, БДМ и т.п.), комбинированных (ОПО; КПИР и т.п.) и других почвообрабатывающих машин и орудий (прил. 2).

Принцип разноглубинности. Система обработки почвы, предусматривающая научно обоснованное сочетание отвальной и безотвальной обработок, проводимых на разную глубину с учетом биологических требований возделываемых культур, комбинированной на переменную глубину системой обработки.

Таблица 21

Системы безотвальной обработки почвы под яровые культуры

<table>
<tr><th colspan="4">Системы осенней (основной, зяблевой) обработки почвы</th><th colspan="2">Системы весенней (предпосевной) обработки почвы</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Малолетние сорняки</td><td colspan="2">нет вегетирующих</td><td>Без механической обработки</td><td rowspan="4">Культуры раннего сева</td><td rowspan="4">- Боронование
- Посев (комбинированной сеялкой)</td></tr>
<tr><td colspan="2">вегетируют</td><td>- Мелкая (дискование или культивация), 8-12 см или
Безотвальная обработка почвы, до 30 см</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Многолетние сорняки</td><td colspan="2">Без гербицидов</td><td>- Мелкая (дискование или культивация), 8-10 см
- Мелкая (дискование или культивация), 10-14 см или
- Безотвальная обработка почвы, до 30 см</td></tr>
<tr><td>С применением гербицидов</td><td>Пырей</td><td>- Хим. прополка (глифосатсодержащие гербициды)
- Факультативно:
- Мелкая (дискование или культивация), 10-14 см или
- Безотвальная обработка почвы, до 30 см</td></tr>
</table>

Таблица 22

Система отвальной обработки почвы под яровые культуры

№ поля	Культура	Предшественник	Засоренность поля (тип, степень, состав сорняков)	Приемы обработки почвы	Глубина обработки, см	Агротехнические сроки проведения	Марки машин, орудий
…							

Таблица 23

Система безотвальной обработки почвы под яровые культуры (с применением гербицидов)

№ поля	Культура	Предшественник	Засоренность поля (тип, степень, состав сорняков)	Приемы обработки почвы, применение гербицида (название препарата, его форма)	Глубина обработки (см), норма препарата кг/га, л/га)	Агротехнические сроки проведения приема обработки почвы, химической прополки	Марки машин, орудий
…							

Факторами выветривания являются: колебание температур, химические агенты, органические кислоты, жизнедеятельность организмов. В зависимости от факторов, вызывающих выветривание различают несколько его видов: физическое, химическое, органическое.

Контрольные вопросы

1. Что такое система обработки почвы?
2. В чем суть принципа агроландшафтной адаптированности?
3. В чем суть принципа почвозащитной направленности?
4. В чем суть принципа ресурсосбережения?
5. В чем суть принципа минимализации обработки почвы?
6. В чем суть принципа разноглубинности?

Приложения

Приложение 1

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

Приложение 2

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
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

Наименование сельскохозяйственных машин и ору-	Характеристика	Глубина обработки, см	Производительность, га/час
1	2	3	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		

1	2	3	4
Лущильники:			
ЛДГ-10Б, ЛДГ-15Б ЛДГ-20	Лущильник дисковый гидрофицированный. Агрегатируется с трактором тягового класса 3.		11
Катки:			
ЗККШ-6А	Катки кольчато-шпоровые		
Агрегаты для посева семян и посадки сельскохозяйственных культур			
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 предназначена для 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

Рекомендуемая литература

1. Баздырев, Г.И. Земледелие : учебник / Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.И. Пупонин [и др.]; под ред. А.И. Пупонина. – М. : Колос, 2000. – 552 с.

2. 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. .

3. Казаков, Г.И. Севообороты в Среднем Поволжье : монография / 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. Обработка почвы в Среднем Поволжье : монография – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 251 с.

6. Сорные растения и борьба с ними в Самарской области : учебное пособие / О.И. Подскочая, Г.И. Казаков, М.С. Раскин, Н.В. Никитин ; Под ред. Г.И. Казакова. – Самара : РИЦ СГСХА, 2006. – 128 с.

Оглавление

Предисловие 3

Раздел 1. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Тема 1. Определение структурного состава почвы 4

Тема 2. Определение строения пахотного слоя и плотности почвы ... 6

Раздел 2. СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Тема 3. Изучение сорных растений по гербарию. Меры борьбы с сорняками 10

Раздел 3. СЕВООБОРОТЫ

Тема 4. Составление схем севооборотов, в которых с.-х. культуры и пары занимают целые поля 21

Тема 5. Составление схем севооборотов, в которых с.-х. культуры и пары занимают дробное число полей 24

Тема 6. Составление схем севооборотов на основе структуры посевных площадей, выраженной в гектарах 26

Тема 7. Составление ротационной таблицы. Определение продуктивности пашни 33

Тема 8. Техническое обеспечение обработки почвы. Обработка почвы под озимые культуры 36

Тема 9. Отвальная и безотвальная обработка почвы под яровые культуры. Обработка почвы в звене севооборота 39

Приложения 43

Рекомендуемая литература 47

Учебное издание

Киселева Людмила Витальевна
Кожевникова Оксана Петровна

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
Методические указания

Подписано в печать 04.09.2023. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 2,84; печ. л. 3,06.
Тираж 50. Заказ № 205.

Издательско-библиотечный центр 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
«Самарский государственный
аграрный университет»

Е. В. Перцева, О.П. Кожевникова

ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Методические указания для лабораторных занятий

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2023

УДК 632.934(07)
ББК 44.152
П27

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Перцева Е. В.,

П27 Химические средства защиты растений : методические указания / Е. В. Перцева, О. П. Кожевникова. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 55 с.

Методические указания для лабораторных занятий способствуют формированию у бакалавров системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективной химической защите растений от вредных организмов на предприятиях различных организационно-правовых форм.

Методические указания предназначены для обучающих по направлению 35.03.04 Агрономия, профиль: Полеводство, Селекция и семеноводство.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Перцева Е. В., Кожевникова О. П., 2023

Предисловие

Методические указания разработаны с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) третьего поколения по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, профиль: Полеводство, Селекция и семеноводство на основании рабочих программ дисциплины «Химические средства защиты растений».

Целью методического указания по выполнению лабораторных работ является формирование у обучающихся системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективной защите растений от вредных организмов на предприятиях различных организационно-правовых форм.

Задачами методических указаний по выполнению лабораторных работ являются:

- изучение ассортимента и регламента применения современных пестицидов;
- изучение санитарных правил использования пестицидов;
- изучение современных технологий применения пестицидов;
- изучение методов учёта биологической, хозяйственной и экономической эффективности применения пестицидов.

Используя методические указания при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Химические средства защиты растений» для обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, профиль Полеводство и Селекция и семеноводство обучающийся должен приобрести следующие общепрофессиональные компетенции (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП) (ОПК): Способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности; (ПК): Способен разработать экологически обоснованные интегрированные системы защиты растений и агротехнические мероприятия по улучшению фитосанитарного состояния посевов.

Занятие 1. Санитарные правила хранения, транспортировки и применения пестицидов в сельском хозяйстве

Цель занятия. Изучить общие меры безопасности, токсикологическую и гигиеническую классификацию пестицидов, индивидуальные средства защиты для работающих с пестицидами.

Пестициды, применяемые в борьбе с вредителями, болезнями и сорняками на посевах сельскохозяйственных культур, в большинстве ядовиты для человека и теплокровных животных. Мерой токсичности пестицидов для различных организмов является ***токсическая доза*** – количество пестицида, вызывающее определенный эффект. Ее выражают в миллиграммах вещества на 1 кг массы организма (мг/кг).

Степень опасности вещества для подопытного объекта характеризуется пороговой, сублетальной и летальной токсическими дозами.

Пороговая доза – наименьшее количество вещества, вызывающее в организме незначительные изменения, при отсутствии внешних признаков отравления.

Сублетальная доза – доза пестицида, вызывающая нарушение жизнедеятельности организма и не приводящая к его гибели.

Летальная (смертельная) доза – доза пестицида, вызывающая гибель организма. Летальная доза (СД) подразделяется на минимальную, среднюю и абсолютную. Наименьшее количество яда, вызывающее гибель отдельных животных – минимальная, вызывающая гибель 50 % животных – средняя, а 100 % животных – абсолютная доза.

Задание 1. Изучить классы токсичности и степени опасности пестицидов по основным критериям – при введении в желудок, стойкости в почве и по степени воздействия веществ на теплокровных животных. Описать особенности разделения пестицидов на классы токсичности, стойкости пестицидов и степени воздействия веществ на теплокровных животных в таблицах 1.1-1.3 и записать их в рабочей тетради.

Таблица 1.1

Классификация пестицидов по токсичности при введении в желудок

Группа препаратов	Название группы	Смертельная доза ($СД_{50}$, мг/кг)
1		
2		
3		
4		

Таблица 1.2

Классификация пестицидов по стойкости в почве

Группа препаратов	Название группы	Время разложения
1		
2		
3		
4		

Таблица 1.3

Классы опасности по степени воздействия веществ на теплокровных животных

Класс опасности	Показатели			
	$СД_{50}$ при введении в желудок (мг/кг)	$СД_{50}$ при попадании на кожу (мг/кг)	Средняя смертельная концентрация в воздухе ($мг/м^3$)	Коэффициент кумуляции (1/10 $СД_{50}$, 2 месяца)
1. Чрезвычайно опасные				
2. Опасные				
3. Умеренно опасные				
4. Малоопасные				

При работе с пестицидами следует отдавать предпочтение малотоксичным пестицидам, имеющим выраженную кожную резорбтивность и быстро разлагающимся.

Задание 2. Изучить основные критерии гигиенической оценки пестицидов, описав особенности патологических эффектов в таблице 1.4 и записать их в рабочей тетради.

Таблица 1.4

Патологические эффекты пестицидов

Название патологического эффекта	Характер проявления
Бластомогенность	
Канцерогенность	
Мутагенность	
Терагенность	
Эмбриотоксичность	

Задание 3. Изучить технику безопасности при работе с пестицидами. Детально ознакомиться с особенностями работы в лаборатории кафедры на лабораторных занятиях, с техникой безопасности при хранении, транспортировке и применении пестицидов. В процессе подготовки обучающийся письменно отвечает на вопросы, перечисленные ниже.

Работы с пестицидами должны проводится под руководством специалиста, имеющего опыт работы и специальное образование. К работе с пестицидами допускаются мужчины достигшие 18 лет и женщины старше 35 лет, абсолютно здоровые, прошедшие медицинскую комиссию, инструктаж по технике безопасности с обязательной регистрацией в журнале.

На все виды работ, связанные с пестицидами, работники должны допускаться по наряду-допуску.

Продолжительность рабочего дня при работах с чрезвычайно опасными, высоко опасными пестицидами должна составлять 4 часа, а с остальными препаратами – 6 часов.

Химическая обработка посевов должна проводится только после предварительного обследования и установления специалистами по защите растений целесообразности такой обработки с обязательной регистрацией в книге учета обработок посевов пестицидами.

Все работающие с пестицидами обеспечиваются спецодеждой, индивидуальными средствами защиты. На рабочих местах устанавливают аптечки.

Заблаговременно, перед началом проведения химической обработки (5 суток), администрация хозяйства должна оповестить все окрестное население, санитарно-эпидемиологическую, ветеринарную службы, пчеловодов о необходимости принятия мер по охране пчел, а в случае применения препаратов на территориях, прилегающих к рыбохозяйственным водоемам, местах и сроках обработок, используемых для этих целей препаратах и методах их применения.

На границе обработанного участка необходимо выставлять единые знаки безопасности при работе со средствами химизации в сельском хозяйстве, которые убирают после истечения установленных карантинных сроков выхода людей для полевых работ, выпаса скота и уборки урожая.

При химических работах должны быть приняты все необходимые меры по предотвращению загрязнения воздуха, воды, почвы и продуктов питания пестицидами сверх уровня предельно допустимых концентраций (ПДК).

Хранение пестицидов и агрохимикатов допускается только в специально предназначенных для этого складах. Прием, хранение, учет и выдачу пестицидов осуществляет заведующий складом.

Пестициды на складах должны поступать в таре, отвечающей требованиям соответствующей нормативной и технической документации. На каждой упаковочной единице должна быть оформленная в установленном порядке тарная этикетка с соответствующим цветом предупредительной полосы для групп пестицидов.

Вопросы по технике безопасности применения пестицидов

1. Кто несет административную ответственность за правильную организацию работ по охране труда и технике безопасности применения пестицидов?
2. Когда производится инвентаризация пестицидов?
3. Как обеспечить безопасность продукции пчеловодства и охрану пчел от воздействия пестицидов?
4. Каким образом разрешается вносить пестициды в почву?
5. Где не допускается применение пестицидов в черте населенных пунктов?
6. Чем обезвреживают транспортные средства и аппаратуру для применения пестицидов?
7. Кто несет ответственность за организацию контроля и соответствие продукции гигиеническим требованиям?

Задание 4. Изучить средства индивидуальной защиты работающих от пестицидов. Кратко охарактеризовать индивидуальные средства защиты органов дыхания в таблице 1.5 и записать их в рабочей тетради.

Согласно действующим санитарным правилам, лица, занятые на работах с пестицидами, должны быть обеспечены спецодеждой и индивидуальными защитными средствами.

Подбор средств индивидуальной защиты должен осуществляться лицами, ответственными за работы с применением пестицидов, в зависимости от физико-химических и токсических свойств отдельных препаратов, а также условий труда при различных способах применения пестицидов.

При работе с пылевидными препаратами рабочие должны быть обеспечены комбинезонами (ГОСТ 16383-70), рукавицами марки КР, при работе с жидкими препаратами – комбинезонами (ГОСТ 124036-78), резиновыми перчатками (арт. 374), резиновыми сапогами (ГОСТ 5375-79) или брезентовыми бахилами. Для защиты органов дыхания нужно использовать респираторы, противогазы. К противопылевым (противоаэрозольным) респиратором относятся «Лепесток», «Кама», «У-2К», «Астра» и др. К противогазовым относятся респиратор РПГ-67 с патронами марок А, В, КД, Г, а к газопылезащитным (универсальным) – респираторы «Снежок», РУ-60М (табл. 1.5).

При работе с пылевидными препаратами и при опрыскивании растений препаратами, летучесть которых незначительная, рекомендуется использовать респираторы с противопылевыми фильтрами. При опыливании фильтры необходимо менять ежедневно, а при опрыскивании – 2-3 раза за рабочий день.

При протравливании, опыливании, опрыскивании растений, фумигации почвы сильнодействующими и высокотоксичными соединениями, обладающими значительной летучестью следует пользоваться респиратором с противогазовым патроном.

Таблица 1.5

Краткая характеристика средств защиты органов дыхания

Марки респиратора, патрона, коробки	Краткая характеристика	От чего защищает	Срок использования
Противопылевые респираторы (для работы с малолетучими препаратами)			
Противогазовые респираторы (для работы с высокотоксичными летучими соединениями)			
РПГ-67 А В Г КД			

Задание 5. Изучить симптомы отравления пестицидами и меры первой доврачебной помощи. Кратко описать инструкцию для действий по оказанию первой доврачебной помощи в таблице 1.6 и записать их в рабочей тетради.

При работе с пестицидами даже незначительная неосторожность и неосмотрительность могут привести к несчастным случаям с тяжелыми последствиями. Однако, если соблюдать меры предосторожности, вероятность несчастных случаев может быть сведена к минимуму.

Особую осторожность следует соблюдать при работе со следующими веществами: органическими соединениями фосфора, родентицидами и фумигантами.

Для оказания первой помощи на каждом складе, в каждом хозяйстве, в отделении, бригаде должна находиться специальная аптечка, в состав которой входит определенный набор медикаментов. Содержимое аптечек должно систематически пополняться.

Характерными признаками острого отравления хлорорганическими соединениями являются головная боль, потеря сознания, тошнота, рвота, общая слабость, могут появиться носовые кровотечения, чувства жжения в глазах, першение в горле, затрудненное дыхание, мышечная слабость иногда судороги, повышенная температура.

Отравление фосфорорганическими соединениями наступает быстро, т.к. они легко всасываются через слизистые оболочки полости рта, глаз и через кожу, не вызывая первое время раздражения в местах проникновения. Потеря

аппетита, головная боль, головокружение, усиленное потоотделение, слюноотделение – первые признаки отравления. Затем возникают тошнота, рвота, понос, развивается резкая слабость (пострадавший не может стоять на ногах) ухудшение зрение, возникает приступ удушья.

Таблица 1.6

Меры первой доврачебной помощи при отравлении пестицидами

Пути проникновения в организм	Меры доврачебной помощи
При попадании в глаза	
При попадании через желудочно-кишечный тракт	
При попадании на кожу	
При попадании через органы дыхания	

Контрольные вопросы

1. *На какие группы по токсичности при введении в желудок делятся пестициды?*
2. *По стойкости (в почве) на какие группы делятся все пестициды?*
3. *Кто допускается до работы с пестицидами?*
4. *Маркировка основных групп пестицидов (цвет предупредительной полосы).*
5. *Какую первую помощь следует оказать при попадании пестицида через органы дыхания на кожу, в глаза или в желудок?*
6. *На основании какого норматива устанавливают срок последней обработки?*
7. *В каком документе даются регламенты применения пестицидов на текущий год?*

Занятие 2. Классификация пестицидов

Цель занятия. Изучить классификацию пестицидов, определить значение химического метода в интегрированной системе защиты сельскохозяйственных культур.

Химические вещества, применяемые для уничтожения тех или иных вредных организмов, называются пестицидами. Это название происходит от латинских слов pestis – зараза, cide – убивать.

Пестициды классифицируются по трем признакам:

1) по объектам применения,

2) способу проникновения в организм и характеру действия,

3) химическому составу.

Задание 1. Изучить основные группы пестицидов по химическому составу и приведите примеры препаратов, относящихся к этим группам, заполнив таблицу 2.1 и записать их в рабочей тетради.

Таблица 2.1

Классификация пестицидов по химическому составу

Название группы	Пример пестицида
1. Неорганические	
2. Биологические	
3. Органические	

Задание 2. Изучить классификацию пестицидов по объектам применения и приведите примеры препаратов, относящихся к этим группам, заполнив таблицу 2.2 и записать их в рабочей тетради.

Таблица 2.2

Классификация пестицидов по объектам применения

Название группы пестицидов	Против каких объектов используются	Пример пестицида
Инсектициды, в т.ч. овициды ларвициды		
Бактерициды		
Нематициды		
Акарициды		
Родентициды		
Афициды		
Фунгициды		
Гербициды		

Задание 3. Изучить цвета предупредительных полос для групп пестицидов (маркировка тары), относящихся к этим группам, заполнив таблицу 2.3 и записать их в рабочей тетради.

Таблица 2.3

Цвет предупредительных полос для групп пестицидов (маркировка тары)

Группа пестицидов	Окраска предупредительных полос (окрасить)
Гербициды	Красный
Инсектициды	Черный
Фунгициды	Зеленый
Протравители	Синий
Родентициды	Желтый
Дефолианты	Белый

Задание 4. Изучить классификацию пестицидов по способу проникновения в организм и в зависимости от объекта применения, относящихся к этим группам, заполнив таблицу 2.4 и записать их в рабочей тетради.

Таблица 2.4

Классификация пестицидов
по способам проникновения в организм

Группа пестицида	Особенности действия
Инсектициды	
Системные	
Контактные	
Кишечные	
Фумиганты	
Фунгициды	
Терапевтического действия	
Профилактического действия	
Гербициды	
Сплошного действия	
Избирательного (селективного) действия	

Задание 5. Изучить классификацию пестицидов по характеру действия, относящихся к этим группам, заполнив таблицу 2.5 и записать их в рабочей тетради.

Таблица 2.5

Классификация пестицидов по характеру действия

Название группы	Особенности действия
Дефолианты	
Десиканты	
Ретарданты	
Репелленты	
Антифиданты	
Аттрактанты	
Феромоны	
Хемостерилизаторы	
Ингибиторы	

Ежегодно в нашей стране утверждается «Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ», где даются названия препаратов, ассортимент (количество наименований), которые можно

применять в сельском хозяйстве, нормы их расхода, ограничения (регламенты) в применении на отдельных культурах, в использовании обработанной площади и получаемой на ней продукции.

Задание 6. Пользуясь «Списком» пестицидов, рекомендованных для применения в текущем году, определите, сколько в текущем году всего пестицидов, в том числе по группам.

Пестициды –

Инсектицидов и акарицидов –

Нематицидов –

Фунгицидов –

Гербицидов –

Родентицидов –

Регуляторы роста –

В настоящее время ассортимент пестицидов, применяемых в практике мирового сельскохозяйственного производства, составляет более 200 тыс. наименований препаратов, созданных на основе 1 тыс. действующих веществ.

Задание 7. Детально ознакомиться с преимуществами и недостатками методов защиты растений. В процессе подготовки обучающийся письменно отвечает на вопросы, перечисленные ниже.

1. Кратко охарактеризуйте роль химических средств в системе мероприятий по защите растений:
2. Преимущества химического метода:
3. Недостатки химического метода:
4. Дайте краткое, но четкое определение понятия интегрированной защиты.

Контрольные вопросы

1. *По каким принципам классифицируются пестициды?*
2. *Назовите основные группы пестицидов по химическому составу?*
3. *Дайте классификацию пестицидов по объектам применения.*
4. *На какие группы делятся пестициды по способу проникновения в организм?*
5. *Дайте характеристику основным методам защиты растений комплексной системе мероприятий по защите растений от вредных организмов?*

Занятие 3. Препаративные формы, рабочие составы и способы их применения

Цель занятия: Изучить препаративные формы пестицидов, их состав и способы их применения.

Промышленной или товарной формой пестицида называется такая форма, в которой препарат выпускается химическим заводом.

В состав препаративных форм входит токсин, т.е. действующее вещество, определяющее токсичность пестицида, и вспомогательные вещества, или ингредиенты, которые определяют физико-химические свойства пестицида и от которых зависит эффективность воздействия пестицидов на ВБС (вредителей, болезни и сорняки).

Препаративные формы пестицидов должны обладать, наряду с токсичностью, высокой дисперсностью, хорошо растекаться по обрабатываемой поверхности, полно и равномерно покрывая части растений и вредные организмы, и хорошо удерживаться на них.

Успех химической защиты растений в значительной степени зависит от правильно выбранной препаративной формы пестицида.

Задание 1. Изучите состав основных промышленных препаратов и приведите примеры препаратов, относящихся к этим группам, заполнив таблицу 3.1 и запишите их в рабочей тетради.

Таблица 3.1

Формы промышленных препаратов

Препаративная форма	Состав		Пример
	содержание действующего вещества, г/л; г/кг	основные ингредиенты	
Кристаллический порошок (КРП)			
Смачивающие порошки (СП)			
Гранулы (Г)			
Пасты (ПС)			
Водные растворы (ВР)			
Порошки (П)			
Таблетки (ТАБ)			
Концентраты эмульсии (КЭ)			
Водный концентрат суспензии (ВКС)			

Задание 2. Изучите способы применения пестицидов и приведите примеры препаратов, относящихся к этим способам, заполнив таблицу 3.2 и запишите их в рабочей тетради.

Таблица 3.2

Способы применения пестицидов

Характер применения (способ)	Название		Промышленная (товарная) форма	С.-х. машины*	
	способа	препарата		марка	производительность, га/час; т/час
1	2	3	4	5	6
Нанесение на обрабатываемую поверхность пестицидов в капельно-жидком состоянии в виде растворов, эмульсий, суспензий					
Нанесение пестицида в пылевидном состоянии на обрабатываемую поверхность					
Введение пестицида в паро- или газообразном состоянии в среду обитания вредного организма (ВО)					
Введение пестицидов в высокодисперсиро-ванном твердом (дым) или жидком (туман) состоянии в среду обитания ВО					
Применение пестицидов вместе с приманочным кормом					
Нанесение пестицида на семенной (посадочный) материал					
Применение пестицидов в форме гранул					

* - характеристика с.-х. машин для защиты растений дана в приложении 9

Рабочие составы – это форма, в виде которых пестициды применяются в сельском хозяйстве.

Рабочий состав для опрыскивания представляет собой сложную дисперсную систему, состоящую во многих случаях из трех компонентов: растворителя (дисперсионная среда, чаще вода, иногда масло); мелкораздробленных частиц пестицида, которые находятся во взвешенном состоянии в основной среде (дисперсная фаза); вспомогательных веществ – ингредиентов, способствующих улучшению качества рабочего состава.

Различают следующие типы дисперсных систем, применяемые для опрыскивания:

- *истинные растворы* – молекулярно-ионные системы с размером частиц 1 мкм, когда исчезает граница между дисперсной фазой и дисперсионной средой;

- *коллоидные растворы, или доли* – дисперсные системы с размером частиц от 100 до 1 мкм;

- *суспензии* – в жидкости распределены твердые частицы (капли) размером от 1 до 65 мкм;

- *эмульсии* – в жидкости распределены жидкие частицы (капли) размером 2-3 мкм.

Качество жидкого рабочего состава определяется его стабильностью, способностью хорошо смачивать обрабатываемую поверхность (растения или тела насекомого), прилипать и удерживаться на ней.

Жидкий рабочий состав, попадая на обрабатываемую поверхность (листья, тело насекомого), должен сначала смочить ее, а затем растечься по ней и хорошо покрыть ее.

Смачиваемость – это способность рабочей жидкости растекаться и удерживаться на обрабатываемой поверхности. Смачивающая способность зависит от свойств поверхности (волосистая, с восковидным налетом, гладкая или морщинистая), на которую попадает жидкость, и свойств жидкости. Одним из важных свойств жидкости является поверхностное натяжение.

Поверхностным натяжением называется сила, с которой поверхностная пленка давит на жидкость. Поверхностное натяжение измеряют в динах на 1 см и обозначают греческой буквой σ (сигма).

Между поверхностным натяжением и смачивающей способностью опрыскивающей жидкости существует обратная зависимость: чем выше поверхностное натяжение, тем ниже смачивающая способность жидкости.

Поверхностное натяжение рабочей жидкости зависит от добавления поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые понижают поверхностное натяжение воды. Экспериментальным путем установлено, что оптимальной смачиваемостью обладают эмульсии пестицидов, имеющие поверхностное натяжение 23-45 дн./см, а суспензии – 50-60 дн./см.

Рабочая форма – это форма непосредственного применения пестицидов для борьбы с вредными организмами в производственных условиях. На практике в ряде случаев наблюдается совпадение рабочей и препаративной форм пестицида. Последнее характерно для дустов, гранулированных и микрокапсулированных препаратов, шашек, рицифонов, сжиженных газов, т.к. их препаративные формы применяются в сельскохозяйственном производстве в том виде, в каком они поступают в хозяйства с завода-изготовителя.

В целом рабочая форма пестицидов представляет собой дисперсную систему (истинный раствор, эмульсия, суспензия, аэрозольный дым, туман, газ),

состоящую из дисперной среды (воздух, жидкость, твердое тело) и дисперсной фазы (твердые, жидкие, газообразные частицы пестицидов).

Как правило, дисперсная система стремиться к расслоению. Чем меньше размер дисперсных пестицидных частиц, тем выше класс дисперсии и дисперсная система более устойчива.

Меньшее дробление препарата, или более высокий класс дисперсии обеспечивает более высокую токсичность пестицида, улучшает его контакт с обрабатываемыми растениями, повышает способность проникать в малодоступные места, увеличивает частоту встречаемости вредных организмов с пестицидом.

Задание 3. Изучите возможные рабочие растворы и среды пестицидов, и запишите таблицу 3.3 в рабочую тетрадь.

Таблица 3.3

Рабочие формы пестицидов

Дисперсная фаза	Дисперсная система		
	воздух	жидкость	твердое тело
Газообразная	Смесь газов (наземная фумигация)	Истинный раствор	Почвенная фумигация (твердое тело -почва)
Жидкая			
Растворы в воде	Аэрозольный туман	Истинный раствор	Почвенная фумигация (твердое тело -почва) Отравленная приманка (твердое тело - корм)
Рицифон	то же	Эмульсия	то же
Концентрат эмульсии	то же	то же	Дусты, гранулы шашки (твердое тело - наполнители)
Паста	то же	то же	
Твердая			
Дуст	Аэрозольный дым	Суспензия	Почвенная фумигация (твердое тело - почва) Почвенная фумигация (твердое тело - почва) Отравленная приманка
Гранулы	Гранулы	Суспензия	то же
Микрокапсулы	Микрокапсулы	то же	Корм
Шашки	Аэрозольный дым	то же	
Смачивающийся порошок	то же	Суспензия	

В настоящее время для всех пестицидов опытным путем установлены оптимальные нормы расхода применительно к разным культурам. Правильность этого регламента имеет исключительно важное значение, т.к. превышение нормы расхода может вызвать повреждение культуры, а уменьшение нормы - снижение эффективности в борьбе с ВО, и в том и в другом случае будет снижение урожая.

В инструктивных материалах, учебных пособиях, научных статьях нормы расхода даются в кг (л) препарата или кг (л) действующего вещества, легко можно рассчитать норму расхода любой из выпускаемых форм препарата по формуле:

$$Н = \frac{Д \times 100}{g}$$

где Н – расход препарата, кг/га (л/га);

Д – расход по действующему веществу, кг/га;

g – содержание действующего вещества в препарате, %.

При обработке пропашных культур посредством ленточного внесения пестицида норма его расхода меньше и ее рассчитывают по формуле:

$$Нл = Нс \times \frac{ш}{Ш}$$

где Нл – норма расхода пестицида при ленточном внесении, кг/га;

Нс – норма расхода пестицида при сплошном внесении, кг/га (л/га);

ш – ширина ленты опрыскивания, см;

Ш – ширина междурядий, см.

Задание 4. Познакомившись с основными препаративными формами и способами применения пестицидов решите задачи, и запишите решения в рабочую тетрадь.

Задача 1.

Какое количество диметиламинной соли 2,4-Д, ВР надо заготовить, чтобы провести обработку посевов пшеницы на площади 200 га в борьбе с двудольными сорняками, если норма расхода гербицида по действующему веществу на 1 га составляет 0,8 кг, а содержание д.в. в 1 литре препарата 688 г?

Задача 2.

Определить норму расхода Байзафон, СП, 250 г/кг, если расход рабочего состава равен 600 л/га, а его концентрация 0,2%.

Задача 3.

Для обработки клубней семенного картофеля перед посадкой используется ТМТД, ТПС 400 г/кг в виде 3% суспензии (по д.в.) в количестве 50 л на 1 т клубней. Какое количество препарата нужно для обработки 900 ц клубней?

Задание 5. Изучите комплекс мероприятий по защите растений, заполнив таблицу 3.4 и запишите таблицу в рабочую тетрадь.

Таблица 3.4

Комплекс мероприятий по защите растений

Мероприятия	Характеристика
Агротехнические	
Генетические	
Карантинные	
Биологические	
Механические	
Физические	
Химические	

Контрольные вопросы

1. *Что входит в состав препаративных форм пестицидов?*
2. *Перечислите основные способы применения пестицидов.*
3. *Укажите случаи совпадения рабочих и препаративных форм пестицидов.*
4. *Назовите основные компоненты рабочих составов, применяемых способом опрыскивания.*
5. *Какая зависимость существует между поверхностным натяжением и смачивающей способностью жидкости?*
6. *Зачем к рабочим жидкостям добавляют ПАВ?*
7. *Какие дисперсные системы можно приготовить из промышленных (препаративных) форм пестицидов?*

Занятие 4. Инсектициды и акарициды

Цель занятий. Изучить свойства и применения химических средств борьбы с насекомыми и клещами.

Современные инсектициды относятся к разным классам химических соединений и обладают различным характером действия.

Органические соединения фосфора являются наиболее многочисленной группой в ассортименте пестицидов. Широкое распространение этих соединений обусловлено их высоким инсектицидным и акарицидным спектром действия и высокой начальной токсичностью для вредителей, малой стойкостью в биологических средах и разложением с образованием продуктов нетоксичных для человека и животных.

Группа инсектицидов, получившая название пиретроидов из-за структурного сходства и близости действия с естественными пиретринами, является одной из перспективных и быстро развивающихся. Синтетические пиретроиды – инсектициды контактного и кишечного действия. Биологическая активность их значительно выше активности инсектицидов других групп.

Пиретроиды слабо передвигаются в почве, хорошо поглощаются и удерживаются почвенно-поглощающим комплексом. Под действием микрофлоры почвы они разрушаются в течение 2-4 недель. Отрицательного воздействия на защищаемые растения не отмечается. Пиретроиды практически не проникают в растения. Период полураспада пиретроидов на растениях 7-9 дней.

Задание 1. Ознакомившись с основными инсектицидами и акарицидами, применяемыми для защиты различных культур от вредителей и определив характер их действия, заполнить таблицу 4.1. В эту схему необходимо вписать в соответствующие графы каждый изучаемый образец, выделив преобладающее действие и подчеркнув название инсектицидов, обладающих акарицидной активностью.

Таблица 4.1

Классификация инсектицидов

Классы химических соединений	Характер действия инсектицида		
	контактное или контактно-кишечное	кишечное или кишечно-контактное	системное или системно-контактное
1. Фосфорные соединения а) производные тиофосфорной кислоты			
б) производные дитиофосфорной кислоты			
2. Синтетические пиретроиды			
3. Неоникотиноиды			
4. Финилпиразолы			
5. Ацетамиды			
6. Ингибиторы синтеза хитина			

Задание 2. Пользуясь образцами инсектицидов и справочной литературой опишите по регламентам, указанным в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Свойства и регламенты применения инсектицидов

Показатели	Инсектицид						
Название действующего вещества							
Препаративная форма, содержание действующего вещества							
Токсичность при введении в желудок, СД50 мг/кг							
Норма расхода препарата (кг/га, л/га)							
Против каких вредителей							
Срок и способ применения							
Срок ожидания (срок последней обработки)							
Максимальная кратность обработок							
Класс опасности для пчел							

Задание 3. Познакомившись с основными инсектицидами, решите задачи, и запишите решения в рабочую тетрадь.

Задача 1.

Какое количество Диазол, КЭ (600 г/л) требуется для опрыскивания 200 га яровой пшеницы от хлебной жужелицы, если на 1 га его норма расхода (по действующему веществу) составляет 0,9 литра?

Задача 2.

Какую площадь посева капусты можно обработать против капустной белянки 300 л Карбофос-500, КЭ (500 г/л), если норма расхода 0,06 % эмульсии препарата при наземном опрыскивании составляет 300 л/га?

Задача 3.

Укажите количество воды и площадь пшеницы, которую необходимо обработать 0,08%-ной эмульсией Суми-альфа, если в хозяйстве имеется 20 л препарата, а его норма расхода 0,2 л/га.

Задача 4.

Рассчитать количество Нунчак, КЭ, необходимого для опрыскивания 15 га сада 0,12%-ной эмульсией при ее расходе 1500 л/га.

Задача 5.

Гранулированный Землин, Г (50 г/кг) применяется на картофеле при норме расхода 0,5 кг/га д.в. В хозяйстве имеется 350 л Диазол, КЭ (600 г/л). Достаточно ли будет этого количества, чтобы обработать 200 га картофеля?

Специфические акарициды приобрели известность в 50-х годах в связи с бурным нарастанием численности растительноядных клещей (паутинный клещ на хлопчатнике и овощных культурах, бурый, красный и боярышниковый клещи на плодовых, серебристый и красный клещи на цитрусовых и т.д.), вызванным широким применением препаратов ДДТ. Внедрение в производство фосфорорганических соединений, привело к снижению численности клещей. Однако сравнительно через короткий срок у растительноядных клещей возникла устойчивость к наиболее широко и часто применяемым препаратам (метафос, карбофос и др.). Появились расы клещей, устойчивость которых к указанным препаратам оказалась выше в 100-200 и даже в 300 раз и более с первоначальной. Появилась необходимость замены ФОС новыми соединениями, к которым клещи оставались чувствительными. Стали выпускаться специфические акарициды, не содержащие фосфор.

Задание 4. Пользуясь образцами специфических акарицидов и справочной литературой опишите их по регламентам, указанным в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Свойства и регламенты применения специфических акарицидов

Показатели	Препараты		
1.Название действующего вещества (д.в.)			
2. Препаративная форма, содержание д.в.			
3. Токсичность при введении в желудок			
4. Норма расхода препарата (кг/га, л/га)			
5. Против каких вредителей			
6. Срок и способ применения			
7. Срок ожидания (срок последней обработки)			
8. Максимальная кратность обработок			

Контрольные вопросы

1. *Чем обусловлено широкое распространение фосфорорганических инсектицидов?*
2. *Назовите несколько фосфорорганических инсектицидов?*
3. *В чем заключается разница между пиретринами и пиретроидами?*
4. *Дайте краткую характеристику синтетическим пиретроидам?*
5. *Когда и в связи с чем появилась в нашей стране необходимость в производстве специфических акарицидов?*
6. *Какова роль фосфорорганических соединений в снижении численности клещей?*

Занятие 5. Родентициды, фумиганты, нематициды и способы их применения

Цель занятия. Изучить свойство и применение химических средств борьбы с грызунами, вредителями запасов и нематодами.

Задание 1. Изучить общую характеристику группы родентицидов и записать ее в рабочей тетради.

Задание 2. Ознакомившись с основными родентицидами, применяемыми для защиты различных культур от грызунов, заполнить таблицу 5.1.

Таблица 5.1

Основные свойства родентицидов

Показатели	Препараты		
1. Действующее вещество			
2. Препаративная форма, содержание д.в.			
3. Группа токсичности			
4. Норма расхода препарата			
5. Способ и срок применения			
6. Против каких грызунов			

Задание 3. Изучить общую характеристику группы фумигантов и записать ее в рабочей тетради.

Задание 4. Ознакомившись с фумигантами, применяемыми для защиты различных культур от вредителей запасов, заполнить таблицу 5.2, описав регламенты их применения.

Таблица 5.2

Основные свойства фумигантов

Показатели	Препараты		
1. Действующее вещество			
2. Препаративная форма, содержащая д.в.			
3. Группа токсичности			
4. Норма расхода, экспозиция			
5. На каких объектах разрешен к применению			
6. Против каких вредителей			
7. Способ и срок применения			

Задание 5. Изучить общую характеристику группы нематицидов и записать ее в рабочей тетради.

Задание 6. Ознакомившись с основными нематицидами, применяемыми для защиты различных культур от нематод, записать регламенты их применения в таблицу 5.3.

Таблица 5.3

Основные свойства нематицидов

Показатели	Препараты		
1. Действующее вещество			
2. Препаративная форма, содержащая д.в.			
3. Группа токсичности			
4. Норма расхода препарата			
5. На каких культурах разрешен			
6. Способ и срок применения			
7. Срок последней обработки (срок ожидания, дней)			
8. Максимальная кратность обработок			

Задание 7. Познакомившись с родентиицдами и фумигантами, решите задачи, и запишите решения в рабочую тетрадь.

Задача 1.

Для приготовления зерновых приманок против серой крысы применяют родентицид Клерат, Г с содержанием 5 г/кг д.в. При этом берут 5% препарата и 3% растительного масла по отношению к весу приманки.

Сколько нужно заготовить бродифакума для обработки хранилища с площадью пола 1000 м^2, если на 50 м^2 нужно 4 приманочных ящика с 40 г. приманки?

Задача 2.

Достаточно ли 30 кг препарата Норат, Г для борьбы с крысами на ферме (площадь пола 500 м^2), на складе (площадь пола 300 м^2) и в овощехранилище (площадь пола 400 м^2). Сколько при этом надо приманочного вещества и растительного масла, если в отравленных приманках должно быть 5% шторма и 3% масла, а норма расхода препарата 2 г/м^2?

Задача 3.

Продовольственное зерно при фумигации Метабром-РФО, Газ было расположено насыпью длиной 10 м, шириной 5 м и высотой 1,5 м, высота помещения – 4 м при той же длине и ширине. Норма расхода фумиганта 100 г/м^3 для зерна и 25 г /м^3 для надзернового пространства.

Сколько потребуется препарата для проведения фумигации?

Задача 4.

Фумигацию незагруженного зернохранилища, длина которого 15 м, ширина 10 м, и высота 3 м проводили Магтоксин, ТАБ. Пользуясь списком определите сколько потребуется этого препарата?

Контрольные вопросы

1. *Перечислите основные свойства фумигантов.*
2. *Для чего предназначены фумиганты?*
3. *Как влияют на эффективность фумигантов температура воздуха и углекислота?*
4. *Для чего используются родентициды?*
5. *Механизм действия современных родентицидов?*
6. *Меры безопасности при приготовлении и применении приманок?*
7. *Назовите основные нематициды.*

Занятие 6. Фунгициды

Цель занятия. Изучить свойства и применение фунгицидов и протравителей (фунгицидов, применяемых для обработки посевного и посадочного материала).

Задание 1. Ознакомившись с фунгицидами в зависимости от особенностей инфекции и целевого назначения, применяемыми для защиты различных культур от возбудителей заболеваний, заполнить таблицы 6.1 и 6.2.

Таблица 6.1

Классификация фунгицидов
в зависимости от особенностей инфекции и целевого назначения

Название группы	Определение группы
Протравители	
Фунгициды для обработок почвы	
Фунгициды для обработки многолетних растений в период покоя	
Фунгициды для обработки растений в период вегетации	

Таблица 6.2

Классификация фунгицидов по характеру действия на патоген

Название группы фунгицидов	Характеристика группы
Защитные	
Лечебные	
Контактные	
Системные	

Задание 2. Ознакомившись с химическим составом основных фунгицидов, применяемых для защиты различных культур от фитопатогенов, и определив химическую группу к которой относится препарат, заполнить таблицу 6.3. В соответствующие графы необходимо вписать названия фунгицидов, относящиеся к разным химическим классам.

Таблица 6.3

Классификация фунгицидов по химическому составу

Группа по химическому строению	Название препарата
Контактные фунгициды	
Медьсодержащие препараты	
Препараты неорганической серы	
Системные фунгициды	
Стробилурины	
Производные бензимидазола и тиофанаты	
Производные триазола	
Фениламиды	

Задание 4. Пользуясь образцами фунгицидов для обработки растений в вегетацию и справочной литературой опишите их регламенты применения в таблице 6.4.

Таблица 6.4

Свойства и регламенты применения фунгицидов

Показатели	Для обработки в период вегетации						
	Контактные	Системные					
1. Действующее вещество							
2. Препаративная форма, содержание д.в.							
3. Группа токсичности							
4. Норма расхода препарата (кг/га; л/га)							
5. На каких культурах разрешен к применению							
6. Против каких болезней							
7. Способ и срок применения							
8. Срок ожидания							
9. Максимальная кратность обработок							

Задание 5. Пользуясь образцами протравителей и справочной литературой опишите их регламенты применения в таблице 6.5.

Таблица 6.5

Основные свойства и регламенты применения протравителей

Показатели	Протравители семян						
	Контактные	Системные					
1. Действующее вещество							
2. Препаративная форма, содержание д.в.							
3. Норма расхода препарата (кг/га; л/га)							
4. На каких культурах разрешен к применению							
5. Против каких болезней							
6. Способ, время обработки							
7. Токсичность, $СД_{50}$ мг/кг							

Задание 6. Познакомившись с фунгицидами, решите задачи, и запишите решения в рабочую тетрадь.

Задача 1.

Какое количество Беномила (500 г/кг) и воды потребуется для трехкратной обработки 70 га сахарной свеклы, если норма расхода препарата 0,3 кг/га д.в. в концентрации 0,2%?

Задача 2.

Для защиты сада от комплекса болезней по спящим почкам проводят «голубое опрыскивание». Какое количество медного купороса, извести и воды необходимо заготовить, чтобы провести «голубое опрыскивание» сада площадью 20 га 5% бордосской жидкостью, если норма расхода рабочей жидкости 1500 л на гектар?

Задача 3.

Плодоносящий яблоневый сад поражен паршой. Рассчитать количество Мерпан, СП (500 г/кг) и воды, необходимое для опрыскивания 25 га сада в борьбе с паршой яблони 0,5% суспензией (по действующему веществу), если норма расхода рабочей жидкости равна 1200 л/га?

Задача 4.

Укажите площадь яблоневого сада, которую можно обработать 200 кг Кумулус ДФ, ВДГ, если концентрация и норма расхода рабочей жидкости равны, соответственно 0,3: и 1400 л/га?

Задача 5.

Достаточно ли 80 л эмульсии Фея, КЭ (250 г/л) для 180 га пшеницы, если он применяется в виде 0,1%-ной суспензии при норме ее расхода 0,02 л/м^2?

Задача 6.

Сколько потребуется воды, чтобы из 5 л 22%-го раствора получить 275 л 0,4%-го?

Контрольные вопросы

1. *Дайте определение групп фунгицидов в зависимости от особенностей инфекции и целевого назначения.*
2. *На какие группы делятся фунгициды по характеру действия на патоген?*
3. *Укажите фунгицид с акарицидным действием.*
4. *Из каких компонентов и как готовят бордосскую жидкость?*
5. *Дайте определение протравливанию.*
6. *Назовите способы протравливания.*
7. *Как определить биологическую эффективность протравливания семян?*

Занятие 7. Гербициды

Цель занятия: Познакомиться со свойствами и регламентом применения гербицидов.

Задание 1. Ознакомившись с химической классификацией гербицидов, применяемых для защиты различных культур от сорной растительности, заполнить таблицу 7.1. В шапку таблицы вписать образцы гербицидов и на

пересечении столбца таблицы с названием гербицида и строкой с химической группой поставить знак «+».

Таблица 7.1

Химическая классификация гербицидов

Производные группы	Гербицид						
1. Арилоксиалкилкарбон-вых кислот							
2. Бискарбоминовой кислоты							
3. Бензойной кислоты							
4. Соли фосфорорганических соединений							
5. Гетероциклические соединения							
6. Сульфонилмочевины							
7. Хлорацетананилиды							

Задание 2. Ознакомившись с химической классификацией гербицидов, применяемыми Приведите примеры гербицидов, относящихся к следующим группам классификации:

По принципу действия на растения

а) гербициды сплошного действия (общеистребительные)

_____

б) гербициды избирательного действия (селективные)

_____

По характеру проникновения в растение

а) проникающие преимущественно через листья и другие надземные органы

_____

б) проникающие через корни или проростки в почве

_____

в) проникающие через листья и корни (комбинированного действия)

_____

Задание 3. Пользуясь образцами гербицидов и справочной литературой опишите регламенты их применения в таблице 7.2. и 7.3.

Таблица 7.2

Контактные гербициды

Показатели	Препараты		
1. Действующее вещество			
2. Форма, содержание д.в.			
3. Группа токсичности			
4. Норма расхода препарата			
5. На каких культурах разрешен			
6. Против каких сорняков			
7. Фаза развития культуры			
8. Особенности применения			
9. Класс опасности для пчел			

Таблица 7.3

Системные гербициды

Показатели	Препараты				
1. Действующее вещество					
2. Форма, содержание д.в.					
3. Группа токсичности					
4. Норма расхода препарата					
5. На каких культурах разрешен					
6. Против каких сорняков					
7. Фаза развития культуры					
8. Особенности применения					
9. Класс опасности для пчел					

Задание 4. Познакомившись с гербицидами, решите задачи, и запишите решения в рабочую тетрадь.

Задача 1.

Определить концентрацию рабочей жидкости Спрут, ВР (360 /л), если расход рабочего состава равен 300 л/га, а норма расхода препарата 1,2 л/га д.в.

Задача 2.

Сколько надо взять Аминопелик, ВР (600 г/л) для обработки 150 га ячменя, норма расхода 1,5%-ной (по д.в.) рабочей жидкости равна 200 л/га? Можно ли за один рабочий день обработать эту площадь, используя два опрыскивателя ОП-2000, производительность каждого 8 га час?

Задача 3.

Концентрация эмульсии Эфилон, КЭ (450 г/л) равна 0,3% (по д.в.), ее норма расхода 300 л/га. Сколько гербицида потребуется для обработки 350 га сахарной свеклы?

Задача 4.

Сколько необходимо взять действующего вещества Феникс, КЭ (100 г/л д.в.) для обработки 230 га яровой пшеницы при норме расхода препарата 0,4 л/га?

Задача 5.

Сколько потребуется опрыскивателей ОПШ-18-2500 для обработок гербицидом Босфор, КЭ 450 га подсолнечника, если работать 1 день в две смены?

Задача 6.

Рассчитать количество Хатор, ВР (300 г/л) и воды, необходимых для опрыскивания кукурузного поля площадью 200 га при норме расхода 0,3 л/га (д.в.) и расходе рабочей жидкости 300 л/га.

Контрольные вопросы

1. На какие группы делятся гербициды: по химическому составу, по принципу действия на растения, по характеру действия на растения?

2. На какие группы делятся гербициды по характеру проникновения в растения и по срокам и способам внесения?

3. Особенности применения гербицидов в саду?

4. Назовите контактные гербициды.

5. Укажите особенности применения селективных (избирательных) гербицидов, приведите примеры.

Занятие 8. Биопрепараты

Цель работы. Ознакомиться со свойствами и регламентами применения микробиологических препаратов, применяемых для борьбы с вредными организмами и регуляторами роста и развития растений.

Биопрепараты – это широкая группа биологических средств, содержащая в своем составе микроорганизмы или вещества ими выделяемые, а также вытяжки активных компонентов из природных источников.

Главной особенностью таких биологических средств защиты, в отличие от средств «химических», является их безвредность для человека и окружающей среды (в том числе домашних и диких животных, насекомых-опылителей и т.п.), что делает их пригодными для все более набирающего популярность экологического (органического) земледелия. К тому же такие препараты не вызывают привыкания у вредителей и устойчивости у патогенных микроорганизмов – это позволяет эффективно использовать средства в течение многих лет, не увеличивая нормы расхода действующего вещества.

А еще – биопрепараты не накапливаются в тканях растений, не оказывают отрицательного влияния на качество и вкусовые свойства плодов и не

требуют длительного периода ожидания (время между повторными обработками). К тому же, некоторые из них не только борются с инфекциями или вредителями, но даже укрепляют иммунитет сельскохозяйственных культур или увеличивают урожайность.

Биологические средства защиты растений делятся на:

- биофунгициды – препараты, подавляющие жизнедеятельность фитопатогенных грибов;
- биоинсектициды – уничтожают против насекомых-вредителей;
- биоакарициды – используются против фитопатогенных клещей;
- бионематициды – направлены против растительноядных нематод;
- биогербициды – средства против сорных растений;
- биородентициды – препараты против грызунов.

Недостатки использования биопрепаратов:

- эффект действия проявляется в большинстве своем медленнее и мягче химических аналогов;
- действие недолговечно, и обработки придется повторять с определенной периодичностью;
- эффективно справятся с вредными организмами только на ранних стадиях развития. Чтобы получить существенный эффект, нужно проводить профилактические обработки.

Задание 1. Пользуясь образцами биопрепаратов и справочной литературой опишите регламенты их применения в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Свойства и применение биопрепаратов

Показатели	Биопрепараты для борьбы с						
	насекомыми				болезнями		
1. Действующее вещество							
2. Содержание д.в.							
3. Норма расхода препарата							
4. На каких культурах применяется							
5. Цель применения							
6. Способ и срок применения							
7. Особенности применения							

Задание 2. Познакомившись с биопрепаратами, решите задачи, и запишите решения в рабочую тетрадь.

Задача 1.

Определить количества Битоксибациллин, П и воды для обработки 30 га сада, если норма расхода препарата 5 кг/га в концентрации 0,3%?

Задача 2.

Сколько потребуется биологического препарата БисолбиСан, Ж с титром 115 млрд. спор/г для обработки 38 га картофеля при норме расхода этого препарата с титром 100 млрд. спор/г 3 л/га?

Задача 3.

Определить фактический расход жидкости за один проход опрыскивателя при норме расхода жидкости 300 л/га, длине гона 700 м, ширине захвата опрыскивателя 6 м.

Задача 4.

Какое количество Лепидоцид, П с титром 40 млрд. спор/г потребуется для опрыскивания 20 га капусты этим же препаратом с титром 60 млрд. спор/г, если последний применяется в концентрации 1% при расходе рабочей жидкости 200 л/га?

Задача 5.

Сколько необходимо взять Лепидоцид, СК-М с титром 14 млрд. спор/г для обработки 8 га яблоневого сада, если норма расхода препарата с титром 10 млрд. спор/г 3 кг/га.

Задача 6.

Какое количество Битоксибациллин, П и воды потребуется для обработки 40 га сада, если его норма расхода 5 кг/га в концентрации 0,7%?

Регуляторы роста – это органические соединения, вызывающие стимуляцию или ослабление процессов роста и развития. К ним относятся природные вещества (фитогормоны) и синтетические препараты, используемые в растениеводстве.

Общие черты фитогормонов:

- эндогенное происхождение;
- небольшая молекулярная масса (от 28 до 400);
- действуют в очень низких концентрациях (10^{-13}-10^{-15} моль/л);
- место синтеза и место действия разъединены;
- возможность транспортировки по растению;
- вызывают специфический физиологический ответ у определенных клеток.

Современная классификация насчитывает 6 классов гормонов: Ауксины; Гиббереллины; Цитокинины; Брассиностероиды; Этилен; Абсцизовая кислота.

Ауксины. Стимуляторы роста. Соединения преимущественно индольной природы: например, индолилуксусная кислота (ИУК) и ее производные. Предшественником в синтезе является триптофан. Синтезируются в верхушке главного стебля и корня, а также в почках и молодых листьях. Больше всего ИУК содержится в растущих почках и листьях, в пыльце и формирующихся семенах. Транспорт ауксинов происходит строго полярно: от верхушки стебля к кончику корня.

Физиологическое действие – стимулируют все фазы роста клеток: камбиальную активность, образование каллуса, разрастание завязи, формирование проводящих пучков, фото- и геотропизм, двигательную активность листьев; определяют апикальное доминирование; стимулируют ризогенез и утолщение боковых корней; регулируют цветение, рост и созревание плодов, опадение листьев, завязей и плодов.

Синтетические аналоги ауксинов – индолилмасляная кислота (ИМК), нафтилуксусная кислота (НУК), 2-нафтоксиуксусная кислота (НОУК), 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-ДХФУК).

Гиббереллины. Стимуляторы роста. Тетрациклические карбоновые кислоты – гиббереллловая кислота (вА) и др. Предшественником в синтезе является мевалоновая кислота. Синтезируются в растущих апикальных стеблевых почках растений, хлоропластах листьев, формирующихся семенах, зародыше прорастающего семени. Передвигаются по растению неполярно.

Физиологическое действие – регулируют рост растений: деление и растяжение клеток апикальных и интеркалярных меристем, удлиняют стебель и листья, особенно у злаков, цветки и соцветия становятся крупнее; регулируют цветение, покой, плодоношение; влияют на метаболические процессы: интенсивность фотосинтеза, дыхания, транспирации.

Применяются для ускорения цветения длиннодневных культур, смещения пола растений в мужскую сторону, ускорения прорастания и повышения всхожести семян, часто применяются при выгонке растений.

Цитокинины. Стимуляторы роста. Являются производными 6-аминопурина. Основные цитокинины – кинетин, зеатин. Предшественником в синтезе является мевалонат и пурин. Синтезируются в апикальной меристеме корней, в молодых листьях и почках, развивающихся плодах и семенах. Транспортируются по сосудам ксилемы из апексов корней в надземные части растения.

Физиологическое действие: 1) влияют на рост клеток; индуцируют клеточные деления, активизируют рост клеток двудольных растений в длину, способствуют дифференцировке клеток; 2) действуют на органогенез: стимулируют формирование почек, рост побегов, угнетают рост корней, вызывают переход к цветению в неблагоприятных условиях); 3) снимают апикальное доминирование: стимулируют рост боковых почек; 4) прерывают покой клубней, семян, спящих почек древесных растений; 5) повышают аттрагирующую способность и задерживают старение листьев.

Применяют для образования почек на каллусной ткани, получения ветвящихся растений, для задерживания пожелтения листьев. Кинетин на фоне высокого уровня азотного питания стимулирует цветение.

Брасиностероиды. В пыльце рапса (Brassica napus) были обнаружены вещества, обладающие рострегулирующей активностью и которые назвали брассинами. В 1979 г. был выделен брасинолид и определено его химическое строение. Для получения 4 мг кристаллического вещества было переработано

4 кг пыльцы рапса, собранного пчелами. Оказалось, что это вещество стероидной природы с молекулярной формулой C28H48O6. Позже оказалось, что активность имеют и ряд подобных соединений. В настоящее время известно около 60 брассиностероидов.

Физиологические эффекты брассиностероидов: повышают устойчивость растений к стрессам (особенно засуха и солевой стресс); стимулируют рост пыльцевой трубки; стимулируют образование хлорофилла; способствуют делению и растяжению клеток побегов; стимулируют деление клеток, вместе с ауксином и цитокининами; усиливают растяжение клеток в присутствии ауксинов и гиббереллинов; как и гиббереллины способствуют выходу семян из состояния физиологического покоя; недостаточное количество брассиностероидов в растении приводит к карликовости и стерильности пыльцы; ауксины и брассиностероидов совместно оказывают синергичное действие.

Гормональные продукты можно использовать в определенные фазы развития растения, в определенной дозе, для получения положительного отзыва растения. Но так же можно и навредить растению.

Этилен. Ингибитор роста. Синтезируется из метионина. Представляет собой газ. Основные производные этилена: этрел, алсоп, этилен-хлоргидрин. Образуется во всех органах растений, но наибольшая скорость синтеза наблюдается в стареющих листьях и созревающих плодах. Недостаток кислорода тормозит выделение этилена.

Физиологическое действие – ингибирование роста: торможение деления клеток, останавливает рост листьев у двудольных, изменяет направление роста с продольного на поперечное; ускоряет созревание плодов; удлиняет покой семян, клубней, у некоторых растений ускоряет прорастание пыльцы, клубней и луковиц; смещает пол растений в женскую сторону.

Применяют для уменьшения длины и увеличения толщины стебля, дозревания плодов, увеличения доли женских растений, ускорения цветения некоторых растений (ананас), прерывания глубокого покоя при зимней выгонке ландыша, нарцисса, тюльпана (этиленхлоргидрин).

Абсцизовая кислота (ЛБК) и ее производные. Ингибитор роста. Являются соединениями терпеноидной природы. Синтезируется из мевалоновой кислоты, а также в результате деградации каротиноидов. Синтезируется во всех органах растений, особенно в старых. Больше всего АБК содержится в старых листьях, зрелых плодах, покоящихся семенах и почках. Перемещается по ксилеме и флоэме, по паренхиме, в основном в направлении очагов меристематической активности.

Физиологическое действие — ингибиторы широкого спектра действия, вызывают переход в состояние покоя семян, луковиц, почек; регулируют процессы старения и опадения органов; тормозят рост и метаболические процессы; подавляют активность ауксинов, цитокининов и гиббереллинов; регулируют устьичные движения, снижают транспирацию.

Ретарданты. Ингибиторы роста. Синтетические регуляторы, тормозящие синтез гиббереллинов, подавляющие рост стебля и вегетативных побегов. Способствуют росту корней, листьев, повышают содержание хлорофилла, устойчивость к стрессам. Основные препараты: тур, хлорхолинхлорид – применяются против полегания злаковых трав, при выгонке рассады; алар – тормозит рост вегетативных частей древесных растений, ускоряет закладку цветочных почек; фосфон – ускоряет выгонку декоративных культур; пакло-бутразол – уменьшает длину цветоножек, цветоносов, стеблей при производстве рассады и горшечных растений; АМО-1618 – применяется при выгонке луковичных растений. Все ретарданты способствуют укреплению и уменьшению длины стебля растений.

Морфактины (morphactins) [греч. morphe – вид, форма, образ и лат. aktivus – активный] – синтетические химические соединения, тормозящие рост и органогенез молодых частей растений за счет нарушения транспорта гормональных соединений и вызывающие появление уродливых органов у растений.

Природные ингибиторы роста фенольной природы и АБК, тормозящие растяжение отрезков колеоптилей, прорастание семян и другие ростовые процессы у высшего растения, не подавляли синтез ИУК и гибберелловой кислоты в культуре грибов.

Задание 3. Ознакомиться с классификацией регуляторов роста и развития растений в зависимости от механизма их действия, применяемых при возделывании различных культур, заполнить таблицу 8.2.

Таблица 8.2

Классификация регуляторов роста

Виды регуляторов роста	Механизм действия	Пример
Природные регуляторы роста растений		
Ауксины		
Гиббереллины		
Цитокинины		
Брассиностероиды		
Этилен		
Абсцизовая кислота		
Синтетические регуляторы роста		
Ретарданты		
Морфактины		
Гербициды		
Микро- и макроэлементы		
Азот		
Фосфор		
Калий		
Кальций		
Бор		
Цинк		
Молибден		

Задание 4. Пользуясь образцами регуляторов роста растений и справочной литературой опишите их регламенты применения в таблице 8.3.

Таблица 8.3

Свойства и применение регуляторов роста

Показатели						
1. Действующее вещество						
2. Содержание д.в.						
3. Норма расхода препарата						
4. На каких культурах применяется						
5. Цель применения						
6. Способ и срок применения						
7. Особенности применения						

Контрольные вопросы

1. *Перечислите преимущества и недостатки биопрепаратов.*
2. *Назовите биологические препараты, применяемые для борьбы с насекомыми.*
3. *Какие препараты применяются для биологической защиты от возбудителей болезней.*
4. *Как получают микробиологические препараты?*
5. *Преимущества и недостатки регуляторов роста растений.*
6. *Назовите регуляторы роста и развития растений, их механизм действия.*
7. *Какие препараты применяются для повышения иммунитета растений от возбудителей болезней.*

Занятие 9. Эффективность применения пестицидов

Цель занятия. Научиться определять эффективность защитных мероприятий и приемы комплексного применения пестицидов.

Задание 1. Пользуясь справочной литературой изучите и дайте определение хозяйственной, биологической и экономической эффективности, запишите их в рабочую тетрадь.

Для определения биологической эффективности инсектицидов учитывают численность вредителей во всех вариантах и повторностях до и после проведения мероприятий по защите растений. Затем вычисляется процент смертности по каждой повторности, а также средней процент по каждому варианту по формуле:

$$C = \frac{100 \times (Ав - Ва)}{Ав}$$

где С – биологическая эффективность, %;

А – среднее количество живых и мертвых в соответствующем варианте с инсектицидом;

В – среднее количество живых жуков в соответствующем варианте с инсектицидом;

а – среднее количество всех жуков в контроле;

в – среднее количество живых жуков в контроле.

Оценка поврежденности может быть произведена и по количеству погибших растений или отдельных органов. При этом эффективность определятся следующим образом. Если показатель средней поврежденности растений на обработанном участке – В, а в контроле – А, то снижение поврежденности А–В. Отсюда биологическая эффективность (Х):

$$X = \frac{100 \times (A - B)}{A}$$

Задание 2. Разобравшись с порядком определения эффективности применения инсектицидов решить задачи по учету эффективности борьбы с вредителями:

Задача 1.

Определить и сравнить биологическую эффективность опрыскивания картофеля эмульсией Децида, Каратэ и Лептоцида против колорадского жука по следующим данным. Число живых жуков на 1 м^2 в варианте с Децисом 1; 0; 0; с Карате соответственно – 2; 0 и 0 и с Лептоцидом – 2; 0; 1; в контроле – 19; 18; 17.

Мертвых жуков оказалось в варианте с Децисом – 17; 16; 15; с Каратэ – 16; 19; 19; Лептоцидом – 14; 15; 17 и в контроле – 2; 0; 0.

Решение:

Необходимо вычислить среднее из 3-х повторностей в каждом варианте: количество живых, мертвых и всего жуков. Затем по формуле 1 определить биологическую эффективность по каждому препарату:

Вариант	Среднее количество жуков, шт./м^2			Биологическая эффективность, %
	живых	мертвых	всего	
Децис				
Карате				
Лептоцид				
Контроль				

Задача 2.

Определить биологическую эффективность применения Кругозор, КС (600 г/л д.в.) в защите от проволочника на кукурузе по следующим данным: число личинок на 1 м^2 по повторностям в варианте с Базудином 1; 0 и 2 экз.; в контроле – 5; 8 и 6 экз.

Задача 3.

Определить биологическую эффективность опрыскивания Ланнат, СП гороха, если до обработки на 1 м^2 обнаружено 38 экз. долгоносиков, после обработки – 6 экз., на контрольном участке соответственно – 40 и 45 экз.

Задача 4.

Определить биологическую эффективность опрыскивания сахарной свеклы, если при кошении сачком до обработки на подлежащем обработке участке, обнаружено 120 экз./м^2 вредителей, на контроле 131, после обработки соответственно – 18 и 127 экз. на 1 м^2.

Задача 5.

Определить биологическую эффективность применения Орбита, КЭ на капусте, если при кошении сачком на подлежащем обработке участке обнаружено по повторностям 127; 116 и 130, а после обработки, соответственно 32; 28; 25 экземпляров крестоцветных блох на 1 м^2.

Биологическая эффективность химической борьбы с болезнями определяется сопоставлением двух показателей: процента пораженных растений и интенсивности или степени поражения.

Процент пораженных растений устанавливают подсчетом, осмотром определенного количества растений (обычно 100) на участке или делянке. Подсчитывают количество здоровых, больных растений и вычисляют процент поражения по каждой повторности и средний процент по каждому варианту. Сравнение с контролем позволяет вычислить биологическую эффективность:

$$\text{С} = \frac{100 \times (\text{а} - \text{в})}{a}$$

где С – биологическая эффективность в %;

а – средний показатель пораженности в контроле;

в – средний показатель пораженности в обработанном варианте;

Развитие болезни по каждой повторности и варианту вычисляются в процентах по формуле:

$$\text{R} = \frac{\sum \times (\text{а} - \text{в}) \times 100}{N \times K}$$

где R – развитие болезни (%);

Σ (а-в) – сумма произведений числа растений на соответствующей им балл поражения;

К – высший балл шкалы учета;

N – общее количество учтенных растений.

После соответствующей статистической обработки результатов и их сопоставления делают заключение о технической эффективности применяемых препаратов.

Задание 3. Разобравшись с порядком определения эффективности применения фунгицидов решить задачи по учету их биологической эффективности.

Задача 1.

Определить биологическую эффективность протравливания пшеницы Витавакс 200 ФФ, ВСК (2,5 л/т) против пыльной головни по следующим данным. Количество пораженных растений из 250 осмотренных в варианте с витаваксом по повторностям составило – 0; 1; 0; в контроле, соответственно – 8; 12; 14.

Задача 2.

При осмотре 210 пораженных ржавчиной растений пшеницы определили, что со степенью заболевания в 1 балл насчитывается 38 растений, в 2 балла – 44, в 3 балла – 79, в 4 балла – 48 и в 5 баллов – одно растение. Определить интенсивность развития болезни.

Задача 3.

Определить техническую эффективность протравливания пшеницы Раксил Ультра, КС (0,2 кг/т) против твердой головни по следующим данным. Количество пораженных растений на 250 осмотренных в варианте с витатиурамом – 0 (1-я повт.); 1 (2-я повт.); 0 (3-я повт.); в контроле – 8;12 и 14 соответственно.

В настоящее время пестициды применяются путем комбинаций их в сочетании с другими средствами химизации, интегрируя с разнообразными приемами защиты растений.

Задание 4. Пользуясь справочной литературой изучите приемы комплексного применения пестицидов, запишите их в рабочую тетрадь. Приведите примеры для каждого из указанных ниже приемов применения пестицидов. Объясните, с какой целью производится комплексирование.

1. Использование комбинированных пестицидов.
2. Совместное применение пестицидов путем приготовления баковых смесей.

Задание 5. Дайте понятие и приведите примеры различного характера взаимодействия смесей:

1. Аддитивный
2. Синергизм
3. Антагонизм

Задание 6. Заполните таблицу совместимости (табл. 9.1) некоторых препаратов, используя приложение 2.

Таблица 9.1

Таблица совместимости пестицидов

№ п/п	Препараты	1	2	3	4	5	6	7	8
		Байлетон СП	Бенлат СП	Бордоская смесь, П	Децис, КЭ	Карбофос, КЭ	Ридомил, СП	Сера, СП	Топсин- М, СП
1	Байлетон, СП								
2	Бенлат, СП								
3	Бордосская смесь, П								
4	Децис, КЭ								
5	Карбофос, КЭ								
6	Ридомил, СП								
7	Сера, СП								
8	Топсин М, СП								

Задание 7. Решите задачи по химической защите растений и запишите решения в рабочую тетрадь.

Задача 1.

Достаточно ли 20 кг препарата и можно ли за рабочий день обработать 20 т семян сахарной свеклы Тачигарен, СП (700 г/кг д.в.), если на 1 т семян расходуется 4.2 кг д.в. препарата, а производительность машины для протравливания 2 т/час?

Задача 2.

С целью уничтожения непарного шелкопряда на плодово-ягодных культурах и садово-парковых насаждений используют Лепидоцид, П с нормой расхода 3 кг/га в концентрации 0,7 %. Какое количество Бикола и воды потребуется для обработки 20 га сада и 100 га парка?

Задача 3.

Определить концентрацию рабочего состава и количество Ридомил Голд МЦ, ВДГ с нормой расхода 2,5 кг/га для двукратной обработки 40 га картофеля, если фунгицид используется в виде суспензии с нормой расхода 400 л/га. Сколько опрыскивателей ОПШ-18 понадобится, чтобы обработать участок за один рабочий день (производительность опрыскивания за смену 27 га).

Задача 4.

Рассчитать какой из гербицидов будет более эффективен при следующих показателях: число злаковых сорняков на 1 кв. м до и после опрыскивания на контроле – 68 и 75 шт.; с применением Пантеры, соответственно – 72 и 18 шт.; с применением Фюзилада – 64 и 13 шт.

Задача 5.

Рассчитать норму расхода рабочей жидкости за один проход (на 1 га в пределах 200-300 л) при использовании опрыскивателя ОПШ-18, длине гона 0,8 км и ширине захвата штанги 16,2 м. Характеристику опрыскивателя смотри в приложении 3.

Контрольные вопросы

1. *Дайте определение хозяйственной эффективности.*
2. *Как определить биологическую эффективность применения инсектицидов?*
3. *Как определить биологическую эффективность применения фунгицидов?*
4. *Дайте определение экономической эффективности.*
5. *Цель использования комбинированных пестицидов, приведите примеры.*
6. *Что такое баковые смеси пестицидов, приведите примеры.*
7. *Дайте определение и приведите примеры различного характера взаимодействия смесей.*

Занятие 10. Разработка химической защиты для сельскохозяйственных культур

Цель занятия: разработать систему химической защиты сельскохозяйственной культуры от комплекса вредных организмов.

Задание 1. Охарактеризовать средства, выбранные для химической и биологической защиты растений.

При выполнении данного задания следует помнить, что от правильности выбора химических средств защиты растений будет зависеть не только эффективность защитных мероприятий, но и степень опасности их для человека, домашних и диких животных и в целом для окружающей среды.

В зависимости от индивидуального задания (прил. 4) необходимо изучить ассортимент рекомендуемых пестицидов для борьбы с каждым вредным организмом, руководствуясь «Списком пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению в РФ на текущий год», дать их полный перечень и охарактеризовать по предложенной форме (табл. 10.1).

Кроме того, следует раскрыть действие пестицида на защищаемые растения, полезные организмы, скорость разложения в природных условиях, ограничения при использовании.

Описав пестициды, сопоставив их свойства и особенности, необходимо выбрать наиболее приемлемые препараты для конкретных условий. Преимущественные достоинства препаратов следует указать в конце раздела, т.к. по ним составляются все последующие расчеты.

Таблица 10.1

Характеристика выбранных пестицидов

Название пестицида и его аналогов	Препаративная форма	Содержание д.в.	Способ применения и норма расхода	Токсичность для теплокровных и человека, $СД_{50}$, мг/кг	Какие фазы вредного организма уничтожает	Кратность обработок	Срок ожидания	Характер и механизм действия на ВО
1	2	3	4	5	6	7	8	9

При определении биологических средств выбор и характеристику их дать по форме таблицы 10.2. Следует дать обоснование применения наиболее эффективных препаратов, альтернативных химическому методу защиты растений в условиях Самарской области.

Таблица 10.2

Характеристика биологических средств защиты

Название биологического препарата или живого организма	Активное начало	Содержание д.в.	Препаративная форма или стадия развития живого организма	Спектр действия	Максимальная кратность обработок	Стадия уничтожаемого вредного организма	Норма расхода препарата
1	2	3	4	5	6	7	8

После расчета потребности в пестицидах на каждое отдельное поле определяется общая потребность в целом для бригады или отделения, а затем и для всего хозяйства. На основе этих расчетов составляют таблицы 10.3 и 10.4.

Для обоснованного планирования потребности в технике и рабочей силе необходимо определить сроки работ на защищаемой культуре и общую продолжительность работ по защите растений (табл. 10.5).

Срок работ (начало, кратность) зависит от особенностей вредного объекта и защищаемой сельскохозяйственной культуры. Продолжительность же работ зависит от фактической или реальной производительности техники в данных условиях. Основными показателями, влияющими на производительность машин являются: тип машины (опрыскивателя, опыливателя, протравливателя), агрегатирование ее (марка трактора, вид привода), заправочная емкость машины, (емкость бака, бункера), тип заправки и время заправки. Для опрыскивателей и опыливателей важны скорость, движения время поворота, ширина захвата.

На практике производительность полевых машин зависит от ширины захвата, скорости движения агрегата, скорости ветра, нормы расхода рабочего состава, особенностей сельскохозяйственной культуры.

Таблица 10.3

Планируемые химические средства для защиты растений

Культура	Вредный объект			Объем работы		Пестицид		
	название	вредящая фаза	период вреда	га	т	название	содержание д.в. г, мл/кг/л	товарная форма
1 2 3								

Таблица 10.4

Планируемая потребность в химических и вспомогательных средствах

Пестицид	Норма расхода на единицу обрабатываемой площади или объема		Потребность на весь объем работы, кг, л		Стоимость на весь объем работы, руб.	
	препарата	вспомогательного вещества	препарата	вспомогательного вещества	препарата	вспомогательного вещества

Таблица 10.5

Расчет фактической производительности работ
по защите растений

Культура или угодье	Объем работы		Способ применения	Тип машин	Фактический расчет			
	га	т			срок работ	н/смен	чел./ч.	чел./дн.
1 2 3								

Контрольные вопросы

1. *Объясните различия между химическим и биологическим пестицидами.*
2. *Как рассчитать производительность работ по химической защите растений?*
3. *Какие показатели относятся к регламентам применения пестицидов?*
4. *Дайте определение биологической эффективности.*
5. *Поясните термин ЭПВ.*

Рекомендуемая литература

1. Ганиев, М. М. Средства защиты растений : учебное пособие / М. М. Ганиев, Д. Д. Недорезков. – СПб. : Лань, 2013. – 400 с.

2. Зинченко, В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность : учебное пособие. – Москва : КолосС, 2013. – 247 с.

3. Малявко, Г. П. Защита сельскохозяйственных культур (пшеница, рожь, овес, ячмень, сахарная свекла) от вредных организмов : учебное пособие / Г. П. Малявко, И. В. Сычева. – Брянск : Издательство Брянской ГСХА, 2010. – 174 с.

4. Степановских, А. С. Химическая защита растений : учебник / Г. О. Жернов, С. Ю. Жернова, А. С. Степановских. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2019. – 432 с.

5. Химическая защита растений : практикум / сост.: А.А. Панкратова, А.Н. Белоусов, А.Е. Родионова. – Тверь : Издательство Тверской ГСХА, 2014. – 101 с.

Приложения

Приложение 1

Федеральный Закон
«О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами»

Статья 19. Хранение пестицидов и агрохимикатов

Хранение пестицидов и агрохимикатов разрешается в специализированных хранилищах, предназначенных только для их хранения.

Запрещается бестарное хранение пестицидов.

Статья 20. Транспортировка пестицидов и агрохимикатов

Транспортировка пестицидов и агрохимикатов допускается только в специально оборудованных транспортных средствах.

Статья 24. Обезвреживание, утилизация, уничтожение пришедших в негодность и (или) запрещенных к применению пестицидов и агрохимикатов, тары из-под них

Обезвреживание, утилизация, уничтожение пришедших в негодность и (или) запрещенных к применению пестицидов и агрохимикатов, а также тары из-под них обеспечиваются гражданами, в том числе индивидуальными предпринимателями, и юридическими лицами в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Методы уничтожения пришедших в негодность и (или) запрещенных к применению пестицидов и агрохимикатов, а также тары из-под них разрабатываются изготовителями пестицидов и агрохимикатов по согласованию с уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды и уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Приложение 2

Таблица совместимости пестицидов

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1.	Актеллик, КЭ									+			+			+	+									+			1
2.	Байлетон, СП			+				+												+		+				+	+		2
3.	Бенлат, СП		+			-													+					+	+		+		3
4.	Би-58, КЭ																												4
5.	Борд. жидкость			-			-				-				5				+						-	+	-		5
6.	Делан, СП					-													+							+			6
7.	Децис, КЭ		+						+	+			+			+	+						+			+			7
8.	Диазинон, СП							+																					8
9.	Дитан М-45, СП	+						+							-	+	+		+		+							+	9
10	Карбофос, КЭ					-									5				+						+	+			10
11	Лебайцид, КЭ																									+			11
12	Оксихом, СП	+						+													+							+	12
13	Омайт, СП																												13
14	Препараты № 30					5				-	5								-							+	-		14
15	Ридомил, СП	+						+		+											+	+						+	15
16	Сандофан, СП	+						+		+											+	+						+	16
17	Сапроль, КЭ																												17
18	Сера кол. и СП			+		+	+			+	+				-					+				+	+	+	+		18
19	Сумилекс, СП		+																+							+			19
20	Сумицидин, КЭ									+			+			+	+									+			20
21	Текто, СК		+													+	+												21
22	Тилт, КЭ							+																			+		22
23	Топсин-М, СП			+															+						+	+	+		23
24	Фозалон, КЭ			+		-					+								+					+		+			24
25	Хлор. меди, СП	+	+			+	+	+			+	+			+				+	+	+			+	+		+	+	25
26	Хлорофос, СП		+	+		-									-				+				+	+		+			26
27	Цимбуш, КЭ									+			+			+	+									+			27

(+) – препараты совместимы; (-) – препараты несовместимы; (5) – смесь не должна храниться и применять ее следует осторожно.

Приложение 3

Характеристика сельскохозяйственных машин для защиты растений

Марка	Производительность, га/час	Рабочая скорость, км/час	Ширина захвата, м	Расход рабочей жидкости, л/га	Вместимость бака, л
Опрыскиватели прицепные					
ОП-3000 Булгар		до 35	21,6	170	3000
ОП-4000 Булгар		до 35	24	170	3000
ОПШ-18-2500	10,8 - 21,5	6-12	10,8-16,2	70-300	2500
ОПСВ-2200К		4 - 10	16	120	2200
ОПШ-3200	21,5-25	6-12	23,5	75-300	3,2 м^3
ПЖУ-2,5-1	14,7-17,1	7-8,28	21	75-300	2000
ОП-3200	17-25,9	8-12	21,6	75-300	3200
Опрыскиватели навесные					
ОМ-630	40-1200	6-12	15-20	10-50	630
ОМ -320	18-30	6-10	30	1-40	320
ОН-400-3	24	8	15-25	300–400	600
Машины для протравливания семян					
ПС-30	30 т/час	0,008 м/сек	-	0,5-7,5 л/мин	400
ПС-10А	22 т	0,008 м/сек	-	0,5-3,5	200
Мобитокс-супер	20 т/час	0,008 м/сек	-	0,5-0,8 л/мин	160
КПС-40	40 т/час	-	-	5-15 л/т	630
Агрегаты для приготовления рабочих жидкостей					
СППР-20	20 т/час	-	-	-	3,0 м^3
АПЖ-12	18 т/час	20 км/час	-	-	3,2 м^3

Приложение 4

Темы индивидуальных заданий

1. Защита яровой пшеницы в условиях Поволжского региона от злаковых мух, пыльной головни и малолетних двудольных сорняков, (150 га).
2. Защита яровой пшеницы от проволочников, вредной черепашки и корневых гнилей (200 га).
3. Система защиты озимой пшеницы в условиях Поволжья от снежной плесени, тли и малолетних двудольных сорняков (120 га).
4. Защита сахарной свеклы от корнееда, свекловичных блошек и долгоносиков в условиях Поволжья (100 га).
5. Интегрированная защита капусты белокочанной от черной ножки, крестоцветных блошек и малолетних двудольных сорняков (50 га).
6. Защита капусты белокочанной от пероноспороза, капустной белянки и редьки дикой (100 га).
7. Защита томатов открытого грунта от колорадского жука, фитофторы, щирицы, проса куриного в условиях Поволжья (120 га).
8. Система мер борьбы с мучнистой росой, белокрылкой и многолетними двудольными сорняками на огурцах открытого грунта (80 га).
9. Защита кукурузы от пузырчатой головни, проволочника и двудольных малолетних сорняков в условиях Среднего Поволжья (200 га).
10. Система защиты озимой пшеницы от шведской мухи, мучнистой росы и многолетних двудольных сорняков (150 га).
11. Комплексная защита ячменя от озимой совки, пыльной головни, овсюга, осота, мари белой (120 га).
12. Система мер борьбы с вредителями продовольственных запасов (амбарный долгоносик, клещи, амбарная огневка) (500 $м^3$).
13. Защита гороха (продовольственного назначения) от клубеньковых долгоносиков, мучнистой росы, пырея ползучего, осота в условиях Поволжья (200 га).
14. Интегрированная защита картофеля от колорадского жука, фитофторы и однолетних двудольных сорняков в условиях Поволжья (150 га).
15. Система мер борьбы с вредителями семенной люцерны (клубеньковые долгоносики, долгоносики-семяеды); ложной мучнистой росой и двудольными малолетними сорняками (50 га).
16. Система мер борьбы с паутинным клещом, тлями и мучнистой росой на огурцах в условиях защищенного грунта (10 га).
17. Комплексная защита картофеля от щелкунов, парши обыкновенной и малолетних двудольных сорняков (100 га).

18. Система мер борьбы с сосущими вредителями яблони, паршой и щирицей, мятликом и пасленом черным в условиях Поволжья (120га).

19. Комплексная защита яблони от монилиоза, яблонной плодожорки и злаковых сорняков в условиях Среднего Поволжья (100 га).

20. Комплексная защита многолетних злаковых трав с подсевом люцерны от мучнистой росы, проволочника и двудольных малолетних сорняков (200 га).

21. Система мер борьбы с паршой, листогрызущими вредителями яблони и однолетними двудольными сорняками (80 га).

22. Комплексная защита подсолнечника от ложной мучнистой росы, лугового мотылька и злаковых сорняков (200 га).

23. Система борьбы с белой и серой гнилями, подгрызающими совками и однолетними злаковыми сорняками на подсолнечнике (150 га).

24. Система мер борьбы с паутинным клещом, тепличной белокрылкой и вирусными болезнями томатов в условиях защищенного грунта (10 га).

25. Защита яровой пшеницы от мучнистой росы, трипсов и сорняков устойчивых к 2,4-Д (250 га).

26. Комплексная защита овса от корончатой ржавчины, пьявицы и однолетних двудольных сорняков (100 га).

27. Защита проса от пыльной головни, просяного комарика и корнеотпрысковых сорняков: вьюнок полевой, осот розовый (50 га).

28. Комплексная защита кукурузы от плесневения семян, шведской мухи и однолетних двудольных сорняков в Среднем Поволжье (200 га).

29. Система мер борьбы с гороховой зерновкой, пероноспорозом, пыреем ползучим и осотами на горохе в Поволжье (200 га).

30. Защита гороха от аскохитоза, гороховой плодожорки и от однолетних двудольных сорняков (150 га).

31. Комплексная защита люцерны (для кормовых целей) от лугового мотылька, ложной мучнистой росы и многолетних двудольных сорняков в Поволжье (100 га).

32. Комплексная защита озимой ржи от хлебного жука-кузьки, от ржавчины и многолетних (бодяг, вьюнок полевой, молокан татарский) сорняков в условиях Поволжья (300 га).

33. Защита сахарной свеклы от листогрызущих совок, мучнистой росы и однолетних сорняков в условиях Самарской области (100 га).

34. Комплексная защита кормовой свеклы от корнееда, щитоносок, свекловичных клопов и многолетних (осот, пырей ползучий, вьюнок) сорняков (80 га).

35. Защита рапса от крестоцветных блошек, ложной мучнистой росы и однолетних двудольных сорняков (100 га).

36. Защита продовольственных запасов от грызунов и паутинного клеща (300 м^3).

37. Комплексная защита ячменя от корневых гнилей, зеленоглазки и однолетних сорняков (200 га).

38. Защита томатов открытого грунта от макроспориоза, медведки, осота, щирицы, мари белой (100 га).

39. Защита капусты белокочанной от капустной тли, сосудистого бактериоза и однолетних однодольных сорняков (100 га).

40. Защита гороха от гороховой тли, ржавчины и сорняков (куриное просо, вьюнок полевой, осот) 200 га

41. Система защиты кукурузы от ржавчины, шведской мухи и сорняков многолетних двудольных. (300 га).

42. Защита крыжовника от крыжовниковой огневки, мучнистой росы, трехреберника непахучего, осота и проса куриного (50 га).

43. Система защиты смородины от смородинной галлицы, бокальчатой ржавчины и многолетних сорняков (100 га).

44. Система защиты малины от землянично-малинового долгоносика, септориоза и однолетних сорняков (80 га).

45. Защита земляники от земляничного клеща, белой пятнистости листьев и однодольных сорняков (50 га).

46. Интегрированная защита лука от луковой мухи, ложной мучнистой росы и однолетних двудольных сорняков (50 га).

47. Микробиологические средства в защите огурцов от вредителей и болезней (20 га).

48. Комплексная защита ячменя от корневых гнилей, хлебных блошек, и однодольных сорняков (200 га).

49. Защита огурцов закрытого грунта от мучнистой росы и паутинного клеща (20 га).

50. Защита капусты белокочанной от листогрызущих вредителей, черной ножки и однодольных сорняков (100 га).

51. Комплексная защита картофеля от парши, тли и многолетних сорняков (200 га).

52. Комплексная защита картофеля от латентных вирусов, почвообитающих вредителей, и малолетних двудольных сорняков (100 га).

53. Комплексная защита картофеля от фитофторы, столбура, колорадского жука и многолетних сорняков (180 га).

54. Комплексная защита картофеля от фитофторы, подгрызающих совок и от однолетних двудольных сорняков (200 га).

55. Система защиты озимой пшеницы в условиях Поволжья от бурой листовой ржавчины, озимой совки и однолетних двудольных сорняков (300 га).

56. Система мер борьбы с паутинным клещом, тлями и ложной мучнистой росой на огурцах в условиях защищенного грунта (40 га).

57. Система мер борьбы с тлей, мучнистой росой и многолетними злаковыми сорняками на люцерне (80 га).

58. Интегрированная защита люцерны, от лугового мотылька, ржавчины и однолетних двудольных сорняков (100 га).

59. Комплексная защита яровой пшеницы от корневых гнилей, хлебных жуков и многолетних двудольных сорняков (300 га).

60. Система мер борьбы с пиявицей, корончатой ржавчиной и однолетними двудольными сорняками на овсе (100 га).

61. Применение биологически активных веществ для повышения устойчивости яровой пшеницы к возбудителям мучнистой росы и бурой ржавчины (200 га).

62. Комплексная защита сои от клубенькового долгоносика, мучнистой росы и двудольных сорняков (50 га).

63. Комплексная защита ячменя от ржавчины, стеблевой блохи и многолетних двудольных сорняков в условиях Поволжья (200 га).

64. Интегрированная защита люцерны от люцернового клопа, ложной мучнистой росы и однолетних сорняков (100 га).

65. Защита яровой пшеницы от стеблевого пилильщика, твердой головни и однолетних двудольных сорняков в условиях Самарской области (200 га).

66. Защита томатов от фитофтороза, тли и многолетних сорняков в условиях Поволжья (80 га).

67. Защита люцерны от аскохитоза, люцерновых клопов и однолетних двудольных сорняков (150 га).

68. Система мер борьбы с паутинным клещом и тепличной белокрылой на огурцах в условиях закрытого грунта (50 га).

69. Защита томатов в условиях открытого грунта от белокрылки, колорадского жука, макроспориоза и однолетних сорняков (100 га).

70. Комплексная защита яровой пшеницы от септориоза, проволочников и однолетних сорняков (200 га).

71. Защита яровой пшеницы от ржавчины, зерновой совки и злаковых однолетних сорняков (150 га).

72. Система мер борьбы с серой гнилью, долгоносиками и многолетними однодольными сорняками на подсолнечнике (200 га).

73. Система мер борьбы со шведской мухой, пузырчатой головней и однолетними сорняками кукурузы в Поволжье (300 га).

74. Комплексная защита яровой пшеницы мучнистой росы, злаковых мух, и многолетних двудольных сорняков (250 га).

75. Защита сахарной свекла от лугового мотылька, фомоза и однолетних злаковых сорняков (150 га).

76. Комплексная защита сахарной свеклы от корнееда, тли и двудольных сорняков (120 га).

77. Защита сахарной свеклы от ложной мучнистой росы, свекловичной минирующей мухи и свекловичных блошек (100 га).

78. Комплексная защита яблони от яблонной моли, монилиоза и однолетних сорняков (50 га).

79. Комплексная защита картофеля от фитофторы, черной ножки и многолетних двудольных сорняков (100 га).

80. Интегрированная защита картофеля от колорадского жука, парши и однолетних сорняков (150 га).

81. Интегрированная защита картофеля от щелкунов, круглолистности листьев картофеля и однолетних однодольных сорняков (200 га).

82. Интегрированная защита картофеля от колорадского жука, веретеновидности картофеля и однолетних двудольных сорняков в условиях Поволжья (200 га).

83. Защита томатов в условиях защищенного грунта от фитофтороза, тлей и белокрылки (40 га).

84. Защита огурцов закрытого грунта от мучнистой росы и паутинного клеща (50 га).

85. Интегрированная защита картофеля от вирусных болезней, тли и малолетних двудольных сорняков (120).

86. Система защиты картофеля от столбура, цикадок и многолетних двудольных сорняков (80 га).

87. Система мер борьбы с оранжерейной мозаикой, белокрылкой на огурцах в условиях защищенного грунта (60 га).

88. Защита томатов в условиях защищенного грунта от вируса табачной мозаики, фитофтороза и тли (40 га).

89. Интегрированная защита яровой пшеницы от открытоживущих насекомых – вредителей в условиях Поволжья (100 га).

90. Интегрированная защита яровой пшеницы от корневых гнилей, злаковых мух и однолетних двудольных сорняков (250 га).

91. Интегрированная защита люцерны от ведьминой метлы, люцерновой толстоножки и многолетних сорняков (80 га).

92. Защита картофеля от микоплазмозов, тлей, цикадок и многолетних сорняков (100 га).

93. Защита моркови от малолетних сорняков, морковной мухи и белой гнили (40 га).

94. Защита яровой пшеницы от зеленоглазки стеблевой ржавчины и многолетних двудольных сорняков (300 га).

95. Интегрированная защита картофеля от однолетних двудольных сорняков и гнилей в период хранения (200 га).

96. Интегрированная защита яровой пшеницы от пыльной головни, саранчи и сорняков, устойчивых к 2,4-Д (150 га).

97. Интегрированная защита яблони от яблонной плодожорки, парши и двудольных сорняков (100 га).

98. Влияние биологически активных веществ на устойчивость огурца к мучнистой росе и корневым гнилям (50 га).

99. Защита донника от однолетних двудольных сорняков, и пероноспороза и клубеньковых долгоносиков (50 га).

100. Интегрированная защита земляники от серой гнили, малинно-земляничного долгоносика и вьюнка полевого (30 га).

101. Система защиты озимой пшеницы в условиях орошения от тли, бурой ржавчины и однолетних сорняков (200 га).

102. Защита огурцов открытого грунта от мучнистой росы, тли и однолетних двудольных сорняков (60 га).

103. Комплексная защита яровой пшеницы от мучнистой росы, грызущих насекомых вредителей и многолетних однодольных сорняков (300 га).

104. Защита озимой пшеницы от корневых гнилей, внутристеблевых вредителей и однолетних двудольных сорняков (200 га).

105. Защита ячменя от ржавчины, зеленоглазки и однолетних злаковых сорняков (150 га).

Оглавление

Предисловие 3
Занятие 1. Санитарные правила хранения, транспортировки и применения пестицидов в сельском хозяйстве 4
Занятие 2. Классификация пестицидов 9
Занятие 3. Препаративные формы, рабочие составы и способы их применения 13
Занятие 4. Инсектициды и акарициды 18
Занятие 5. Родентициды, фумиганты, нематициды и способы их применения 21
Занятие 6. Фунгициды 23
Занятие 7. Гербициды 26
Занятие 8. Биопрепараты 29
Занятие 9. Эффективность применения пестицидов 35
Занятие 10. Разработка химической защиты для сельскохозяйственных культур 40
Рекомендуемая литература 44
Приложения 45

Учебное издание

Перцева Елена Владимировна

Кожевникова Оксана Петровна

ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 18.05.2023. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 3,20; печ. л. 3,44.
Тираж 50. Заказ № 116.

Издательско-библиотечный центр 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
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Садоводство и селекция»

Ю.В. Степанова, Е.Х. Нечаева

ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА ПО ГЕНЕТИКЕ

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2023

УДК 634.9 : 575 (07)
ББК 43.4 : 28.04
С79

Степанова, Ю.В.
С79 Ознакомительная практика по генетике : методические указания / Ю.В. Степанова, Е.Х. Нечаева – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 26 с.

Учебное издание предназначено для студентов агрономического факультета, обучающихся по направлению 35.03.04 Агрономия, профиль подготовки «Селекция и семеноводство» для прохождения ознакомительной практики по генетике.

Методические указания содержат задания для выполнения индивидуальных работ, список рекомендованной учебной литературы, контрольные вопросы.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Степанова Ю.В., Нечаева Е.Х., 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания предназначены для студентов агрономического факультета, обучающихся по направлению 35.03.04 Агрономия, профиль подготовки «Селекция и семеноводство» для прохождения ознакомительной практики по генетике.

В методических указаниях даются рекомендации по изучению принципов и приемов проведения гибридологического анализа; методике скрещивания у гороха и кастрации цветка; составлению схемы скрещивания; изучению принципов формирования, поддержания и описания генетических коллекций растений.

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

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Ознакомительная практика по дисциплине «Генетика» включена часть профессионального цикла Б2.О.03 (У), проводится в четвертом семестре, заканчивается зачетом.

Ознакомительная практика проводится дискретно по периодам проведения практик согласно календарному учебному графику в форме учебных занятий, непосредственно-ориентированных на профессионально-практическую подготовку обучающихся.

Подготовка к ознакомительной практике проводится в аудиториях кафедры «Садоводство и селекция». Форма проведения ознакомительной практики: полевая и в лабораторных условиях. Способ проведения ознакомительной практики – стационарный и выездной.

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

Знание:

- закономерностей наследования при внутривидовой гибридизации;
- генетику индивидуального развития;

Умения:

- осуществлять математические расчеты с применением информационно-коммуникационных технологий;
- решать задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов естественных наук;
- проводить гибридологический анализ;
- оценивать норму реакции генотипа в изменяющихся условиях выращивания;

Владение навыками:

- работы в полевых и камеральных условиях;
- генетического анализа в селекции сортов и гибридов.

В результате прохождения учебной практики обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения и профессиональные *компетенци*и: способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий; способен использовать современные генетические методы в селекционном процессе.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

1. Принципы и приёмы проведения гибридологического анализа

Задание. Изучение принципов и приёмов проведения гибридологического анализа.

Гибридологический анализ – это система скрещиваний, наблюдений и вычислений, направленная на изучение наследования признаков, свойств и соответствующих им генов в ряду поколений. Он дает возможность изучать качественный и количественный состав генотипа и его функционирование у данного вида.

Основным методом генетического анализа является скрещивание. Оно позволяет изучать закономерности наследования признаков и свойств у гибридов в результате скрещивания особей, различающихся по этим признакам и свойствам. На основании скрещивания на горохе Г. Мендель (1865) установил закономерности наследования, которые легли в основу генетического анализа и применимы для всех организмов (от вирусов до человека).

При проведении гибридологического анализа необходимо соблюдать следующие условия:

1. Сорта (растения), выбранные для скрещивания, должны быть гомозиготными по изучаемым альтернативным (противоположным) признакам. Таких признаков должно быть немного: 1-2 пары. Исходные формы обычно различаются по многим другим признакам, но на них исследователь не обращает внимание.

2. В ряду поколений (от F_1 до F_n) у гибридов изучают только анализируемые признаки.

3. Точный подсчет результатов каждого скрещивания, начиная с F_1, что позволит установить количественный характер расщепления по изучаемым признакам.

Материнскую форму обычно пишут на первом месте, отцовскую – на втором. Родительские организмы, выбранные для скрещивания, обозначают латинской буквой. При гибридологическом анализе используют символику, принятую в генетике. Материнское растение обозначают знаком ♀, отцовское - ♂, скрещивание – знаком умножения, родительские формы – латинской буквой P (parentes – родители). Гибридное потомство обозначается латинской буквой F (filii – дети), а цифрой, стоящей рядом с буквой, – поколение гибридов, например, F_1, F_2, F_3 и т.д. Потомство от скрещивания гомозиготных родительских форм называется гибридами первого поколения или F_1, потомство от скрещивания гибридов первого поколения – гибридами второго поколения

или F_2 и т. д. Начиная с гибридов второго поколения (F_2) проводят анализ по семьям – потомствам отдельных растений.

Для проведения гибридологического анализа на летней учебной практике можно использовать сорта (линии) разных видов растений, но лучше - имеющих хозяйственное значение с учетом климатических условий района. Для скрещивания обычно используются генетические коллекции культурных растений: генетическая коллекция чистых линий, сортов. Чистые (гомозиготные) линии имеются у посевного гороха, кукурузы, томатов, пшеницы, ржи, ячменя, люпина и т. д.

Контрольные вопросы

1. Назовите основной метод генетического анализа.
2. Назовите условия, которые необходимо соблюдать при проведении гибридологического анализа.
3. Назовите символику, которую применяют при гибридологическом анализе.
4. Дайте определение гибридологического анализа.
5. Назовите фамилию учёного, который установил закономерности наследования признаков и свойств.

2. Гибридологический анализ у гороха при моногибридном скрещивании

Задание 1. Изучение методики моногибридного скрещивания гороха.

Лучшим объектом для проведения скрещиваний является горох посевной (Pisum sativum L., 2n=14). Растение самоопыляющееся, перекрестное опыление происходит редко. Цветки с прицветниками, обоеполые, пятилепестные. Цветок состоит из паруса, двух крыльев и двух сросшихся лепестков - лодочки (рис.1).

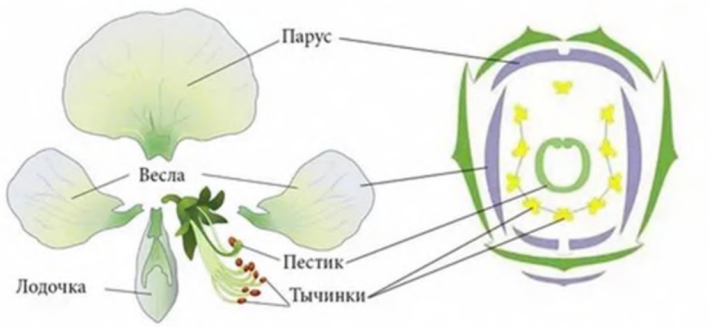


Рис.1. Внешний вид и диаграмма цветка гороха посевного

Пестик простой, представлен одним плодолистиком. Столбик пестика сплюснут и изогнут почти под прямым углом вверх, завязь верхняя. В цветке имеется 10 тычинок, 9 из них (редко все 10) срастаются нитями в трубочку, и одна тычинка свободна. Плод – боб, его длина и форма изменчивы. В бобе формируется от 3 до 10 семян, покрытых оболочкой, имеющей у разных сортов различную окраску.

Период цветения у гороха - до двух недель, в зависимости от сорта и погодных условий этот срок может продолжаться от 3 до 40 дней. Самоопыление происходит в бутоне до раскрытия цветка. Созревшие пыльники обычно растрескиваются в бутоне, и пыльца собирается в верхней части лодочки, попадая на рыльце по мере роста пестика.

Цветки раскрываются последовательно снизу в верх, первыми зацветают нижние цветки. Раскрытие цветков начинается около 9 часов, массовое цветение - с 11 до 15 часов.

Посев гороха на опытных делянках для проведения скрещивания можно проводить рано, так как его семена прорастают при температуре 1-2 ^{0}С. Перед посевом гороха тщательно подготавливают почву, проводят культивацию, вносят удобрения, очищают от сорняков. Почва должна быть плодородной. Глубина заделки семян 5-7 см, расстояние между растениями около 10-12 см, между рядами – около 20 см. Оптимальная ширина грядки около 1 м. Растениям гороха необходим тщательный уход. В сухое время ему требуется ежедневный полив, а с момента появления всходов - регулярная прополка. Грядки гороха должны быть строго проэтикетированы. Для проведения скрещивания необходимо иметь 150-200 растений.

Линии гороха, высаженные на участке, должны быть описаны в журнале (протоколе), в котором указываются названия линий (сортов) и различия по признакам (по окраске цветка, форме и окраске семян, боба и т. д.). Генетические линии гороха, высаженные для проведения скрещивания, изучаются с момента прорастания семян, так как на разных этапах индивидуального развития (онтогенеза) у растений противоположных линий проявляются отличительные особенности по форме стебля, расположению цветков, окраске и форме семян. Это связано с генетическими различиями линий (сортов) и постепенным включением в работу все новых и новых генов в ходе онтогенеза.

Для проведения скрещивания необходимо следующее оборудование: пинцеты с острозаточенными концами, лупы для оценки состояния рыльца пестика в момент кастрации, вата негигроскопическая для временной изоляции кастрированного цветка, кисточка, баночки, коробочки, пакетики для сбора пыльцы, изоляторы пергаментные или матерчатые, нитки или мягкая, тонкая проволока, спирт, колышки, пергамент для этикеток (или готовые этикетки), на которых простым карандашом пишется дата кастрации и опыления,

сорт и номер делянки отцовского растения, с которого берется пыльца. Эти данные заносятся в журнал, где обязательно описываются фенотипы родительских форм.

Задание 2. Изучение методики и проведение кастрации цветка гороха.

Важным моментом скрещивания на горохе является кастрация цветка – удаление пыльников из цветка материнского растения до их созревания. Кастрацию обычно проводят в фазе бутонизации (бутоны светло-зеленой окраски). На растениях, выбранных для скрещивания, удаляют все молодые, отцветшие и засохшие цветки и оставляют только бутоны, предназначенные для кастрации.

Кастрацию цветка проводят так: пальцами левой руки придерживают парус и весла венчика, а пинцетом в правой руке берут верхушку лодочки и отводят её в сторону, потом удаляют все пыльники, не повреждая пестика.

Опыление кастрированного цветка материнского растения желательно проводить свежесобранной пыльцой или использовать пыльцу сорванного отцовского цветка. Для опыления берут пыльцу только что распустившегося цветка отцовского растения.

Пыльцу наносят на рыльце пестика материнского растения стальным пером, кисточкой, или прикасаясь пыльниками цветка отцовского сорта к рыльцу пестика кастрированного цветка материнского растения. Если опыление кастрированных цветков проводят позже, через 1-2 дня, то на это время их надо закрыть изоляторами.

Кастрированные и опыленные цветки вместе с частью цветоноса накрывают пергаментным или марлевым изолятором.

Изоляторы – марлевые или капроновые мешочки соответствующих размеров (размер зависит от величины и формы соцветия). Пергаментные изоляторы изготавливаются путем сшивания загнутых краев на швейной машине или склеиванием водоустойчивым клеем. В качестве изолятора можно использовать вату или венчик самого цветка, скрепленный мягкими нитками.

Через несколько дней после опыления, когда начинают формироваться бобы, изоляторы снимают. Семена, созревшие в бобах в год скрещивания, являются уже гибридами первого поколения (F_1), на них можно наблюдать доминирование одного из признаков (по форме или окраске семян).

Весной следующего года можно высеять семена гибридных растений (F_1), в бобах которых в результате самоопыления образуются семена второго поколения (F_2). В конце лета можно собрать все гибридные семена и на лабораторных занятиях по дисциплине «Генетика» проанализировать характер наследования изучаемых признаков.

Задание 3. Составление схемы моногибридного скрещивания для гороха

1. У гороха жёлтая окраска семян А доминирует на зелёной а. Определите окраску семян в потомстве от скрещивания Аа х Аа.

2. У гороха жёлтая окраска семян А доминирует на зелёной а. Определите окраску семян в потомстве от скрещивания АА х Аа.

3. У гороха жёлтая окраска семян А доминирует на зелёной а. Определите окраску семян в потомстве от скрещивания аа х АА.

4. У гороха жёлтая окраска семян А доминирует на зелёной а. Определите окраску семян в потомстве от скрещивания Аа х аа.

5. У гороха жёлтая окраска семян А доминирует на зелёной а. Составьте схему скрещивания гомозиготного растения гороха с жёлтой окраской семени с растением гороха, имеющим зелёные семена.

6. У гороха жёлтая окраска семян А доминирует на зелёной а. Составьте схему скрещивания гетерозиготного растения гороха с жёлтой окраской семени с растением гороха, имеющим зелёные семена.

7. У гороха жёлтая окраска семян А доминирует на зелёной а. Составьте схему скрещивания двух гетерозиготных растений гороха с жёлтой окраской семени.

8. У гороха жёлтая окраска семян А доминирует на зелёной а. Составьте схему скрещивания двух гомозиготных растений гороха с жёлтой окраской семени.

9. У гороха гладкая форма семян В доминирует над морщинистой в. Составьте схему скрещивания гомозиготного растения гороха с гладкой формой семени с растением гороха, имеющим морщинистые семена.

10. У гороха гладкая форма семян В доминирует над морщинистой в. Составьте схему скрещивания гетерозиготного растения гороха с гладкой формой семени с растением гороха, имеющим морщинистые семена.

11. У гороха гладкая форма семян В доминирует над морщинистой в. Составьте схему скрещивания двух гетерозиготных растений гороха с гладкой формой семени.

12. У гороха гладкая форма семян В доминирует над морщинистой в. Составьте схему скрещивания двух гомозиготных растений гороха с жёлтой окраской семени.

13. У гороха красная окраска венчика С доминирует над белой с. Составьте схему скрещивания гомозиготного растения гороха с красной окраской венчика с растением гороха, имеющим белую окраску венчика.

14. У гороха красная окраска венчика С доминирует над белой с. Составьте схему скрещивания гетерозиготного растения гороха с красной окраской венчика с растением гороха, имеющим белую окраску венчика.

15. У гороха красная окраска венчика С доминирует над белой с. Составьте схему скрещивания двух гетерозиготных растений гороха с красной окраской венчика.

16. У гороха красная окраска венчика С доминирует над белой с. Составьте схему скрещивания двух гомозиготных растений гороха с красной окраской венчика.

17. У гороха высокий рост Н доминирует над низким h. Составьте схему скрещивания гомозиготного растения гороха высокого роста с низкорослым растением.

18. У гороха высокий рост Н доминирует над низким h. Составьте схему скрещивания гетерозиготного растения гороха высокого роста с низкорослым растением.

19. У гороха высокий рост Н доминирует над низким h. Составьте схему скрещивания двух гетерозиготных высокорослых растений гороха.

20. У гороха высокий рост Н доминирует над низким h. Составьте схему скрещивания двух гомозиготных высокорослых растений гороха.

Контрольные вопросы

1. Опишите строение цветка у гороха посевного.
2. Когда происходит самоопыление у гороха посевного?
3. Сколько растений гороха необходимо для проведения скрещивания?
4. Какое оборудование необходимо для скрещивания?
5. Опишите методику кастрации цветка гороха.
6. Как производят опыление кастрированного цветка гороха?
7. Для чего применяют изоляторы при скрещивании?
8. Из какого материала можно изготовить изоляторы?

3. Принципы формирования, поддержания и описания генетических коллекций

Задание. Изучение принципов формирования, поддержания и описания генетических коллекций

В целях обеспечения научно-технологического развития Российской Федерации и комплексного решения задач ускоренного развития генетических технологий в соответствии с Указом Президента РФ от 8 февраля 2022 г. № 44 “О Национальном центре генетических ресурсов растений” был образован на базе федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова" Национальный центр генетических ресурсов растений.

Основными функциями Национального центра генетических ресурсов растений являются:

- формирование и пополнение национального каталога особо ценных образцов генетических ресурсов растений, включающего в себя в том числе образцы генетических ресурсов сельскохозяйственных растений, а также обеспечение гарантированного долгосрочного сохранения, поддержания и воспроизводства образцов, внесенных в национальный каталог;

- разработка методик сбора, хранения, комплексной оценки и использования образцов генетических ресурсов растений, в том числе с применением современных методов научных исследований, передовых идей и перспективных технологий;

- проведение мониторинга состояния генетических ресурсов растений в местах их естественного произрастания и выращивания;

- осуществление поиска и (или) сбора новых и ценных образцов генетических ресурсов растений в местах их естественного произрастания и выращивания (с соблюдением методик сбора таких образцов) для пополнения национального каталога и наращивания научного потенциала Национального центра;

- пополнение в научных целях гербария Национального центра, определение правил и общих принципов описания образцов генетических ресурсов растений, в том числе сортов и гибридов сельскохозяйственных культур отечественной селекции, включенных в состав указанного гербария;

- создание и развитие инфраструктуры Национального центра, в том числе криобанка и центра хранения и обработки информации о генетических ресурсах растений;

- обеспечение по согласованию с Межведомственной комиссией по вопросам формирования, сохранения и использования коллекций генетических ресурсов растений доступа к материалам внесенных в национальный каталог и содержащих ценные наследственные признаки образцов генетических ресурсов растений;

- ведение баз данных, содержащих сведения об образцах генетических ресурсов растений, и организация проведения экспертизы паспортных, описательных и оценочных данных указанных образцов, внесенных в национальный каталог и (или) содержащихся в коллекциях генетических ресурсов растений, сформированных в государственных научных и образовательных организациях, осуществляющих деятельность на территории Российской Федерации;

- взаимодействие с государственными научными и образовательными организациями и организациями с государственным участием, осуществляющими исследования (разработки), связанные с изучением и использованием генетических ресурсов растений, в том числе по вопросам создания

на территории Российской Федерации на межведомственной основе резервного хранилища (депозитария) семян ценных образцов генетических ресурсов растений на случай возникновения чрезвычайной ситуации;

- осуществление международного сотрудничества (с соблюдением интересов Российской Федерации в сферах научно-технологического развития и продовольственной безопасности) по вопросам, связанным с изучением, сохранением и воспроизводством генетических ресурсов растений.

Генетический банк (генбанк) – научное учреждение, сохраняющее на долгосрочной основе генетические ресурсы (растений, животных, микроорганизмов) вне мест их естественного обитания или разведения, обладающее необходимым инструментально-методическим и инфраструктурным комплексом для этих работ.

Поддержание коллекций генетических ресурсов растений ex situ (в генбанках) включает:

- сохранение генетических ресурсов растений в живом виде, сюда относятся разные виды работ по сохранению в контролируемых условиях (длительное хранение образцов семян в низкотемпературных хранилищах, хранение образцов вегетативно размножаемых культур в крио- и in vitro коллекциях), сохранение образцов многолетних культур в полевых условиях, размножение образцов коллекции для поддержания всхожести семян и получения свежих репродукций;

- закладку генетических ресурсов растений на хранение с учетом безопасного дублирования. Для полноценного выполнения генетическим банком своих функций необходимо реализовать два типа хранения – базовое и активное.

Активное хранение – хранение семян образцов генетических ресурсов растений (с регулярным обновлением репродукций семян), предназначенных для восстановления всхожести, описания, оценки, предоставления по заявкам научно-исследовательских и образовательных учреждений.

Базовое хранение – хранение семян образцов коллекции в строго контролируемых условиях температуры и влажности (с регулярным тестированием семян на жизнеспособность), предназначенных исключительно для восстановления образцов в активном хранении.

Помимо этого, целесообразно резервное хранение (депозитарий) семян образцов коллекции в особо защищенных условиях (вне помещений генбанка, где осуществляется активное и базовое хранение), предназначенных исключительно для восстановления систем активного и базового хранения в случае утраты последних при возникновении чрезвычайной ситуации природного или техногенного характера.

Для идентификации образцов коллекций и в более узком практическом применении (например, в селекции и семеноводстве растений, селекции и разведении животных и т. д.) применяют генетическую паспортизацию.

Термин «генетический паспорт» широко используется в отношении человека, животных, растений, микроорганизмов как в актах федерального законодательства и юридической литературе, где несмотря на разные формулировки, в целом означает документ, отражающий отличительные генетические особенности либо индивидуума (если речь о человеке), либо сорта/породы/штамма (если речь идет о животных, растениях, микроорганизмах соответственно), и позволяет отличить его от остальных индивидуумов/сортов/пород/штаммов соответствующего вида.

В семеноводстве растений наличие генетического паспорта сорта (гибрида) позволяет осуществлять контроль за сортовым соответствием партий семян и посевов, а также защиту прав обладателей интеллектуальной собственности при использовании их селекционных достижений.

Генетический паспорт как документ, отражающий отличительные генетические особенности сорта или гибрида, формируется на основе результатов оценки по генетическим маркерам.

К генетическим маркерам относят три основных типа маркеров:

– морфологические генетические маркеры - признаки, по которым производится описание сортов при оценке их на оригинальность, однородность и стабильность;

– белковые генетические маркеры включает описание сортов по запасным белкам семян, спектры которых строго наследуются;

– ДНК-маркеры.

На основе многолетней мировой практики, касающейся семенного контроля, из трех типов генетических маркеров (морфологические, белковые и ДНК-маркеры) в качестве обязательных остаются только морфологические генетические маркеры, тогда как применение остальных (белковые маркеры и ДНК-маркеры) носит рекомендательный характер. Они могут использоваться на добровольной основе для защиты охраняемых РИД по инициативе патентообладателей или в арбитражных делах при установлении сортовой идентичности семенных партий. Белковые маркеры предложены в конце 1960-х годов. ВИР и рекомендованы ISTA к использованию в семеноводстве и семенном контроле в 1980 г. Они не утратили своей актуальности. Стандартные арбитражные методики, разработанные ВИР, включены в международные правила семенного контроля (по пшенице, ячменю, райграсу, гороху, кукурузе и ряду других культур). При этом доказано, что методические указания, разработанные для основных культур, подходят для анализа широкого спектра родственных культур – например, методические указания, разработанные для гороха, подходят практически для всех бобовых,

методики анализа капусты – практически для всех капустных овощных культур и т. д.

ДНК-маркеры (для генетических паспортов растений оптимальны микросателлитные маркеры) применимы в качестве дополнительного метода к морфологическим генетическим маркерам в случае вегетативно-размножаемых культур, для которых невозможно применение белковых генетических маркеров. Генетическую паспортизацию и генетический паспорт, разрабатываемые при помощи анализа ДНК называют еще молекулярно-генетической паспортизацией и молекулярно-генетическим паспортом, соответственно.

В фундаментальных научных исследованиях и в работе с биоресурсными коллекциями микросателлитные маркеры используются широко для разных культур, тогда как в практику семенного контроля в производственной сфере их вводят с осторожностью ввиду высоких требований к квалификации специалистов, выполняющих анализ. Международной ассоциацией по семенному контролю (ISTA) ДНК-анализ был впервые включен в международные правила анализа семян для одной только культуры (пшеница) в 2017 г. Помимо задач сортовой идентификации, отдельные специфичные ДНК-маркеры используются для диагностики аллелей хозяйственно ценных генов. Эти данные могут добавляться к молекулярно-генетическому паспорту, но сами по себе в отдельности не позволяют отличить сорт от всех остальных сортов соответствующего вида. Во избежание путаницы ДНК-анализ, проводимый для целей диагностики, не рекомендуется называть генетической паспортизацией.

Для идентификации сортового соответствия семенного материала важно иметь эталоны селекционных достижений, сохраняемых в коллекциях ГРР. В настоящее время особое внимание уделяется созданию номенклатурных стандартов как защищенных носителей подлинности генетической информации селекционных достижений.

В 2015 г. по инициативе Федерального агентства научных организаций России началась деятельность по учету российских биоресурсных коллекций, которые к тому моменту поддерживались во многих учреждениях биологического профиля, а также научных организациях в сфере сельскохозяйственных наук и медицинских наук.

На начало 2017 года было зарегистрировано 166 коллекций. На конец 2018 года – 252 коллекции, из них 44 коллекции микроорганизмов, 16 коллекций культур клеток, 82 коллекции сельскохозяйственных растений, 48 гербарных коллекций, 23 коллекции диких и лабораторных животных, 15 музейных зоологических коллекций животных, 9 коллекций сельскохозяйственных животных, 15 коллекций биоматериалов человека.

К самым значимым и крупным относятся следующие коллекции Российской Федерации:

– коллекция генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей ВИР имени Н.И. Вавилова (Санкт-Петербург), которая формировалась более 100 лет, старейшая и одна из крупнейших и богатейших по ботаническому разнообразию коллекций культурных растений в мире, насчитывающая более 320 тыс. образцов;

– коллекция генетических ресурсов мировой фауны Зоологического института РАН (Санкт-Петербург), одна из крупнейших и старейших зоологических коллекций в мире, насчитывающая более 60 млн единиц хранения;

– пять российских гербариев, имеющих статус специализированного гербария мирового значения, включая гербарии Ботанического института РАН (Санкт-Петербург), Главного ботанического сада РАН (Москва), Московского государственного университета, ВИР имени Н.И. Вавилова (Санкт-Петербург) и БПИ ДВО РАН (Владивосток); Гербарий ВИР, кроме этого, входит в тройку крупнейших мировых гербариев культурной флоры и другие.

К тесной связке вопросов генетических технологий с биоресурсными коллекциями привело понимание того, что в условиях глобализации и широкого общего доступа к депозитариям геномных и генетических данных мало овладеть технологиями редактирования – если не будет в руках уникального генетического разнообразия, биоресурсных коллекций, то все результаты будут вторичными, не новыми и неконкурентными. Именно уникальное генетическое разнообразие коллекций дает материал для поиска новых генов-мишеней через современные генетические, геномные и омиксные исследования.

Внимание к биоресурсным коллекциям в рамках реализации Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 гг. позволило в рамках специального конкурса 2021 г. поддержать 15 проектов, охватывающих более трех десятков коллекций с целью их развития в направлении повышения доступности и востребованности образцов, развития функций, внедрения и (или) совершенствования стандартов, развития материально-технической базы коллекции, развития информационной инфраструктуры, расширения сетевого взаимодействия биоресурсных коллекций.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение генетического банка.
2. Что включает в себя поддержание коллекций генетических ресурсов растений ex situ (в генбанках)?
3. Что входит в активное хранение семян образцов генетических ресурсов растений?
4. Что входит в базовое хранение семян образцов генетических ресурсов растений?
5. Что входит в резервное хранение семян образцов генетических ресурсов растений?
6. Что означает термин «генетический паспорт»?
7. Перечислите генетические маркеры, которые используют для составления генетического паспорта.
8. Назовите крупнейшие генетические коллекции Российской Федерации.

ФОРМЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРАКТИКИ

Промежуточная аттестация по итогам прохождения практики осуществляется в виде зачета. При этом обучающийся должен предоставить руководителю практики: дневник практики; отчёт о практике, содержащий результаты выполненных индивидуальных заданий.

Отчет о практике составляется индивидуально каждым обучающимся и должен отражать его деятельность в период практики.

Защита отчета о практике проводится перед специально созданной комиссией, в состав которой включаются: заведующий выпускающей кафедрой (председатель комиссии), ответственный от кафедры за организацию и проведение практики, руководители обучающегося по практике. В процессе защиты обучающийся должен кратко изложить основные результаты проделанной работы, выводы и рекомендации, структуру и анализ материалов. По результатам защиты комиссия выставляет студенту оценку «зачтено» либо «не зачтено».

Результат защиты практики учитывается наравне с экзаменационными оценками по теоретическим курсам, проставляется в зачетную книжку и в ведомость, и учитывается при подведении итогов общей успеваемости обучающихся.

При неудовлетворительной оценке обучающемуся назначается срок для повторной защиты, если он выполнил программу практики, но ненадлежащим образом оформил отчетную документацию, либо не сумел на должном уровне защитить практику. При невыполнении обучающимся программы практики он должен пройти её повторно или отчисляется из вуза.

Оформление отчётных документов практики

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

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

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 об учебной практике должен содержать: титульный лист (прил. 2); 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 аналитическое резюме (анализ и обобщенные результаты изучения принципов и приёмов проведения гибридологического анализа, методики моногибридного скрещивания гороха, принципов формирования, поддержания и описания генетических коллекций) в соответствии с разделами программы практики.

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

В течение прохождения практики обучающийся обязан вести дневник практики (приложение 2), который является частью отчета о практике и используется при его написании. Записи в дневнике должны быть ежедневными.

В дневнике необходимо отразить кратко 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, отменить 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 университета.

Дневник прикладывается к отчету о практике.

Критерии оценки отчета по практике (содержание отчета)

- «зачтено» выставляется обучающемуся, если он произвел письменное оформление всех разделов практики, показав степень освоения теоретических и практических навыков оформления результатов проведенной работы, продемонстрировав сформированность необходимых компетенций.

- «не зачтено» выставляется, если обучающийся не произвел письменное оформление всех разделов практики или представил отчет по практике в виде разрозненного материала, результаты своей работы оформил с нарушениями требований или не справился с ними самостоятельно, продемонстрировав отсутствие сформированности одной или всех необходимых компетенций.

Критерии оценки отчета о практике (содержание отчета)

- «зачтено» выставляется обучающемуся, если он произвел письменное оформление всех разделов практики, показав степень освоения теоретических и практических навыков оформления документов, продемонстрировав сформированность необходимых компетенций.

- «не зачтено» выставляется, если обучающийся не произвел письменное оформление всех разделов практики или представил отчет по практике в виде разрозненного материала, результаты своей работы оформил с нарушениями требований или не справился с ними самостоятельно, продемонстрировав отсутствие сформированности одной или всех необходимых компетенций.

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.

Завершающим этапом учебной практики является защита подготовленного студентом отчета в форме собеседования.

Вопросы предполагают контроль общих методических знаний и умений, способность студентов проиллюстрировать их примерами, индивидуальными материалами, составленными студентами в течение практики.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЩИТЕ ОТЧЁТА

1. Дайте определение метода гибридологического анализа.
2. Назовите основные принципы проведения гибридологического анализа.
3. Опишите строение цветка гороха посевного.
4. Назовите особенности периода цветения гороха посевного.
5. Опишите особенности посева семян гороха посевного на опытных делянках для проведения скрещивания.
6. Сколько растений гороха необходимо для проведения скрещивания?
7. Что отмечают при заполнении журнала при скрещивании гороха?
8. Перечислите оборудование, необходимое для проведения скрещивания гороха.
9. Опишите методику проведения кастрации цветка гороха.
10. Опишите методику проведения опыления гороха.
11. Для чего применяют изоляторы при скрещивании?
12. Перечислите доминантные признаки гороха посевного.
11. Как обозначают доминантные признаки гороха посевного при составлении схем скрещивания.
12. Перечислите рецессивные признаки гороха посевного.
13. Как обозначают рецессивные признаки гороха посевного при составлении схем скрещивания.
14. Дайте определение генетического банка.
15. Что включает в себя поддержание коллекций генетических ресурсов растений ex situ (в генбанках)?
16. Что входит в активное хранение семян образцов генетических ресурсов растений?
17. Что входит в базовое хранение семян образцов генетических ресурсов растений?
18. Что входит в резервное хранение семян образцов генетических ресурсов растений?
19. Что означает термин «генетический паспорт»?
20. Перечислите генетические маркеры, которые используют для составления генетического паспорта.
21. Назовите крупнейшие генетические коллекции Российской Федерации.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец задания на учебную практику

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

Факультет Агрономический
Кафедра «Садоводство и селекция»
Специальность (направление) 35.03.04 Агрономия

ЗАДАНИЕ

на ознакомительную практику по генетике
Обучающегося_____
Наименование базовой организации_____
Срок прохождения практики с «___» _____ по «___» _____ 20___ года.
Содержание задания на практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов): _____
_____
_____
_____

Индивидуальное задание: _____
_____

Дата выдачи задания: «__» _____ 20__ г.

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

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

«____»_____ 20__ г.

План (график)
ознакомительной практики

№ п/п	Этапы практики	Виды работ по практике, включая самостоятельную работу студентов	Сроки выполнения
1			
2			
3			

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

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

Приложение 2

Образец титульного листа отчёта об учебной практике

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

АГРОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Садоводство и селекция»

ОТЧЕТ

об ознакомительной практике по генетике

_____
(период прохождения практики)

обучающегося _____ курса ___группы

_____
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель практики

_____
(фамилия, имя, отчество)

Кинель 20___

Приложение 3

Образец титульного листа дневника учебной практики

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

АГРОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Садоводство и селекция»

ДНЕВНИК

ознакомительной практики по генетике

_____
(период прохождения практики)

обучающегося _____ курса ___группы

_____
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель практики

_____
(фамилия, имя, отчество)

Кинель 20___

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	Подпись руководителя
1	2	3

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

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

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.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Макрушин Н.М. Генетика: Учеб. Для вузов / Под ред. Н.М. Макрушина. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 432с.

2. Герейханова А.Ю. Генетика Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятльной работе студентов. А.Ю. Герейханова. – Махачкала ФГБОУ ВО ДагГАУ, 2020. – 27с.

3. Грязева, В.И. Генетика: учеб. пособие / В.И. Грязева, В.В. Кошеляев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – 180 с.

4. Жученко, А.А. Генетика : Учеб. для вузов / Под ред. А.А.Жученко. - М. : КолосС, 2004. - 480с.

5. Разумова, И.И. Генетика. Методические указания по решению задач для студентов, обучающихся по агрономическим специальностям. – Кинель, РИЦ СГСХА, 2010. – 38с.

6. Бакай, А.В. Генетика: учебник / А.В. Бакай, И.И. Кочий, Г.Г. Скрипченко. – М.: КолосС, 2007. – 448с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Общие положения 4
Содержание учебной практики 5
1. Принципы и приёмы проведения гибридологического анализа 5
2. Гибридологический анализ у гороха при моногибридном скрещивании 6
3. Принципы формирования, поддержания и описания генетических коллекций 10
Формы отчетности по результатам практики 16
Вопросы для подготовки к защите отчёта 19
Приложения 20
Рекомендуемая литература 25

Учебное издание

Степанова Юлия Владимировна,
Нечаева Елена Хамидулловна

ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА ПО ГЕНЕТИКЕ
Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 15.09.2023. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 1,50; печ. л. 1,62. Тираж 50. Заказ № 218.

Издательско-библиотечный центр 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
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Садоводство и селекция»

ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА ПО СЕЛЕКЦИИ

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2023

УДК 631. 527
ББК 41.31 Р
О46

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

О46 Ознакомительная практика по селекции : методические указания / Ю. В. Степанова, О. Л. Салтыкова, Е. Х. Нечаева, И. А. Володина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 24 с.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению 35.03.04 Агрономия, профиль подготовки «Селекция и семеноводство» для прохождения ознакомительной практики по селекции, может быть полезно преподавателям и специалистам занятым организацией и проведением практик.

Учебное издание содержит элементы организации ознакомительной практики, сформулированы цель и задачи, приведены способы проведения, задания с контрольными вопросами, рекомендации по выполнению и оформлению отчета, список рекомендованной учебной литературы, вопросы для собеседования.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Степанова Ю. В., Салтыкова О. Л.,
Нечаева Е. Х., Володина И. А., 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические рекомендации разработаны в соответствии с действующим учебным планом и требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия к квалификационной характеристике бакалавра.

Ознакомительная практика по селекции относится к Блоку 2. Практика. Обязательная часть – Б2.О.05(У). Общая трудоемкость составляет 2 зачетные единицы (72 часа). Проводится во 2 семестре 2 курса очной формы обучения. Форма контроля – зачет.

Форма проведения ознакомительной практики – непрерывная (концентрированная) групповая. Способ проведения – стационарный, выездной.

Цель практики – формирование у обучающихся практических навыков применения основных методов селекции для создания сортов сельскохозяйственных культур.

Задачами практики являются:

- изучение особенностей закладки селекционных питомников;
- изучение методики гибридизации сельскохозяйственных культур;
- изучение методики оценки селекционных признаков;
- освоение приемов, методик и методов ведения полевых и лабораторных работ.

В результате прохождения ознакомительной практики по селекции обучающийся должен:

- знать: особенности закладки селекционных питомников; методику гибридизации сельскохозяйственных культур;
- уметь: подбирать сорта сельскохозяйственных культур с учетом их агробиологических особенностей; контролировать, проверять, осуществлять самоконтроль до, в ходе и после выполнения работы;

владеть навыками: работы в полевых и камеральных условиях; основных методов селекции для создания сортов сельскохозяйственных культур.

1. СОДЕРЖАНИЕ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ

Ознакомительная практика проводится в соответствии с учебным планом и графиком учебного процесса на учебный год по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья выбор мест прохождения ознакомительной практики производится с учетом состояния здоровья и требования доступности.

Вопросами организации ознакомительной практики занимается деканат агрономического факультета. Проведение и методическое руководство практикой осуществляется кафедрой «Садоводство и селекция».

Руководитель ознакомительной практики по селекции:

- составляет задание и рабочий план (график) проведения практики (прил. 1);
- разрабатывает маршруты и выделяет участки для бригад, оказывает методическую помощь при выполнении ими заданий;
- проводит инструктаж по вопросам охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности и вопросам содержания практики.

1.1 Правила техники безопасности и поведения на учебной практике

Перед прохождением ознакомительной практики по селекции, обучающиеся в обязательном порядке проходят инструктаж по технике безопасности и правилам поведения на учебной практике.

Цель вводного инструктажа – разъяснить правила поведения по соблюдению производственной и трудовой дисциплины, ознакомить со спецификой работы, общими условиями безопасности труда, основными положениями законодательства об охране труда.

Инструктаж проводит руководитель практики с обязательной подписью каждого студента в журнале регистрации инструктажа. В ходе инструктажа разъясняются техника безопасности и правила поведения во время практики.

Техника безопасности и правила поведения

1. На практику необходимо приходить в соответствующей одежде и обуви (на низком каблуке). Обязательно иметь головной убор.
2. С собой приносить средства защиты от насекомых.
3. Нельзя пробовать на вкус незнакомые объекты исследования и биологические материалы.
4. Не рекомендуется далеко отходить от своей группы если этого не требуется для выполнения конкретного задания.
5. Нельзя разводить костры, бросать окурки в лесных и др. зонах прохождения практики.

6. При проведении полевых работ следует систематически осматривать себя и друг друга от наличия клещей. Без необходимости не пробираться через густые заросли кустарника, не садиться на землю, стволы поваленных деревьев. При укусе клеща следует сообщить руководителю практики, постараться удалить клеща, обработать ранку, далее обратиться к специалисту и следует живого клеща в герметичной емкости сдать в лабораторию для исследования.

7. В случае травмы уметь оказать первую помощь, при необходимости вызвать скорую помощь по телефону экстренной службы 112 или 103.

8. Необходимо обеспечить себя средствами для записи проделанных работ.

9. Необходимо иметь с собой материалы и инструменты для прохождения практики.

10. По окончании учебной практики сдать материалы и инвентарь на кафедру.

11. Запрещается оставлять мусор на территориях прохождения практики.

12. Необходимо бережно относиться к природе и её растительным ресурсам.

Во время прохождения практики в аудиториях студенты обязаны:

- находиться на своих рабочих местах, выполняя работу согласно индивидуальному заданию;
- соблюдать дисциплину, не покидать группу без разрешения руководителя практики;
- бережно относиться к имуществу университета.

Обучающийся допускается к работе после проверки усвоения правил техники безопасности и поведения на учебной практике.

Контрольные вопросы

1. Назовите цель и задачи проведения ознакомительной практики по селекции.
2. Назначение вводного инструктажа по технике безопасности и правилам поведения на учебной практике.
3. Кто проводит первичный инструктаж по технике безопасности для обучающихся?
4. Где фиксируется личная подпись обучающихся о прохождении инструктажа по мерам безопасности, пожарной безопасности при проведении практик обучающихся?
5. Назовите виды нарушения дисциплины, которые являются основанием для удаления обучающегося с практики.
6. Перечислите условия для допуска обучающихся к учебной практике.
7. Опишите меры пожарной безопасности при прохождении учебной практики.

8. Опишите правила которых необходимо придерживаться, при необходимости оказания первой медицинской помощи.

9. Опишите правила личной гигиены, которые необходимо соблюдать на учебной практике.

10. Опишите обязанности обучающихся при прохождении практики в учебных аудиториях.

1.2 Особенности закладки селекционных питомников

Задание. Изучение особенности закладки селекционных питомников.

Селекционный процесс – это совокупность (комплекс) мероприятий, которые выполняет селекционер от начала работы до её завершения – создания нового сорта (рис.). В селекции растений этот комплекс мероприятий включает следующие основные этапы:

1. Разработка модели сорта, предназначенного для эксплуатации в определенных условиях, на определенном уровне агротехники.

2. Создание или выбор исходного материала для отбора.

3. Отбор исходных родоначальных (элитных) растений.

4. Испытание потомств отобранных элит.

Работа по созданию нового сорта начинается с разработки модели сорта, которая учитывает множество параметров растений: общую продуктивность, качество продукции, устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды (морозоустойчивость, зимостойкость, жаростойкость, засухоустойчивость, устойчивость к различным видам химических загрязнений), устойчивость к неблагоприятным биологическим факторам (болезням и вредителям), конкурентоспособность, особенность ритма развития и фотопериодических реакций, отзывчивость на агротехнику и др. Модель сорта выступает как образец, к которому стремится селекция.

Организация селекционного процесса связана с применением специфических селекционных методов (проведение скрещиваний, оценок, отбора и т.д.) и таких же специфических технических приемов при посеве, уходе, наблюдениях, уборке урожая. Завершается селекционный процесс созданием нового сорта или гибрида, который передаётся в Государственное сортоиспытание.

В организации и проведении селекционной работы с разными по биологии культурами существует большая специфика, поэтому и схемы селекции самоопыляющихся, перекрёстноопыляющихся и вегетативно размножающихся растений различны.

Тем не менее, во всех схемах селекции используются три основных вида селекционных посевов:

1. Питомники. Часто из-за недостатка семян оценку селекционных форм проводят на небольших делянках, вплоть до однорядковых, и без повторений в пространстве;

2. Сортоиспытания. Оценка селекционных форм проводится на достаточно больших делянках и с обязательным повторением в пространстве и во времени;

3. Размножение перспективных селекционных форм.

Названные виды посевов составляют звенья селекционного процесса. Совокупность звеньев селекционного процесса, чередующихся в определенном порядке и обеспечивающих технологическую цепочку создания сорта, называется схемой селекционного процесса.

Питомники делят на 4 основных вида:

- питомник исходного материала. Он включает коллекционные питомники, где изучаются образцы коллекции, и гибридные, где изучаются гибридные популяции;
- селекционный питомник, где проводят оценку элитных растений по потомству;
- контрольный питомник, где контролируется ценность выбранных потомств элитных растений;
- специальный питомник: питомник мутантов, питомник полиплоидов, питомник гибридизации и т. п.

Сортоиспытания могут быть:

- предварительные (или малые конкурсные);
- конкурсные;
- экологические;
- специальные (сортоиспытание на разных фонах, производственное испытание и т. п.).

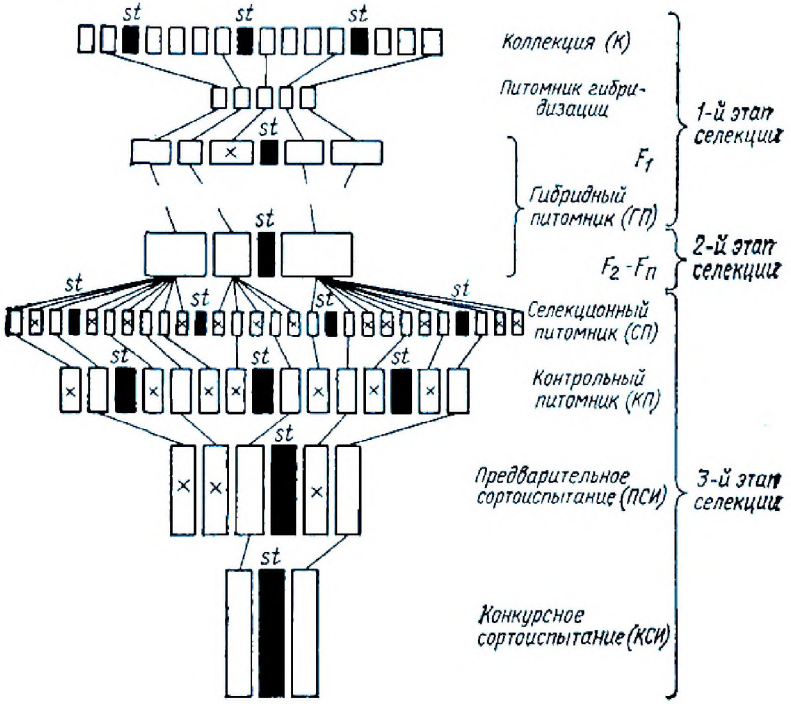


Рис. Схема селекционного процесса

Планирование селекционного процесса включает следующие этапы.

1. Определение основных способов работы с селекционным материалом. Включает тщательное, длительное изучение коллекций, позволяющее существенно ограничить число образцов, привлекаемых для создания популяций, или, напротив, сугубо ориентировочное с использованием для этой цели широкого круга образцов. Изучение способов создания популяций и численность популяций, создаваемых различными способами; способов работы с популяциями (гибридное или мутантное поколение, из которого ведется отбор, работа с гибридными поколениями в случае использования метода пересева – простой пересев, испытание популяций с целью выбраковки части их, массовые отборы); способа отбора (отбор растений, колосьев).

2. Определение схемы селекционного процесса: числа его звеньев и их назначения, места, где они будут размещаться (поле, теплица), а также площадей делянок в них, норм высева, числа повторений, способов размещения образцов в повторении, частоты размещения стандарта.

3. Определение технических данных делянок в питомниках и сортоиспытаниях: длины, числа рядков в делянке, ширины междурядий,

междеряночных и межполосных (межъярусных) дорожек (дорог).

4. Определение объема скрещиваний (или других приемов создания популяций), объема популяций и отборов из них, питомников и сортоиспытаний (число образцов в них), примерного процента браковки в разных звеньях.

5. Определение системы наблюдений, оценок и учетов (какие именно наблюдения, оценки и учеты, в каком объеме и по какой методике следует вести в том или ином питомнике или сортоиспытании).

Способы работы с селекционным материалом зависят от культуры, зоны, а также от индивидуальных особенностей селекционера.

Для тщательного изучения коллекции требуется 2-3 года. Зато число популяций может быть сильно уменьшено. Это сэкономит труд и позволит детальнее проработать популяции (увеличить объем популяций и объем отборов из них). Кратковременное, ориентировочное изучение коллекции (а иногда знакомство с образцами по данным других учреждений) обычно связано с созданием большого количества популяций (чаще всего гибридных комбинаций) с целью выбрать из них в дальнейшем перспективные.

Способ создания популяций во многом зависит от культуры. Так, при работе с ячменем хороший результат дает и гибридизация, и мутагенез. В селекции пшеницы широко используется гибридизация, а автополиплоидия не имеет перспективы. Напротив, у ржи автополиплоиды представляют селекционную ценность.

Выбор поколения для отбора основывается на известных генетических закономерностях. Отбор из ранних гибридных поколений позволяет сразу ограничить круг материала, с которым целесообразна дальнейшая работа, но, как правило, выделяет гетерозиготы, что заставляет прибегать к повторным отборам у самоопылителей. По некоторым данным, отбор из F_3-F_4 предпочтительнее отбора из F_2. Отбор из поздних гибридных поколений (метод пересева) задерживает выделение растений родоначальников, но зато дает больший процент гомозиготных форм. При методе пересева быстро накапливается избыточное количество семян. Часть популяции приходится отбрасывать. Можно делать это чисто механически, а можно использовать массовый отбор, оставляя для пересева только лучшие растения. Последнее требует дополнительной затраты труда. Можно организовать испытание популяций (в том числе по мере накопления семян на больших делянках с повторностью), отбрасывая малоурожайные или не отвечающие другим требованиям. Иногда браковку популяций ведут уже с первого поколения (например, исключая полегающие, поражающиеся болезнями и т. д.). Кроме того, считают, что высокогетерозисные комбинации F_1 дают в последующих поколениях наиболее урожайные линии. Метод пересева может быть с успехом использован для естественного отбора наиболее устойчивых

генотипов в районах с неблагоприятными климатическими условиями, например, при селекции озимых на морозостойкость в местностях с суровыми малоснежными зимами.

У мутантов отбор целесообразно вести в ранних поколениях. Рецессивные мутации проявляются со второго мутантного поколения.

Схема селекционного процесса, начиная с F_1 до селекционного питомника, определяется величиной делянок, числом повторений, нормой высева и коэффициентом размножения. До селекционного питомника число звеньев зависит не от количества посевного материала, а только от длительности проработки коллекций п пересева популяций. Так, при работе методом пересева необходимо увеличение объема гибридного питомника, который в этом случае состоит из нескольких звеньев, соответствующих гибридным поколениям. Здесь же может быть организовано испытание популяций по типу контрольного питомника или сортоиспытания. В случае отбора из F_2 в гибридном питомнике высевают только F_1 и F_2.

Испытание потомств элитных растений требует определенной точности. Поэтому в заключительных звеньях площади делянок должны соответствовать нормативам (допускаются известные колебания), а в конкурсном сортоиспытании установлена четырех- или шестикратная повторность. Чтобы обеспечить посев делянок в заключительных звеньях, требуется определенное количество семян, которое в зависимости от коэффициента размножения и нормы высева может быть получено при том или ином числе пересевов, что и определяет число звеньев испытания. Задача сводится к тому, чтобы увязать выход семян в предыдущем звене с площадью делянки и повторностью (если она планируется) в последующем звене. Таким образом, площадь делянки, число повторений и звеньев испытания тесно связаны и зависят от коэффициента размножения и нормы высева. Чем больше коэффициент размножения и меньше норма высева, тем короче схема. Если схема укорачивается, часть звеньев испытания исключается (например, предварительное сортоиспытание), если удлиняется – вводятся дополнительные звенья (например, селекционный питомник 2-го года, контрольный питомник 2-го года и т. д.).

Коэффициент размножения зависит от культуры, почвенно- климатических условий и агротехники (в особенности от нормы высева). В ранних звеньях испытания с целью увеличения коэффициента размножения применяют пониженные по сравнению с обычно принятыми в производстве нормы высева, кроме того, коэффициент размножения увеличивается за счет краевого эффекта, и поэтому тем выше, чем больше доля краевых рядков на делянке. Так, при семирядковой делянке он будет выше, чем при десятирядковой. Сильно уменьшать норму высева не рекомендуется, так как испытание становится нетипичным. В виде исключения к этому приему прибегают,

когда главная задача питомника – получить больше семян (например, при посеве F_1).

Чтобы повысить точность сравнения, при ограниченном количестве семян уменьшают площадь делянки и за счет этого увеличивают повторность. Но возрастают затраты труда. Поэтому от повторности в ранних звеньях часто отказываются, считая, что малая точность оценок компенсируется массовостью материала.

Сравнение наиболее объективно, если применяется рендомизированное размещение образцов в повторении. Но при мелких многочисленных делянках это нецелесообразно. Их лучше размещать систематическим методом, что упрощает технику опыта и ведение документации. При малой точности сравнения, которая отмечается в этом случае, способ размещения делянок в повторении не играет роли. Применение стандартного метода целесообразно в контрольном питомнике и предварительном сортоиспытании, если количество семян не позволяет иметь достаточную повторность (или вообще опыт не имеет повторений). В ранних звеньях, обычно не имеющих повторения, стандарт располагают через 10, 15, 20 и большее число испытуемых образцов. Чем чаще размещают стандарт, тем выше точность сравнения, но больше затраты труда и земельной площади.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение селекционного процесса и назовите его этапы.
2. Назовите параметры учитывающиеся при создании сорта.
3. Назовите и охарактеризуйте виды селекционных посевов.
4. Назовите виды селекционных питомников и их назначение.
5. Назовите виды сортоиспытаний, их назначение и способы проведения.
6. Опишите схему селекционного процесса.
7. Опишите основные приемы ускорения селекционного процесса.
8. Назовите и охарактеризуйте этапы, входящие в планирование селекционного процесса.
9. На чем основывается выбор поколения для отбора?
10. От чего зависит коэффициент размножения?

1.3 Принципы и приёмы проведения скрещивания

Задание 1. Изучение методики проведения скрещивания у злаковых культур (на примере скрещивания у пшеницы).

Пшеница (*Triticum L.*) – род травянистых протерогиничных растений. В культуре возделывают главным образом сорта мягкой (6n=42) и твердой (4n=28) пшениц.

Соцветие пшеницы – сложный колос, состоящий из одинаковых 3-7 цветковых колосков, сидящих в выемках колосового стержня. Цветок пшеницы имеет 3 тычинки и двухлопастное рыльце. Пшеница – самоопылитель, но в некоторых случаях может происходить и перекрестное опыление. Цветки раскрываются быстро, и из цветка появляются пыльники. Закрывание цветка идет медленнее. Колос мягкой пшеницы цветет 2-6 дней, твердой озимой – 4-9 дней. Максимум открытых цветков у мягкой озимой пшеницы наблюдается на 2-3 день, у твердой озимой – на 2-6 день. Продолжительность открытого состояния цветков мягкой озимой пшеницы различно в зависимости от региона и сорта.

Открытое цветение отмечается с 6 часов утра до 18 часов вечера. У мягкой озимой может быть одновременно открыто 6-7, а у твердой озимой – 9-11 цветков. И те, и другие могут цвести открыто и закрыто.

Скрещивание начинают с кастрации цветка женских растений. Кастрацию проводят за день до начала цветения с помощью пинцета, которым раздвигают цветковые чешуи (их удерживают в открытом состоянии указательным пальцем левой руки), а затем открывают пыльники. На кастрированный колос надевают изолятор, на котором делают надпись.

Для опыления на цветках отцовского растения выбирают желтые пыльники и собирают их в спичечный коробок, выстланный пергаментом.

Для опыления наиболее благоприятно утреннее (до 10 часов) и вечернее (с 17 до 20 ч.) время. При неблагоприятной погоде для ускорения цветения опылителя рекомендуется чешуи слегка подстригать и закрывать колосья поливиниловой пленкой.

При опылении в кастрированные материнские цветки либо закладывают треснувшие пыльники, либо наносят пыльцу непосредственно на рыльце пинцетом, кисточкой или плоской тонкой палочкой. Нанесение пыльцы более надежно.

В течение дня можно кастрировать и опылить по 50 колосьев. Рыльце пшеницы способно воспринимать пыльцу в течение 7-9 дней после кастрации (при повышенной влажности - дольше).

В естественных условиях пыльца пшеницы сохраняет оплодотворяющую способность в течение 30-40 минут. Но если срезанные колосья опылителей хранить в холодильнике, то пыльца сохраняет жизнеспособность 6 и более дней.

Задание 2. Изучение методики проведения скрещивания у плодовых культур (на примере скрещивания у яблони).

Яблоня (*Malus Mill*) – род растений семейства розановые (Rosaceae). Род включает 36 видов. Наиболее широко распространена яблоня домашняя, или культурная.

Большая часть сортов диплоидны (2n=34), около четверти сортов триплоидны (3n=51), и единичные сорта тетраплоидны (4n=68).

Цветки у яблони собраны в зонтиковидные соцветия. Цветок крупный, белый, снаружи розовый. Тычинок много. Пестик с пятью сросшимися при основании столбиками. Пыльники желтые. Чашечка пятираздельная. Завязь нижняя, пятигнездная; в каждом гнезде по 4-6 семяпочек. Яблоня цветет с апреля до июня в зависимости от зоны. Рыльце созревает раньше пыльников, что гарантирует перекрестное опыление, осуществляемое пчелами, шмелями. Продолжительность цветения 8-12 дней.

Методика опыления. На цветке оставляют 2-3 бутона, остальные удаляют. Оставляют бутоны, достигшие окончательной величины, лепестки которых еще не начали раздвигаться. При опылении лепестки необходимо осторожно раздвинуть пинцетом, захватить верхнюю часть тычиночной нити с пыльником и извлечь. Удалять лучше по одному пыльнику, чтобы не повредить рыльце пестика. На кастрированные бутоны надеть общий изолятор.

Пыльцу для опыления можно приготовить в день кастрации. Собрать только начавшие распускаться бутоны растения отцовского сорта в бумажный пакетик.

У яблони, чтобы опылить 5-10 цветков, достаточно пыльцы одного бутона. В закрытом помещении (лабораторной комнате) пинцетом раскрыть бутоны и отделить пыльники в чашку Петри или в пробирку, расположив их на дне в один слой для дозревания. Комната должна быть сухой. Через некоторое время пыльники растрескиваются, и пыльцу пересыпают в стеклянный бюкс, флакон или плоскодонную пробирку и ставят для хранения в эксикатор.

Когда рыльца цветков материнского растения созреют (на них появляется блеск), проводят опыление. Восприимчивость рыльца к опылению у яблони сохраняется 9-10 суток, но опыление в конце этого срока снижает процент завязывания плодов.

Опыленные цветки накрыть снова изолятором, на этикетке отметить дату скрещивания, сорта родительских растений, количество опыленных цветков.

Например: 15.V Опыление

♀ Антоновка.

♂ Ранет бергамотный.

Цветков – 5.

Фамилия:

Все мероприятия: кастрация, опыление, сведения о родителях, количество опыленных растений и цветков – регистрируется в тетради.

Через 15 дней после опыления снять изоляторы, произвести учет результатов скрещивания. Этикетка остается до сбора плодов.

Контрольные вопросы

1. Опишите строение соцветия и цветка пшеницы.
2. Назовите продолжительность цветения пшеницы и время открытого цветения.
3. Опишите методику проведения кастрации цветка пшеницы.
4. Опишите методику опыления пшеницы?
5. Назовите время наиболее благоприятное для опыления.
6. Какова сохранность оплодотворяющей способности пыльцы пшеницы в естественных условиях и на холоде?
7. Опишите строение цветка яблони.
8. Назовите время и продолжительность цветения яблони.
9. Опишите методику опыления яблони.

1.4 Освоение методики оценки одного из селекционных признаков

Задание 1. Изучение методики оценки сортов и сортообразцов зерновых культур на устойчивость к полеганию

Оценку сортов пшеницы на устойчивость к полеганию следует проводить в селекционных питомниках или на делянках стационарного конкурсного сортоиспытания.

Растения, устойчивые к полеганию, характеризуются главным образом невысокой соломиной и короткими прочными междоузлиями, а также крепкой корневой системой, сильно развитыми механическими элементами стебля. У устойчивых к полеганию сортов отношение высоты стебля к его диаметру не превышает 300, а у неустойчивых – более 300.

Например, средний диаметр первых междоузлий равен 3,5 мм, тогда у устойчивых к полеганию сортов высота стеблей составит 80 см, у неустойчивых больше 80.

При ливневых осадках, которые часто сопровождаются сильными ветрами, стебли, как правило, сильно подвержены полеганию. Исключение могут составить стебли с наибольшим количеством сосудисто-волокнистых пучков. Последнее можно определить при анализе поперечных микроскопических срезов в лабораторных условиях.

В полевых условиях устойчивость к полеганию оценивают визуально, при проходе перед делянками, по 5 балльной шкале.

Пяти бальная шкала оценки полегания:

5 – полегание отсутствует, стебли стоят вертикально;

4 – слабое полегание, стебли слегка наклонены;

3 – среднее полегание, стебли наклонены под углом 45°;

2 – сильное полегание, затрудняющее машинную уборку;

1 – очень сильное полегание задолго до уборки, машинная уборка невозможна.

Оценку полегания проводят в день полегания и через 5-10 дней, чтобы охарактеризовать сорта по способности подниматься после полегания за счет вставочного роста междоузлий.

Оценка сорта к полеганию выражается средним из всех повторностей баллом, с точностью до одной десятой.

Пониклые соцветия также оцениваются баллами:

1 – отсутствует;

2 – слабое, соцветия у большинства растений наклонены под углом 45° по отношению к стеблю;

3 – среднее, угол наклона соцветий 90°;

4 – сильное, соцветия опустились вместе с верхним междоузлием вниз, уборка таких посевов ведет к большим потерям урожая.

Результаты оценки сортов на устойчивость к полеганию записывают в таблицу 1.

Таблица 1

Определение устойчивости сортов и сортообразцов яровой пшеницы к полеганию

Название сорта, линии, дата проведения определения	Устойчивость стебля, баллы					Устойчивость колоса, баллы				
	1	2	3	4	Среднее	1	2	3	4	Среднее

Задание 2. Изучение методики оценки сортов и сортообразцов яровой пшеницы на устойчивость к пыльной головне в селекционных питомниках и конкурсном сортоиспытании

В период массового цветения сортов пшеницы необходимо провести учет стеблей, пораженных пыльной головней, в каждой повторности и дать предварительную среднюю оценку. Осмотр делянки осуществляется дважды и с двух сторон.

Пыльная головня пшеницы – это болезнь растения, в частности пшеницы и ржи, при котором поражается только колос. Вызывается узкоспециализированным паразитическим грибом из порядка Головневые – *Ustilago tritici.*

Пыльная головня пшеницы поражает только колос. Первые визуальные признаки можно обнаружить только в период колошения. Больные растения выколашиваются раньше, чем здоровые. Ещё до выхода из влагалища листа

все части пораженного колоса разрушены и превращены в черную пылящую массу. Иногда наблюдается поражение колосьев только в нижней части.

Внешне, пораженный колос напоминает обгоревший, поскольку разрушены цветочные части и кроющие частицы колосков, сильно редуцированы ости колоса. Остается неповрежденным только стержень. В начале выхода пораженного колоса массу телиоспор покрывает тонкая прозрачная оболочка. Она быстро разрушается, и телиоспоры легко разлетаются (пылят).

У различных сортов ржи, при воздействии фитопатогена, полностью разрушается нижняя часть колоса. При этом образуется черная плохо распыляющаяся споровая масса. Редко могут сохраняться колосковые чешуи. Верхняя часть пораженного колоса стерильна.

Окончательную оценку определяют в процентах отношением стеблей, пораженных пыльной головней, ко всем стеблям, сохранившимся к уборке, на всей учетной площади делянки. Число сохранившихся к уборке стеблей определяют при анализе структуры урожая – на квадратном метре, затем умножают на учетную площадь.

Результаты оценки сортов на устойчивость к пыльной головне записывают в таблицу 2.

Таблица 2

Учёт поражённости стеблей пшеницы пыльной головней, шт.

Название сорта или сортообразца	Дата учета	Количество стеблей, поражённых пыльной головней				Среднее
		Повторность				
		1	2	3	4	

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте растения зерновых культур устойчивых к полеганию.
2. Опишите шкалу визуального оценивания в полевых условиях устойчивости стебля зерновых культур к полеганию.
3. Опишите шкалу визуального оценивания в полевых условиях устойчивости колоса зерновых культур к полеганию.
4. В какое время проводят оценку устойчивости растений зерновых культур к полеганию?
5. Охарактеризуйте растения пшеницы, пораженные пыльной головней.
6. Назовите возбудителя пыльной головни пшеницы.
7. Опишите методику оценки сортов и сортообразцов яровой пшеницы на устойчивость к пыльной головне.

2. ФОРМЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ

2.1 Основные требования к оформлению отчёта

Выполненный отчет должен содержать:
- титульный лист (прил. 2);
- задание и план (график) (прил. 1);
- оглавление;
- основные разделы отчета;
- заключение:
- список использованной литературы и источников;
- приложения (при наличии).

Во введении следует указать цель и задачи ознакомительной практики, обобщить собранные материалы и раскрыть основные вопросы и направления, которыми занимался обучающийся при прохождении практики.

Основная часть включает в себя обзор отечественной и зарубежной литературы, электронных информационных ресурсов по темам заданий.

Заключение отражает в сжатом виде результаты работы в период практики.

Список использованной литературы и источников помещается на отдельном нумерованном листе (листах), источники записываются и нумеруются в алфавитном порядке.

Ссылки на литературные источники приводятся в тексте. При ссылке на литературные источники указывается порядковый номер источника по списку. Номер источников указывается в квадратных скобках.

Приложения оформляют как продолжение отчета по ознакомительной практике на последующих его страницах, располагая их в порядке ссылок в тексте. Каждое приложение должно располагаться с новой страницы с указанием слова «Приложение» и иметь содержательный заголовок.

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

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.

Знаки препинания (точка, запятая, двоеточие, точка с запятой, многоточие, восклицательный и вопросительный знаки) от предшествующих слов пробелом не отделяют, а от последующих отделяют одним пробелом. Дефис от предшествующих и последующих элементов не отделяют. Тире от предшествующих и последующих элементов отделяют обязательно. Кавычки и скобки не отделяют от заключенных в них элементов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать требованиям, принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. При необходимости применения условных буквенных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

На все иллюстрации в тексте должны быть ссылки. Цифровой материал рекомендуется размещать в таблицы, которые снабжают тематическими заголовками, располагающимися посередине страницы. прописной шрифт без точки на конце.

2.2 Аттестация практики

Завершающим этапом ознакомительной практики является защита обучающимися отчета, который должен содержать результаты выполненных заданий.

Защита отчета по ознакомительной практике проводится перед специально созданной комиссией, в состав которой включается заведующий кафедрой и руководитель практики.

В процессе защиты отчета обучающийся должен кратко изложить основные результаты проделанной работы, анализ и структуру материалов. Члены комиссии задают вопросы, и по результатам защиты комиссия выставляет студенту оценку «зачтено», «не зачтено».

«Зачтено» выставляется студенту, если он произвел письменное оформление всех разделов практики, показав степень освоения теоретических и практических навыков оформления документов, продемонстрировал формирование компетенции.

«Не зачтено» выставляется, если студент не произвел письменное оформление всех разделов практики или предоставил отчет по практике в виде разрозненного материала, результаты своей работы оформил с нарушениями требований или не справился с ними самостоятельно, продемонстрировав отсутствие сформированности компетенции.

Результат защиты практики проставляется в зачетную книжку и в ведомость, и учитывается при подведении итогов общей успеваемости обучающихся.

Неудовлетворительные результаты промежуточной аттестации по практике или не прохождение промежуточной аттестации по практике при отсутствии уважительных причин признаются академической задолженностью.

Обучающиеся, не выполнившие программы практик по уважительной причине, направляются на практику повторно по индивидуальному графику.

2.3 Вопросы для собеседования

1. Чем занимается селекция как наука? Ее предмет и методы.
2. Что понимается под популяцией в селекции растений?
3. Связь селекции с другими фундаментальными и прикладными науками.
4. Назовите основные виды селекционных учреждений.
5. Назовите особенности развития селекционной работы в России.
6. Перечислите основателей научной селекции в России.
7. Назовите достижения российских селекционеров по зерновым культурам, кукурузе, подсолнечнику.
8. Перечислите виды исходного материала для селекции.
9. Каково значение исходного материала для селекции?
10. Понятие о сорте. Значение сорта для сельскохозяйственного производства.
11. Что такое модель сорта и каково ее значение для селекционера?
12. Роль сорта в интенсификации земледелия.
13. Что такое селекционный процесс?
14. Основные этапы селекционного процесса и их характеристика.
15. Каковы основные приемы ускорения селекционного процесса?
16. Каковы основные принципы подбора пар для скрещивания?
17. Назовите этапы технологии скрещивания.
18. Какие основные типы скрещиваний используются в селекции растений?
19. Перечислите виды опыления, используемые при искусственных скрещиваниях.
20. В чем заключается подготовка материнской формы к гибридизации?
21. Дайте характеристику одного из этапов скрещивания: кастрация.
22. Какие характеристики селекционного материала оценивают исключительно в поле, в лаборатории?
23. Какие характеристики сорта можно оценить в равной мере в поле и в лаборатории?
24. В чем сущность системы селекционных оценок?
25. В каких единицах выражают результаты оценки на устойчивость к болезням и вредителям?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец оформления задания и плана (графика) прохождения практики

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

Факультет Агрономический
Кафедра Садоводство и селекция
Направление 35.03.04 Агрономия

ЗАДАНИЕ
на ознакомительную практику по селекции

Обучающегося_____, 2 курса, _____ группы,
_____ формы обучения
Срок прохождения практики с _____ по _____

Содержание задания на практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов):

1.
2.
3.
4.

Индивидуальное задание: _____

Дата выдачи задания: «___» _____ 20__ г.

Руководитель практики _____/ _____ /
Принял к исполнению _____/ _____ /

«___»_____ 20__ г.

План (график)
прохождения ознакомительной практики по селекции

№ п/п	Наименование этапов прохождения практики	Сроки выполнения
1	Подготовительный	
2	Основной	
3	Заключительный	

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

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

Приложение 2

Образец титульного листа отчёта

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

Агрономический факультет

Кафедра «Садоводство и селекция»

ОТЧЕТ

с _____ по _____

обучающегося 2 курса, 2 группы
_____ формы обучения
направление подготовки 35.03.04 Агрономия
профиль Селекция и семеноводство

_____
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель практики

_____
(фамилия, имя, отчество)

Кинель 20___

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Васин, В. Г. Растениеводство : учебное пособие / В. Г. Васин, А. В. Васин., Н. Н. Ельчанинова. –изд. 2-е, доп. и перераб. – Самара : РИЦ СГСХА, 2009. – 528 с.

2. Глуховцев, В. В. Семеноводство полевых культур: учебное пособие / В. В. Глуховцев, О. Н. Антимонова. – Самара: РИЦ СГСХА, 2016 – 144 с.

3. Гужов, Ю. Л. Селекция и семеноводство культивируемых растений / Ю. Л. Гужов, А. Фукс, П. М. Валичек. – М. : Мир, 2003. – 536 с.

4. Гуляев, Г. В., Селекция и семеноводство полевых культур : учебник / Г. В. Гуляев, Ю. Л. Гужов. – М., 1987. – 447 с.

5. Исаков, И. Ю. Научные основы селекции и семеноводства : учебное пособие / И. Ю. Исаков, А. И. Сиволапов. – Воронеж : ВГЛТУ, 2015. – 111 с.

6. Коновалов, Ю. Б. Общая селекция растений : учебник / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хупацария, В. С. Рубец – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 480 с.

7. Орлова, Н. С. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений: краткий курс лекций для аспирантов 3 курса направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство / Н. С. Орлова, Л. Г. Курасова. – Саратов, ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014. – 47 с.

8. Пыльнев, В. В. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур : учебное пособие / В. В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария [и др.]; под редакцией В.В. Пыльнева. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 448 с.

9. Пыльнев, В. В. Частная селекция полевых культур : учебник / В.В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария, О. А. Буко. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 544 с.

10. Шаманин, В.П. Общая селекция и сортоведение полевых культур : учеб. пособие / В. П. Шаманин, А. Ю. Трущенко. – Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – 400 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
1. Содержание ознакомительной практики 4
1.1 Правила техники безопасности и поведения на учебной практике .. 4
1.2 Особенности закладки селекционных питомников 6
1.3 Принципы и приёмы проведения скрещивания 11
1.4 Освоение методики оценки одного из селекционных признаков 14
2. Формы отчетности по результатам ознакомительной практики 17
2.1 Основные требования к оформлению отчёта 17
2.2 Аттестация практики 18
2.3 Вопросы для собеседования 19
Приложения 21
Рекомендуемая литература 24

Учебное издание

Степанова Юлия Владимировна
Салтыкова Ольга Леонидовна
Нечаева Елена Хамидулловна
Володина Ирина Александровна

ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА ПО СЕЛЕКЦИИ

Методические указания

Подписано в печать 14.09.2023. Формат 60x84/16
Усл. печ. л. 1,39. Печ. л. 1,5. Тираж 50. Заказ № 217.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная. 2
E-mail: ssaariz@mail.ru.
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608



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

О. Н. Беришвили, С. В. Плотникова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Методические указания

Кинель
2025

УДК 519.2(07)
ББК 22.172
Б48

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Беришвили, О. Н.
Б48 Математическая статистика. Дисперсионный анализ: методические указания / О. Н. Беришвили, С. В. Плотникова. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2025. – 32 с.

Методические указания для практических занятий «Математическая статистика. Дисперсионный анализ» содержат основные положения теории, формулы и определения базовых понятий по соответствующему разделу математики, решения типовых задач, поясняющие теоретический материал и контрольные вопросы.

Учебное издание предназначено для обучающихся всех форм обучения по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия и 35.03.05 Садоводство.

© Беришвили О. Н., Плотникова С. В., 2025
© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2025

Оглавление

Предисловие…… 4

1. Основные положения дисперсионного анализа…… 5

2. Однофакторный дисперсионный анализ…….. 6

3. Двухфакторный дисперсионный анализ……... 21

Приложения…… 26

Рекомендуемая литература…… 31

Предисловие

Данные методические указания предназначены для практических занятий, подготовлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и программой курса «Математика» для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия и 35.03.05 Садоводство.

Цель – формирование у обучающихся комплекса компетенций, соответствующих направлению их подготовки, и необходимых для эффективного решения будущих профессиональныхзадач.

Методические указания для практических занятий «Математическая статистика. Дисперсионный анализ» содержат основные положения теории, формулы и определения базовых понятий соответствующего раздела математики. Приводятся подробные решения типовых задач различной степени трудности, поясняющие теоретический материал и способствующие более глубокому его пониманию; контрольные вопросы, позволяющие оценить степень подготовленности по теме; список рекомендуемой литературы.

Материалы издания найдут применение в общепрофессиональных и специальных дисциплинах, изучаемых студентами бакалавриата и магистратуры, при подготовке курсовых и дипломных проектов.

1. Основные положения дисперсионного анализа

Дисперсионный анализ, предложенный Р. Фишером, применяется для выявления и оценки влияния отдельных факторов на изменчивость какого-то признака (*результативного*), значения которого могут быть получены опытным путем в виде некоторой случайной величины X. Под *факторами* понимают различные независимые показатели, которые исследователь может варьировать в ходе эксперимента на разных уровнях.

Сущность дисперсионного анализа заключается в разложении общей дисперсии изучаемого признака на отдельные компоненты, обусловленные влиянием конкретных факторов, и проверке гипотез о значимости влияния этих факторов на исследуемый признак. Сравнивая компоненты дисперсии посредством F-критерия Фишера, можно определить, какая доля общей вариативности результативного признака обусловлена действием регулируемых факторов.

Исходным материалом для дисперсионного анализа служат данные нескольких выборок (вариантов), составляющих единый статистический комплекс, оформленный в виде специальной рабочей таблицы. Выборки могут быть как равными, так и неравными по численности, как связными, так и несвязными. По количеству выявляемых регулируемых факторов дисперсионный анализ может быть однофакторным (при этом изучается влияние одного фактора на результаты эксперимента), двухфакторным (при изучении влияния двух факторов) и многофакторным (позволяет оценить не только влияние каждого из факторов в отдельности, но и их взаимодействия). Дисперсионный анализ относится к группе параметрических методов и поэтому его следует применять только тогда, когда доказано, что распределение является нормальным.

Постановка задачи дисперсионного анализа. Предположим, имеется несколько генеральных совокупностей $X_1, X_2, \ldots, X_m$, каждая из которых отображает наблюдения по отдельному варианту эксперимента. Эти генеральные совокупности распределены нормально и имеют одинаковую, хотя и неизвестную, дисперсию; средние по m генеральным совокупностям (по m вариантам эксперимента) также неизвестны, но могут быть различными.

Выдвигаются две гипотезы:

- *нулевая* $-H_0$: $\overline{X_1} = \overline{X_2} = \cdots = \overline{X_m}$ – средние по m генеральным

совокупностям (по m вариантам эксперимента) равны между собой;

- *альтернативная* $H_1: \overline{X_1} \neq \overline{X_2} \neq \cdots \neq \overline{X_m}$ – имеются хотя бы две их имеющихся генеральных средних не равные между собой.

Требуется при заданном уровне значимости по выборочным средним проверить нулевую гипотезу о равенстве всех средних значений. Другими словами, требуетсяустановить, значимо или незначимо различаются выборочные средние.

Основная идея дисперсионного анализа состоит в сравнении «факторной дисперсии», порождаемой воздействием фактора, и «остаточной дисперсии», обусловленной случайными причинами.

Если различие между этими дисперсиями значимо, то фактор оказывает существенное влияние на X; в этом случае средние наблюдаемых значений на каждом уровне (групповые средние) будут различаться также значимо. Если уже установлено, что фактор существенно влияет на X, а требуется выяснить, какой из уровней оказывает наибольшее воздействие, то дополнительно производят попарное сравнение средних.

Иногда дисперсионный анализ применяется, чтобы установить однородность нескольких совокупностей (дисперсии этих совокупностей одинаковы по предположению; если дисперсионный анализ покажет, что и средние значения одинаковы, то в этом смысле совокупности однородны). Однородные совокупности можно объединить в одну и тем самым получить о ней более полную информацию, а, следовательно, и более надежные выводы.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность метода дисперсионного анализа?
2. Что понимается под фактором? Приведите примеры.
3. Что понимается под результативным признаком?
4. Сформулируйте общую постановку задачи дисперсионного анализа?
5. Назовите условия применения дисперсионного анализа.

2. Однофакторный дисперсионный анализ

В однофакторном дисперсионном анализе изучается действие только одного фактора на исследуемый признак. Рассмотрим общую схему однофакторного дисперсионного анализа.

Если обрабатывают однофакторные статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок, (например, l – вариантов в вегетационном опыте), то общая изменчивость результативного признака Y, измеряемая суммой квадратов C_Y, раскладывается на два компонента: варьирование между выборками (вариантами) C_V и варьирование внутри выборок C_Z, т. е.

$$C_Y = C_V + C_Z,$$

где C_V – межгрупповая (факторная) дисперсия,обусловленная действием изучаемого фактора (факторов), C_Z – внутригрупповая (остаточная) дисперсия, вызванная действием случайных причин.

Общее число степеней свободы $(N-1)$ также расчленяется на две части – степени свободы для вариантов $(l-1)$ и для случайного варьирования $(N-l)$:

$$N-1=(l-1)+(N-l),$$

где N– общее число наблюдений, l– число вариантов.

Если обрабатывают однофакторные сопряженные статистические комплексы, когда выборки (варианты) связаны каким-то общим контролируемым условием (например, наличием n организованных повторений в полевом опыте), то общая сумма квадратов C_Y представляется в виде суммы трех слагаемых: варьирование повторений C_P, вариантов C_V и случайное C_Z:

$$C_Y = C_P + C_V + C_Z.$$

Общее число степеней свободы представлено выражением:

$$N-1=(n-1)+(l-1)+(N-l),$$

где N – общее число наблюдений, l – число вариантов, n – число повторений.

Суммы квадратов отклонений по данным полевого опыта – статистического комплекса с l-вариантами и n-повторениями – находят в следующей последовательности.

В исходной таблице определяют суммы по повторениям P, вариантам V и общую сумму всех наблюдений $\sum X$. Затем вычисляют:

1) общее число наблюдений $N = l \cdot n$;

2) корректирующий фактор (поправку) $C = (\sum X)^2 : N$;

3) общую сумму квадратов $C_Y = \sum X^2 - C$;

4) сумму квадратов для повторений $C_P = \sum P^2 : l - C$;

5) сумму квадратов для вариантов $C_V = \sum V^2 : n - C$;

6) сумму квадратов для ошибки (остаток) $C_Z = C_Y - C_P - C_V$.

Две последние суммы квадратов C_V и C_Z делят на соответствующие им степени свободы, т. е. приводят к сравниваемому виду – одной степени свободы вариации. В результате получают два средних квадрата (дисперсии):

$$\text{вариантов } S_V^2 = \frac{C_V}{l-1} \text{ и ошибки } S^2 = \frac{C_Z}{(n-1)(l-1)}.$$

Эти средние квадраты и используют в дисперсионном анализедля оценки значимости действия изучаемых факторов. Оценка проводится путем сравнения указанных дисперсий по F критерию Фишера:

$$F = \frac{S_V^2}{S^2}, \quad S_V^2 > S^2.$$

Заметим, что в числителе берется большая из дисперсий, поэтому, F> 1.

Данный критерий представляет собой отношение двух дисперсий: факторной, порождаемой воздействием изучаемого фактора (S_V^2), и остаточной (S^2), обусловленной действием случайных причин.

По статистическим данным вычисляется наблюдаемое (фактическое) значение статистики $F_{факт}$. Полученное фактическое значение критерия $F_{факт}$ сравнивается с его табличным (критическим) значением $F_{табл}$ (Приложение 1), которое берется исходя из принятого уровня значимости α и числа степеней свободы для факторной и остаточной дисперсий.

Если $F_{факт} < F_{табл}$, то нулевая гипотеза принимается и есть основание считать, что между всеми выборочными средними нет существенных различий (они находятся в пределах возможных случайных колебаний), действие фактора на результативный признак несущественно.

Если $F_{факт} > F_{табл}$, то в соответствии с принятым уровнем значимости нулевая гипотеза отвергается и есть основание утверждать, что между выборочными средними есть существенные различия и фактор оказывает существенное влияние на результативный признак.

При этом, F -критерий устанавливает только факт наличия существенных различий между средними, но не указывает, между какими средними имеются эти различия. В этом случае дополнительно оценивают существенность частных различий по наименьшей существенной разности (НСР) и определяют, между какими средними имеются значимые разности.

Если в опыте l вариантов, то можно определить $\frac{l(l-1)}{2}$ разностей между средними, среди которых могут быть существенные и несущественные разности. Критерий $HCP = t \cdot S_d$ указывает предельную ошибку для разности двух выборочных средних. Если фактическая разность $d \geq HCP$, то она существенна, значима, а если $d < HCP$ – несущественна, незначима.

Чтобы определить НСР, необходимо по данным дисперсионного анализа вычислить:

обобщенную ошибку опыта:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}};$$

ошибку разности средних:

$$S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}}.$$

В опытной работе чаще всего проводят попарные сравнения средних по вариантам и вычисляют ошибку разности по формуле. Но иногда, например, когда в опыте нет контрольного варианта, возникает необходимость сравнить средние урожаи опытных вариантов со средним урожаем в опыте. В этом случае ошибку разности средних вычисляют по формуле:

$$S_d = \sqrt{S^2 \frac{(l-1)}{l \cdot n}} = S_{\bar{x}} \sqrt{\frac{l-1}{l}}.$$

Иногда приходится сравнивать группы неодинакового размера – неравномерные комплексы, в которых средние неравноточны. В этих случаях ошибку разности вычисляют по формуле:

$$S_d = \sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}.$$

где S^2– остаточный средний квадрат, который берется из таблицы дисперсионного анализа, n_1, n_2 – число повторностей в сравниваемых группах.

Значения критерия t для принятого уровня значимости и числа степеней свободы остаточной дисперсии находят по таблице (Приложение 1).

Для уяснения логики дисперсионного анализа рассмотрим простые модели однофакторного вегетационного опыта для несвязанных и связанных выборок.

Пример 1. Рассмотрим модель однофакторного вегетационного опыта, в котором сравниваются два варианта (l = 2). Каждый из вариантов изучается в четырех сосудах (n = 4). Общее число наблюдений в опыте $N = l \cdot n = 2 \times 4 = 8$. Рендомизация неконтролируемых условий и независимость вариантов (выборок) в вегетационных опытах обеспечивается периодическим перемещением сосудов на вагонетках. Допустим, что в опыте получены такие урожаи (таблица 1).

Таблица 1

Таблица урожаев, полученных в результате опыта (г/сосуд)

Варианты	Урожай, X				Суммы по вариантам, V	Средние по вариантам, $\bar{x}_V$
1	7	7	9	5	28	7
2	3	1	5	3	12	3
Общая сумма $\sum X = 40$						5

В этом эксперименте возможна лишь одна группировка исходных данных – по вариантам. Находим суммы и средние по вариантам, общую сумму и общую среднюю по опыту.

Варьирование урожаев, т. е. отклонение их от общей средней

$\left(X-\bar{x}\right)$, обусловлено здесь двумя компонентами – эффектами вариантов и случайным варьированием. Других источников вариации урожаев в однофакторном вегетационном опыте нет. Следовательно, общее варьирование C_Y, которое измеряется суммойквадратов отклонений урожаев от общей средней $\sum\left(X-\bar{x}\right)^2$, состоит из варьирования вариантов C_Y и случайного C_Z. Модель дисперсионного анализа данных этого опыта: $C_Y = C_V + C_Z$.

Определяем общую сумму квадратов отклонений:

$$C_V = \sum\left(X-\bar{x}\right)^2 = (7-5)^2 + (7-5)^2 + \ldots + (3-5)^2 = 48.$$

Для определения суммы квадратов отклонений по вариантамвместо каждой даты X в таблицу урожаев подставляем средние соответствующих вариантов ((для первого варианта 7 и второго 3) (таблица 2)).

Таблица 2

Таблица средних соответствующих вариантов

Варианты	Урожай, X				Суммы по вариантам, V	Средние по вариантам, $\bar{x}_V$
1	7	7	7	7	28	7
2	3	3	3	3	12	3
Общая сумма $\sum X = 40$						5

Подставляя вместо фактических данных X средние по вариантам $\bar{x}_V$, мы тем самым устраняем случайную вариацию внутривариантов ('выборок).

Сумму квадратов отклонений для вариантов находим по соотношению:

$$C_V = \sum\left(\overline{x_V}-\bar{x}\right)^2 = (7-5)^2 + (7-5)^2 + \ldots + (3-5)^2 = 32.$$

Разность между общим варьированием и варьированием вариантов дает сумму квадратов отклонений для ошибки:

$$C_Z = C_Y - C_V = 48 - 32 = 16.$$

Общее число степеней свободы также расчленяется на две части: степени свободы для вариантов и ошибок – $N - l = 8 - 2 = 6$.

Для вычисления фактического критерия существенности находим два средних квадрата (дисперсии):

для вариантов: $S_V^2 = \frac{C_V}{l-1} = \frac{32}{2-1} = 32,00;$

для ошибки: $S^2 = \frac{C_Z}{N-l} = \frac{16}{8-2} = 2,66.$

Определяем критерий существенности:

$$F_{факт} = \frac{S_V^2}{S^2} = \frac{32,00}{2,66} = 12,03.$$

Сравниваем его с $F_{табл} = 5,99$, который находим по таблице Приложения 3 для 1 степени свободы вариантов (числитель) и 6 степеней ошибки (знаменатель), уровень значимости 5%. Так как $F_{факт} > F_{табл}$, то статистическая нулевая гипотеза H_0 : между средними по вариантам нет существенных различий, отвергается. Следовательно, выборочные средние $\overline{x_1}$ и $\overline{x_2}$ существенно различаются по урожаям на 5%-ном уровне значимости.

Определяем наименьшую существенную разность:

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot s_d = t_{05} \cdot \sqrt{2S^2 : n} = 2,45 \cdot \sqrt{2 \cdot 2,66 : 4} = 2,8 \text{ г/сосуд.}$$

Теоретическое значение критерия $t_{05} = 2,45$ находим по таблице Приложения 1 для 6 степеней свободы ошибки и 5%-ного-уровня значимости.

Разность между средними $d = \overline{x_1} - \overline{x_2} = 7 - 3 = 4$ г/сосуд больше предельной ошибки разности средних ($d > HCP_{05}$), и следовательно, средние существенно различаются.

Пример 2. Рассмотрим теперь схему дисперсионного анализа простой модели однофакторного полевого опыта, заложенного методом рендомизированных повторений (случайные расположения). Для этой цели воспользуемся цифровыми данными приведенного выше примера.

Для полевого опыта, проведенного методом рендомизированных повторений, возможна уже двойная группировка исходных данных в таблице для дисперсионного анализа: по повторениям и

вариантам (таблица 3). Схема группировки и вычисления соответствующих сумм и средних дана ниже.

Таблица 3

Таблица результатов полевого опыта, проведенного методом рендомизированных повторений

Варианты	Повторения, X				Суммы по вариантам, V	Средние по вариантам, $\overline{x}_V$
	I	II	III	IV		
1	7	7	9	5	28	7
2	3	1	5	3	12	3
Суммы по повторениям	10	8	14	8	$\sum X = 40$	$\overline{x} = 5$
Средние по повторениям $\overline{x}_P$	5	4	7	4		

В полевом опыте варианты связаны общим контролируемым условием, наличием организованных повторений. Это обязательно учитывается при построении модели дисперсионного анализа.

Компонентов варьирования урожаев будет уже три – повторения C_P, варианты C_V и ошибки C_Z. Схема дисперсионного анализа будет представлена выражением:

$$C_Y = C_p + C_V + C_Z .$$

Каждое повторение включает оба варианта, и, если бы повторения были равноплодородными и не варьировали, все суммы урожаев по ним были бы равны между собой. Для определения варьирования повторений вместо исходных данных в таблицу 4 урожаев подставляем средние по повторениям, находим отклонения их от общей средней и сумму квадратов отклонений:

$$C_P = \sum \left(\overline{x_p} - \overline{\overline{x}}\right)^2 = (5-5)^2 + (5-5)^2 + \ldots + (4-5)^2 = 12 .$$

Подставляя вместо фактических данных средние по повторениям, мы устраняем вариацию урожаев, связанную с действием вариантов и ошибки.

Таблица 4

Таблица средних по повторениям

Варианты	Повторения, X				Суммы по вариантам, V	Средние по вариантам, $\bar{x}_V$
	I	II	III	IV		
1	5	4	7	4	20	7
2	5	4	7	4	20	3
Суммы по повторениям	10	8	14	8	$\sum X = 40$	$\bar{x} = 5$
Средние по повторениям $\bar{x}_P$	5	4	7	4		

Сумма квадратов отклонений для вариантов нами определена ранее $(C_V = 32)$, случайное варьирование (ошибки) находим по разности:

$$C_Z = C_Y - C_P - C_V = 48 - 12 - 32 = 4 .$$

Общее число степеней свободы в однофакторном полевом опыте, поставленном в четырехрендомизированных повторениях, также расчленяется на три части: степени свободы для повторений, для нашего примера $(n-1) = 4-1 = 3$; для вариантов $(l-1) = 2-1 = 1$ и ошибки $(n-1)(l-1) = (4-1)(2-1) = 3$.

Определяем дисперсии вариантов, ошибки и критерий F:

$$S_V^2 = \frac{C_V}{l-1} = \frac{32}{2-1} = 32{,}00;$$

$$S^2 = \frac{C_Z}{(n-1)(l-1)} = \frac{4}{(4-1)(2-1)} = 1{,}33;$$

$$F_{факт} = \frac{S_V^2}{S^2} = \frac{32{,}00}{1{,}33} = 24{,}6 .$$

По таблице Приложения 3 для 1 степени свободы вариантов (числитель) и 3 степеней свободы ошибки (знаменатель) находим $F_{табл} = 10{,}1$. Варианты в опыте различаются существенно $F_{факт} > F_{табл}$, и нулевая гипотеза отвергается.

Наименьшая существенная разность для 5%-ного уровня значимости:

$$НСР_{05} = t_{05} \cdot s_d = t_{05} \cdot \sqrt{2S^2 : n} = 3{,}18 \cdot \sqrt{2 \cdot 1{,}33 : 4} = 2{,}6 \text{ г/сосуд.}$$

Теоретическое значение $t_{05} = 3{,}18$ находим по таблице Приложения 1 для 3 степеней свободы ошибки и 5%-ного уровня значимости. Разность между $d = \overline{x_1} - \overline{x_2} = 7 - 3 = 4$ г/сосуд существенна на 5%-ном уровне значимости ($d > HCP_{05}$).

При наличии общих принципов возможны разные модели и конкретные схемы дисперсионного анализа, отражающие условия и методику проведения эксперимента. Так, вегетативные опыты чаще всего представляют собой статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок-вариантов. В вегетативных опытах обычно нет территориально организованных повторений. В таких случаях дисперсионный анализ данных необходимо вести как для несопряженных выборок. Когда в вегетативном опыте варианты объединяются территориально в повторения, то статистический анализ проводят так же, как и полевых опытов, поставленных методом организованных повторений.

Рассмотрим пример однофакторного дисперсионного анализа вегетационного опыта, проведенного методом неорганизованных повторений.

В этом случае общее варьирование результативного признака разлагается на два компонента: $C_Y = C_V + C_Z$. Статистический анализ данных проводят в три этапа.

1. Составляют расчетную таблицу, располагая в ней исходные данные по рядам и столбцам, определяют суммы и средние по вариантам общую сумму и среднее значение результативного признака по опыту (таблица 5).

Таблица 5

Расположение данных в таблице

Варианты	Исходные данные, X	Число наблюдений, n	Сумма по вариантам, V	Средние по вариантам
1	$X_{11}, X_{12}, \ldots, X_{1n}$	n_1	V_1	$\overline{x_1}$
2	$X_{21}, X_{22}, \ldots, X_{2n}$	n_2	V_2	$\overline{x_2}$
.	…	.	.	.
.	…	.	.	.
l	$X_{l1}, X_{l2}, \ldots, X_{ln}$	n_l	V_l	$\overline{x_l}$
Общая сумма		$N = \sum n$	$\sum X = \sum V$	$\overline{x} = \sum \frac{X}{N}$

2. Вычисляют суммы квадратов отклонений по формулам таблицы 6 и определяют фактическое значение критерия $F_{факт}$.

3. Определяют ошибку опыта и существенность частных различий.

Техника расчетов при обработке опытов с одинаковой повторностью по вариантам показана в примере 1 и с разной повторностью в примере 2.

Таблица 6

Формулы для вычисления сумм квадратов отклонений, дисперсий и критерия $F_{факт}$

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{факт}$	$F_{табл}$
Общая, C_Y	$\sum X^2 - C$	$N-1$	–	–	–
Вариантов, C_V	$\sum V^2 : n - C$	$l-1$	S_V^2	$\frac{S_V^2}{S^2}$	По таблице 2 приложений
Остаток, C_Z	$C_Y - C_V$	$N-l$	S^2	–	

$C = \left(\sum X\right)^2 : N$ – корректирующий фактор

Пример 3. Обработать данные вегетационного опыта с водными культурами по изучению действия соотношения N: P_2O_5: K_2O при питании рассады томатов на урожай плодов. Нулевая гипотеза $H_0 : d = 0$, т. е. все разности между средними по вариантам статистически несущественны.

Решение. В таблице 7 урожаев подсчитывают суммы и средние по вариантам, определяют общую сумму и средний урожай в опыте.

Таблица 7

Ранний урожай плодов (кг на сосуд)

Варианты N:P_2O_5:K_2O	Урожай, X				Числонаблюдений, n	Суммы V	Средние
1:1:1 (контроль)	454	470	430	500	4	1854	463,5
1:2:1	502	550	490	507	4	2049	512,2
1:2:2	601	670	550	607	4	2428	607,0
2:1:1	407	412	475	402	4	1626	424,0
2:2:1	418	470	460	412	4	1760	440,0

Вычисления ведут в такой последовательности.

Общее число наблюдений $N = l \cdot n = 5 \cdot 4 = \sum n = 20$.

Корректирующий фактор:

$$C = (\sum X)^2 : N = (9787)^2 : 20 = 4789268 \ .$$

Общая сумма квадратов отклонений:

$$C_y = \sum X^2 - C = (454^2 + 470^2 + ... + 412^2) - 4789268 \ = 104941 \ .$$

Сумма квадратов для вариантов:

$$C_V = \sum V^2 : n - C = (1854^2 + 2049^2 + ... + 1760^2) : 4 - 4789268 \ = 86961 \ .$$

Остаточную сумму квадратов, соответствующую случайному варьированию, вычисляют по разности:

$$C_z = C_y - C_V = 104941 - 86961 = 17980.$$

После вычисления сумм квадратов составляют таблицу 8.

Таблица 8

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{факт}$	$F_{табл}$
Общая, C_y	104941	$N-1=19$			
Вариантов, C_V	86961	$l-1=4$	$S_v^2 = \frac{C_v}{l-1} =$ 21740	$\frac{S_v^2}{S^2}$ =18,13	3,06
Остаток, C_z	17980	$N-l=15$	$S^2 = \frac{C_z}{N-l}$ =1199		

Теоретическое значение $F_{табл}$ находят по таблице 2 приложений для заданного уровня значимости $\alpha = 0{,}05$, исходя из 4 степеней свободы для дисперсии вариантов (числитель) и 15 степеней для остатка (знаменатель). При $F_{факт} > F_{табл}$ в опыте есть существенные различия по вариантам на 5 %-ном уровне значимости, и нулевая гипотеза $H : d = 0$ отвергается (варианты в опыте различаются существенно).

Для оценки частных различий вычисляют:

– ошибку опыта $S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{1199}{4}} = 17{,}3$ г;

– ошибку разности средних $S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1199}{4}} = 24{,}5$ г;

– наименьшую существенную разность для 5 %-ного уровня

значимости в абсолютных и относительных показателях:

$$НСР_{05} = t_{05} \cdot S_d = 2{,}13 \cdot 24{,}5 = 52{,}2\ \text{г},$$

$$НСР_{05} = \frac{t_{05} \cdot S_d}{\bar{x}} 100 = \frac{52{,}2}{489{,}4} 100 = 10{,}7\%.$$

Значение критерия t_{05} берут из таблицы Приложения 1 для 15 степеней свободы дисперсии остатка.

Итоги результатов опыта и статистической обработки данных записывают в таблицу 9.

Таблица 9

Результаты статистической обработки данных

соотношение$N:P_2O_5:K_2O$	Урожай	Разность со стандартом		Группа
		г	%	
1:1:1(контроль)	463,5	-	-	St
1:2:1	512,2	48,7	10,5	II
1:2:2	607,0	143,5	30,9	I
2:1:1	424,0	-39,5	-8,5	II
2:2:1	440,0	-23,5	-5,1	II
$НСР_{05}$	-	52,2	10,7	-

Вывод. Усиленное питание рассады фосфором и калием обеспечивает получение более ранних и более высоких урожаев (соотношение 1:2:2); при получении азотного питания имеет место тенденция к снижению урожая – статистически снижение урожаев на 5%-ном уровне значимости несущественно.

Задачи для аудиторного решения

1. Изучалось влияние фосфорных удобрений на урожайность ярового ячменя. Опытный участок был разделен на рандомизированные блоки (таблица 10).

Таблица 10

Урожайность ярового ячменя, ц с 1 га

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Контроль	21,0	20,4	21,2	20,3
P_{30}	22,5	22,3	23,0	22,1
P_{20}	27,1	27,5	27,3	27,8

Необходимо статистически оценить существенность различий средней урожайности по вариантам опыта. Уровень значимости суждения 0,05.

2. Для выяснения влияния сорта ячменя на его урожай, на 4 участках, каждый из которых был разделен на три части, были высеяны три сорта ячменя. Полученные при этом урожаи с отдельных делянок, в пересчете в центнерах на гектар, даны в таблице 11.

Таблица 11

Урожай с отдельных делянок

Сорт	Урожай с отдельных делянок			
А	24,6	29,2	26,8	29,4
В	22,4	27,3	27,4	23,3
С	21,3	25,2	24,5	22,2

Определить насколько существенно влияние сорта на урожай.

Задачи для самостоятельного решения

1. Имеются данные о результатах конкурсного сортоиспытания яровой пшеницы (таблица 12).

Таблица 12

Урожайность яровой пшеницы (ц с 1 га)

Сорт	Повторность					
	1	2	3	4	5	6
Г 55	37,5	34,0	30,2	36,5	36,5	33,0
Г 15	27,0	29,0	30,5	34,0	31,0	35,0
Г 84	24,0	27,0	25,4	28,5	24,6	30,0

Определить достоверность разницы в средних урожаях по сортам и провести попарное сравнение сортов.

2. Приведены данные о сменной производительности тракторов на вспашке в зависимости от механического состава и степени каменистости почв (таблица 13). Требуется статистически оценить достоверность различия между групповыми средними, используя дисперсионный метод анализа.

Таблица 13

Сменная производительность тракторов на вспашке в зависимости от механического состава и степени каменистости почв

Преобладающий механический состав почв	Механический состав					
	1	2	3	4	5	6
Супесчаные	6,6	7,2	6,6	6,1	6,2	7,0
Суглинистые	6,1	6,5	5,9	5,3	5,2	5,8
Глинистые	5,3	5,2	4,1	4,3	4,6	5,9

3. Сравнивали два сорта яровой пшеницы, выращенные на одинаковом агрофоне. Опыт в 4-кратной повторности (таблица 14).

Таблица 14

Зависимость урожайности от сорта яровой пшеницы

Сорт	Урожай, ц/га:			
А	14	13	15	14
Б	9	11	10	10

Выполнить дисперсионный анализ.

4. В одном из виноградарских хозяйств решили выяснить влияние ветрозащитной полосы на урожай винограда. Для этого учли величину винограда на кустах, расположенных параллельно полосе на расстоянии 10 и 30 метров (таблица 15).

Таблица 15

Влияние ветрозащитной полосы на урожай винограда

Расстояние, м	Урожай с куста, кг								
10	5,2	4,6	4,2	4,6	3,8	4,3	4,5	5,7	4,9
30	4,7	3,9	3,1	3,6	3,2	3,4	3,5	4,3	2,7

Методом дисперсионного анализа проанализируйте этот опыт.

5. Определить зависимость между нагрузкой виноградного куста в глазках и урожаем по опытным данным, приведенным в таблице 16.

Таблица 16

Зависимость между нагрузкой виноградного куста в глазках и урожаем

Нагрузка куста, глазков	Урожай, кг с куста							
40	3,6	3,9	3,1	3,2	2,8	2,4	4,2	3,8
50	5,4	4,6	4,3	4,8	3,4	4,0	4,1	4,4
60	3,7	4,4	4,5	4,2	5,2	4,7	4,9	5,4

Проанализируйте результаты опыта методом дисперсионного анализа.

6. С целью выявления влияния времени высева на урожай ржи 3 участка были разделены на 4 делянки каждый. Полученные с отдельных делянок урожаи, в пересчете в ц на га, приведены в таблице 17.

Таблица 17

Влияние времени высева на урожай

Время высева	1	2	3	4
Урожай в пересчете с ц на га	12,1	13,2	12,1	11,3
	11,1	11,4	12,5	10,8
	11,0	11,7	12,0	11,8

Определить насколько существенно время высева.

Контрольные вопросы

1. Какой дисперсионный анализ называется однофакторным?
2. Привести схему однофакторного дисперсионного анализа.
3. Что характеризует межгрупповая дисперсия?
4. Что характеризует внутригрупповая дисперсия?
5. При помощи какого статистического критерия оценивается значимость влияния фактора на изучаемое явление?
6. Сформулируйте правило принятия решения в однофакторном дисперсионном анализе.
7. На какие части раскладывается общая сумма квадратов и число степеней свободы в дисперсионном комплексе вегетационного опыта?

3. Двухфакторный дисперсионный анализ

В двухфакторном дисперсионном анализе изучается влияние двух независимых факторов на изменчивость исследуемого признака.

Дисперсионный анализ данных двухфакторного опыта проводят в два этапа. Первый этап – разложение общей вариации результативного признака на варьирование вариантов и остаточное: $C_Y = C_V + C_Z$. На втором этапе сумма квадратов отклонения для вариантов разлагается на компоненты, соответствующие источникам варьирования – главные эффекты изучаемых факторов и их взаимодействия. В двухфакторном опыте $C_V = C_A + C_B + C_{AB}$.

Пример 1. В двухфакторием опыте 2×3 с почвенной культурой ячменя изучено действие двух доз азота и трех доз фосфора (таблица 18). Провести дисперсионный анализ результатов этого опыта.

Таблица 18

Урожай зерна ячменя в двухфакторном опыте 2×3 (г/сосуд)

Азот А	Фосфор В	Урожай, Х				Суммы V	Средние
a_0	$в_0$	24,1	25,8	23,0	27,0	99,9	25,0
	$в_1$	28,4	29,7	30,1	27,4	115,6	28,0
	$в_2$	28,7	30,4	32,0	27,0	118,1	29,5
a_1	$в_0$	30,7	34,4	34.0	31,0	130,1	32,5
	$в_1$	46,7	45,4	47,1	46,3	185,5	46,4
	$в_2$	59,4	50,7	64,5	60,1	234,7	58,7
Общая сумма						$\sum X = 883{,}9$	$\bar{x} = 36{,}8$

Решение. Дисперсионный анализ двухфакторного опыта по изучению двух градаций фактора A (число вариантов $l_A = 2$) и трех градаций фактора B (число вариантов $l_B = 2$), проведенного в четырех повторностях ($n = 4$), осуществляется в следующие четыре этапа:

1. Определяют суммы и средние по вариантам, общую сумму и средний урожай по опыту (таблица 19).

2. Вычисляют общую сумму квадратов отклонений, сумму квадратов для вариантов и остатка:

$$N = l_A \cdot l_B \cdot n = 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24;$$

$$C = (\sum X)^2 : N = (883{,}9)^2 : 24 = 32553{,}3;$$

$$C_y = \sum X^2 - C = (24{,}1^2 + 25{,}8^2 + \ldots + 60{,}1^2) - 32553{,}3 = 3515{,}5;$$

$$C_V = \sum V^2 : n - C = (99{,}9^2 + 115{,}6^2 + \ldots + 234{,}7^2) : 4 - 32553{,}3 = 3374{,}5;$$

$$C_z = C_y - C_V = 3515{,}5 - 3374{,}5 = 141{,}0.$$

3. Для вычисления сумм квадратов по факторам A, B и взаимодействию AB составляют вспомогательную таблицу 20, в которую записывают суммы урожаев по вариантам (из таблицы 19). Суммируя цифры, находят суммы A, суммы B и вычисляют суммы квадратов отклонений.

Таблица 20

Таблица для определения сумм для главных эффектов и взаимодействия

Азот A	Фосфор B			Суммы A
	$в_0$	$в_1$	$в_2$	
$а_0$	99,9	115,6	118.1	333,6
$а_1$	130,1	185,5	234,7	550,3
Суммы B	230,0	301,1	352,8	$\sum X = 883,9$

Сумма квадратов для фактора A(азот):

$$C_A = \sum A^2 : l_B \cdot n - C = \left(333,6^2 + 550,3^2\right) : 3 \cdot 4 - 32553,3 = 1956,6$$

при $(l_A - 1) = (2 - 1) = 1$ степени свободы.

Сумма квадратов для фактора B (фосфор):

$$C_B = \sum B^2 : l_F \cdot n - C = \left(230,0^2 + 301,1^2 + 352,8^2\right) : 2 \cdot 4 - 32553,3 = 950,3$$

при $(l_B - 1) = (3 - 1) = 2$ степенях свободы.

Сумма квадратов для взаимодействия AB (азот – фосфор) находят поразности:

$$C_{AB} = C_V - C_A - C_B = 3374,5 - 1956,6 - 950,3 = 467,3$$

при $(l_A - 1)(l_B - 1) = (2 - 1)(3 - 1) = 2$ степенях свободы.

Суммы квадратов записывают в таблицу дисперсионного анализа и определяют фактические значения критерия F (таблица 21).

Значение $F_{табл}$ берут из таблицы Приложения 3, исходя из степеней свободы дисперсии главных эффектов и взаимодействия (числитель) и 18 степеней свободы остатка (знаменатель).

Таблица 21

Результаты дисперсионного анализа двухфакторного вегетационного опыта 2×3

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{факт}$	$F_{табл}$
Общая	3515,5	23	-	-	-
Азота A	1956,6	1	1956,60	249,88	4,41
Фосфора B	950,3	2	475,15	60,68	3,55
Взаимодействия AB	467,6	2	233,80	29,85	3,55
Остаток (ошибки)	141,0	18	7,83	-	-

В нашем примере – действие и взаимодействие изучаемых факторов значимо на 5%-ном уровне $F_{факт} > F_{табл}$, нулевая гипотеза $H : d = 0$ отвергается (варианты в опыте различаются существенно).

4. Для оценки существенности частных различий вычисляют:

– ошибку опыта $S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{7,83}{4}} = 1,40$ г;

– ошибку разности средних $S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,83}{4}} = 1,98$ г;

– наименьшую существенную разность для 5 %-ного уровня значимости в абсолютных и относительных показателях

$$НСР_{05} = t_{05} \cdot S_d = 2,10 \cdot 1,98 = 4,15 \approx 4,2 \text{ г}.$$

Значение критерия t_{05} берут из таблицы Приложения 1 для 18 степеней свободы дисперсии остатка (ошибки).

Результаты опыта и статистической обработки данных можно представить в виде таблицы 22 или графика (рисунок 1).

Таблица 22

Действие азота и фосфора на урожай ячменя (г/сосуд)

Дозы азота	Дозы фосфора		
	0	1	2
0	25,0	28,9	29,5
1	32,5	46,4	58,7

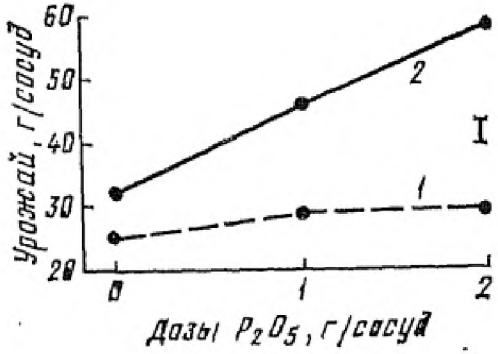


Рис. 1. Действие фосфорных удобрений на урожай ячменя в зависимости от обеспеченности азотом:
1 – без азота; 2 – по фону азота, вертикальная черта – $НСР_{05}$ = 4,2 г/сосуд.)

Задачи для аудиторного решения

1. Провести дисперсионный анализ данных опыта (таблица 22), определить $НСР_{05}$ и сгруппировать сорта по отношению к стандарту. Нулевая гипотеза $H : d = 0$.

Таблица 22

Урожай озимой пшеницы (ц с 1 га)

Варианты (сорта)	Повторения, X			
	I	II	III	IV
1 (st)	47,8	46,9	45,4	44,1
2	53,7	50,3	50,6	48,0
3	46,7	42,0	43,4	40,7
4	48,0	47,0	45,9	45,7
5	41,8	40,0	43,0	41,6

Задачи для самостоятельного решения

1. В опыте с 8 сортами сахарной свеклы (таблица 23) стандарт в каждом из четырех повторений занимал две делянки и, следовательно, имел восьмиратную повторность ($2n = 2 \times 4 = 8$). Провести дисперсионный анализ урожайных данных опыта и сгруппировать сорта по отношению к стандарту.

Таблица 23

Урожай корней сахарной свеклы (ц с 1 га)

Варианты (сорта)	Повторения, X			
	I	II	III	IV
1 (st)	360	370	375	388
2	410	426	423	412
3	421	422	432	445
4	216	290	296	361
5 (st)	356	378	396	391
6	246	290	310	327
7	369	363	360	379
8	220	232	260	289
9	318	350	348	362

Контрольные вопросы

1. В каком случае используется двухфакторный дисперсионный анализ?

2. Какая гипотеза проверяется в двухфакторном дисперсионном анализе?

3. Во сколько этапов проводится двухфакторный дисперсионный анализ?

4. На какие составляющие раскладывается общая сумма квадратов отклонений в двухфакторном дисперсионном анализе?

Приложения

Приложение 1

Значения t-критерия Стьюдента на 5, 1 и 0,1% уровне значимости

Число степеней свободы	Уровни значимости α, % (двустороннее ограничение)		
	5	1	0,1
1	12,71	63,66	64,60
2	4,30	9,92	31,60
3	3,18	5,84	12,92
4	2,78	4,60	8,61
5	2,57	4,03	6,87
6	2,45	3,71	5,96
7	2,37	3,50	5,41
8	2,31	3,36	5,04
9	2,26	3,25	4,78
10	2,23	3,17	4,59
11	2,20	3,11	4,44
12	2,18	3,05	4,32
13	2,16	3,01	4,22
14	2,14	2,98	4,14
15	2,13	2,95	4,07
16	2,12	2,92	4,02
17	2,11	2,90	3,97
18	2,10	2,88	3,92
19	2,09	2,86	3,88
20	2,09	2,85	3,85
21	2,08	2,83	3,82
22	2,07	2,82	3,79
23	2,07	2,81	3,77
24	2,06	2,80	3,75
25	2,06	2,79	3,73
26	2,06	2,78	3,71
27	2,05	2,77	3,69
28	2,05	2,76	3,67
29	2,05	2,76	3,66
30	2,04	2,75	3,65
40	2,02	2,70	3,55
50	2,01	2,68	3,50
60	2,00	2,66	3,46
100	1,97	2,63	3,39
120	1,98	2,62	3,37
∞	1,96	2,58	3,29

Приложение 2

Значения F-критерия Фишера на 1% уровне значимости

f_2	f_1 – степени свободы для большей дисперсии											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4052	4999	5403	5625	5764	5889	5928	5981	6022	6056	6082	6106
2	98,5	99,0	99,2	99,3	99,3	99,3	99,3	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4
3	34,1	30,8	29,5	28,7	28,2	27,9	27,7	27,5	27,3	27,2	27,1	27,1
4	21,2	18,0	16,7	16,0	15,5	15,2	15,0	14,8	14,7	14,5	14,5	14,4
5	16,3	13,3	12,1	11,4	11,0	10,7	10,5	10,3	10,2	10,1	10,0	9,9
6	13,7	10,9	9,8	9,2	8,8	8,5	8,3	8,1	8,0	7,9	7,8	7.7
7	12,3	9,6	8,5	7,9	7,5	7,2	7,0	6,8	6,7	6,6	6,5	6,5
8	11,3	8,7	7,6	7,0	6,6	6,4	6,2	6,0	5,9	5,8	5,7	5,7
9	10,6	8,0	7,0	6,4	6,1	5,8	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1
10	10,0	7,6	6,6	6,0	5,6	5,4	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7
11	9,9	7,2	6,2	5,7	5,3	5,1	4,9	4,7	4,6	4,5	4,5	4,4
12	9,3	6,9	6,0	5,4	5,1	5,8	4,7	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2
13	9,1	6,7	5,7	5,2	4,9	4,6	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	4,0
14	8,9	6,5	5,6	5,0	4,7	4,5	4,3	4,1	4,0	3,9	3,9	3,8
15	8,7	6,4	5,4	4,9	4,6	4,3	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7
16	8,5	6,2	5,3	4,8	4,4	4,2	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,6
17	8,4	6,1	5,2	4,7	4,3	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,5
18	8,3	6,0	5,1	4,6	4,3	4,0	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4
19	8,2	5,9	5,0	4,5	4,2	3,9	3,8	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3
20	8,1	5,9	4,9	4,4	4,1	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4	3.3	3.2
21	8,0	5,8	4,9	4,4	4,0	3,8	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,2
22	7,9	5,7	4,8	4,3	4,0	3,8	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1
23	7,9	5,7	4,8	4,3	3,9	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1
24	7,8	5,6	4,7	4,2	3,9	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0
25	7,8	5,6	4,7	4,2	3,9	3,6	3,5	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0
26	7,7	5,5	4,6	4,1	3,8	3,6	3,4	3,3	3,2	3,2	3,0	3,0
27	7,7	5,5	4,6	4,1	3,8	3,6	3,4	3,3	3,1	3,1	3,0	2,9
28	7,8	5,5	4,6	4,1	4,8	3,5	3,4	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9
29	7,6	5,4	4,5	4,0	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9
30	7,6	5,4	4,5	4,0	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8
32	7,5	5,3	4,5	4,0	3,7	3,4	3,3	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8
40	7,3	5,2	4,3	3,8	3,5	3,3	3,1	3,0	3,0	2,8	2,7	2,7
50	7,2	5,1	4,2	3,7	3,4	3,2	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6
60	7,1	5,0	4,1	3,7	3,3	3,1	3,0	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5
70	7,0	4,9	4,1	3,6	3,3	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5
80	7,0	4,9	4,0	3,6	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4
100	6,9	4,8	4,0	3,5	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4

f_2	f_1 – степени свободы для большей дисперсии											
	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	6142	6169	6208	6234	6258	6286	6302	6323	6334	6352	6361	6366
2	99,4	99,4	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5
3	26,9	26,8	26,7	26,6	26,5	26,4	26,4	26,3	26,2	26,2	26,1	26,1
4	14,2	14,2	14,0	13,9	13,8	13,7	13,7	13,6	13,6	13,5	13,5	13,5
5	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	9,2	9,1	9,1	9,0	9,0
6	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1	7,1	7,0	7,0	6,9	6,9	6,9
7	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,7	5,7
8	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,1	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9
9	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,6	4,5	4,5	4,4	4,4	4,3	4,3
10	4,6	4,5	4,4	4,3	4,3	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0	3,9	3,9
11	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,9	3,8	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6
12	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4
13	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2
14	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0
15	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9
16	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8
17	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7
18	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
19	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5
20	3,1	3,1	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4
21	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4
22	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3
23	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
24	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2
25	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
26	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1
27	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
28	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1
29	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0
30	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0
32	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
40	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8
50	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7
60	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6
70	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5
80	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5
100	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4

Приложение 3

Значения F-критерия Фишера на 5% уровне значимости

f_2	f_1 – степени свободы для большей дисперсии											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	161	200	2163	225	230	234	237	239	241	242	2432	244
2	18,5	19,0	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,9	8,8	8,8	8,8	8,8	8.7
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0	6,0	6,0	5,9	5,9
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0
7	5,6	4,7	4,4	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6
8	5,3	4,5	4,1	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3
9	5,1	4,3	3,9	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1
10	5,0	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9
11	4,8	4,0	3,6	3,4	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8
12	4,8	3,9	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7
13	4,7	3,8	3,4	3,2	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6
14	4,6	3,7	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5
15	4,5	3,7	3,3	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5
16	4,5	3,6	3,2	3,0	2,9	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4
17	4,5	3,6	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4
18	4,4	3,6	3,2	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3
19	4,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3
20	4,4	3.5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3
21	4,3	3,5	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
22	4,3	3,4	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2
23	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2
24	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2
25	4,2	3,2	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
26	4,2	3,4	3,0	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
27	4,2	3,4	3,0	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1
28	4,2	3,3	3,0	2,7	2,6	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1
29	4,2	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
30	4,2	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
32	4,2	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,1
40	4,1	3,2	2,8	2,6	2,5	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0
50	4,0	3,2	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
60	4,0	3,2	2,8	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9
70	4,0	3,1	2,7	2,5	2,4	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9
80	4,0	3,1	2,7	2,5	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9
100	3,9	3,1	2,7	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9

f_2	f_1 – степени свободы для большей дисперсии											
	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254	254	254
2	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
3	8,7	8,7	8,7	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,5	8,5	8,5
4	5,9	5,8	5,8	5,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,6	5,6
5	4,6	4,6	4,6	4,5	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
6	4,0	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
7	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
8	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9
9	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7
10	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5
11	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4
12	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
13	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
14	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
15	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1
16	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
17	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
18	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9
19	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9
20	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8
21	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8
22	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8
23	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
24	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7
25	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7
26	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7
27	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7
28	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7
29	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6
30	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6
32	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6
40	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5
50	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4
60	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
70	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
80	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3
100	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3

Рекомендуемая литература

1. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учебное пособие / В. Е. Гмурман. – М.: Юрайт, 2011. – 404 с.

2. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб.пособие / В. Е. Гмурман. – М.: Высшее образование, 2009.– 479 с.

3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб.пособие / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

4. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика : практикум / Н. Ш. Кремер. – М.: Юнити - Дана, 2010. – 479 с.

Учебное издание

Беришвили Оксана Николаевна
Плотникова Светлана Владимировна

Математическая статистика
Дисперсионный анализ

Методические указания

Авторская редакция

Подписано в печать 21.03.2024. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 1,86; печ. л. 2. Тираж 50. Заказ № 69.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru

БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П. А. КОСТЫЧЕВА

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Н. Н. Казачёнок, Д. В. Виноградов,
Н. М. Троц, А. В. Щур

ХИМИЯ

Учебное пособие

*Учебное пособие содержит сведения,
необходимые для формирования профессиональных компетенций
при подготовке бакалавров по направлениям 35.03.03 Агрохимия
и агропочвоведение и 35.03.04 Агрономия и рекомендуется
Федеральным УМО для использования в учебном процессе*

КИНЕЛЬ
ИБЦ САМАРСКОГО ГАУ
2025

УДК 574 (075.8)
ББК 20.1я73
К14

Рецензенты:

С. Н. Яшкин, доктор химических наук, профессор кафедры аналитический и физической химии, ФГБОУ ВО СамГТУ;

Р. Н. Ушаков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии и защиты растений, ФГБОУ ВО РГАТУ

Казачёнок, Н. Н.

К14 Химия : учебное пособие / Н. Н. Казачёнок, Д. В. Виноградов, Н. М. Троц, А. В. Щур. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2025. – 184 с.
ISBN 978-5-88575-783-6

В учебном пособии представлены основные закономерности химических процессов и рассмотрено их практическое применение в агропромышленном производстве.

Издание предназначено для студентов, магистрантов, аспирантов и научных сотрудников химических, сельскохозяйственных и экологических направлений обучения. Будет полезно руководителям предприятий, работникам информационно-консультационных служб, слушателям курсов повышения квалификации.

УДК 574 (075.8)
ББК 20.1я73

© Казачёнок Н. Н., Виноградов Д. В.,
Троц Н. М., Щур А. В., 2025
© МОУ ВО БРУ, 2025
© ФГБОУ ВО РГАТУ, 2025
© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2025

ISBN 978-5-88575-783-6

Оглавление

Введение 5
Тема 1. Основные понятия и законы химии 7
1.1. Основные понятия химии 7
1.2. Основные законы химии 9
1.3. Периодический закон Д. И. Менделеева 11
1.4. Правила классификации и номенклатуры химических соединений 15
Тема 2. Строение атома и взаимодействие атомов 18
2.1. Элементарные частицы 18
2.2. Строение атома 19
2.3. Химическая связь 23
2.4. Комплексные соединения 29
Тема 3. Взаимодействие молекул 32
3.1. Типы взаимодействия молекул 32
3.2. Конденсированное состояние вещества 33
3.3. Кристаллическое строение вещества 34
Тема 4. Энергетика химических процессов 38
4.1. Превращения энергии при химических реакциях 38
4.2. Законы термохимии. Энтальпия. Энтропия 39
Тема 5. Химическая кинетика и равновесие 42
5.1. Скорость химической реакции 42
5.2. Химическое равновесие в гомогенных системах 45
5.3. Химическое равновесие в гетерогенных системах 48
5.4. Химические процессы в гетерогенных системах 49
Тема 6. Растворы 57
6.1. Процесс растворения 57
6.2 Определение концентрации растворов 59
6.3. Растворы электролитов 61
6.4. Диссоциация воды. Водородный показатель 64
6.5. Гидролиз солей 67
Тема 7. Электрохимические процессы 70
7.1. Окислительно-восстановительные реакции 70
7.2. Гальванические элементы 71
7.3. Электролиз расплавов и растворов 73
7.4. Использование электрохимических процессов в промышленности 75

Тема 8. Химия веществ.....79
8.1. Металлы.....79
8.2. Полупроводники.....82
8.3. Углерод и его неорганические соединения.....84
8.4. Органические соединения.....90
8.5. Полимеры и поликонденсаты.....99
Тема 9. Химия в растениеводстве.....103
9.1. Виды энергии регулирующие процессы в живом организме.....103
9.2. Преобразование энергии фотонов в фотосинтезе.....106
9.3. Биогенные макроэлементы и их соединения.....110
9.4. Минеральное питание растений.....115
9.5. Механизм поступления химических элементов в растение.....119
9.6. Биохимические аналоги питательных элементов.....123
9.7. Оптимизация элементного состава почвенного раствора.....126
9.8. Гидропонная культура.....134
9.9 Химические средства защиты растений.....138
Тема 10. Химия почв.....150
10.1. Минеральная основа почв.....150
10.2. Органические вещества почвы.....156
10.3. Химические свойства почвы.....159
10.4. Биогеохимические аномалии.....166
Глоссарий.....175
Рекомендуемая литература.....182

Введение

Природа, человек, окружающий нас мир существуют в постоянном движении и развитии. Можно представить себе процесс творения, как многоцветный, постоянно переливающийся в новые формы, поток вещества во времени. Каждая частица потока вносит свой вклад в сотворение нового мига Вселенной. Но только разумное существо способно творить осознанно, осуществлять свои планы и достигать своих целей развития. Человек становится творцом, когда постигает закономерности взаимодействия частиц потока и обучается управлять этим взаимодействием.

По мере накопления знаний мы овладеваем всё новыми уровнями проявления материального мира. Новые инструменты и новые методы позволяют наблюдать и исследовать как субатомные объекты и явления, так и супергалактические. А на молекулярном уровне человечество уже научилось создавать вещества и материалы, объекты и явления, до сих пор не существовавшие в окружающей нас природе.

По-видимому, именно химия достигла наибольших успехов в познании мира и целенаправленном изменении его. Последствия этих изменений не всегда возможно прогнозировать с достаточной точностью, но это тоже важный процесс познания и развития. Многие фундаментальные и прикладные науки обязаны своим достижениям именно химии. Новые приборы, оборудование создаются благодаря появлению новых материалов. Новые явления регистрируются благодаря возможности фиксировать изменения на молекулярном, ионном или атомарном уровне.

Химические и биохимические методы позволяют исследовать процессы в биологических и экологических системах, реконструировать эволюцию биосферы и планеты в целом.

Практически все производственные процессы прямо или косвенно связаны с химическим преобразованием веществ. Современные достижения цивилизации – это, главным образом, достижения химии. Даже развитие культуры во многом зависит от качества и количества носителей информации.

Значительных успехов достигла химия и в обеспечении населения планеты продовольствием. Изучение механизмов фотосинтеза и минерального питания растений позволили разработать эффек-

тивные агротехнические методы. Индуцированный мутагенез и методы молекулярной биологии дали начало высокопродуктивным сортам растений и породам животных; позволили развить биотехнологические отрасли науки и производства.

Специалист агропромышленной сферы производства должен хорошо представлять себе механизм взаимодействия всех компонентов агроэкосистемы, в том числе и на молекулярном уровне, владеть современными технологиями управления агроэкосистемой, оптимизации факторов, от которых зависит эффективность этого управления, современными методами хранения и переработки продукции. При этом, необходимо минимизировать негативные последствия как собственно агропромышленного производства, так и иных видов человеческой деятельности, способных повлиять на безопасность и качество сельскохозяйственной продукции и окружающей среды в целом.

Овладение необходимыми навыками анализа и прогнозирования развития агроэкосистем требует базовых знаний механизмов их функционирования, в том числе и на молекулярном уровне.

Учебное пособие имеет целью актуализацию знаний основных закономерностей химических процессов и ознакомление с практическим применением этих знаний в агропромышленном производстве.

Данный курс является пропедевтическим относительно курсов «Агрохимия», «Почвоведение», «Защита растений», «Материаловедение».

Тема 1. Основные понятия и законы химии

1.1. Основные понятия химии

Химия – наука о веществах и их превращениях.

Вещество – форма существования материи.

Чистое вещество – условное понятие. Теоретически чистое вещество состоит из одинаковых молекул. В природе не встречается. В лабораторных или промышленных условиях выделяют «технические», «чистые», «химически чистые», «чистые для анализа» вещества, отличающиеся количеством примесей. В реальном мире чаще всего встречаются сложные смеси веществ: воздух, почва, древесина, мука, горная порода. Человек для своих целей выделяет из смесей относительно чистое вещество или более простые смеси – железо из руды, бензин из нефти – для того, чтобы добиться определённых свойств, использовать для производства новых веществ, не встречающихся в природе (сплавов, полимеров, стройматериалов и т. п.)

Молекула – единица кода вещества, отражающая его химические свойства. Не существует сама по себе, проявляется только во взаимодействии с другими молекулами. Теоретически можно получить одну молекулу вещества, например, испаряя его в вакууме. Однако обнаружить её можно только при взаимодействии с другими объектами. Молекулы могут быть различного размера, если они являются полимерами или поликонденсатами, то состоят из сотен и тысяч атомов.

Атом – единица кода химического элемента, как части молекулы. Атом может иметь разное количество нейтронов и, соответственно, разную массу. Такие вариации называют **изотопами**.

Химический элемент – вещество, состоящее из атомов с одинаковым числом протонов. Химические свойства элемента определяет:

1. Количество протонов в атоме;
2. Количество и распределение электронов;
3. Способность атома элемента принимать и отдавать электроны.

При передаче или приёме электронов атом или часть молекулы приобретает заряд и становится **ионом** или **функциональной группой.**

Атомы одного элемента могут образовывать разные молекулы. Например, O_2 – кислород, O_3 – озон. Одиночный атом О называют атомарным или синглетным кислородом.

Олово может быть в металлической форме (белое олово) или в виде порошка (серое олово). Фосфор может находится в красной, белой и чёрной модификациях. Углерод тоже может принимать различные формы: сажа, графит, графен, графин, нанотрубки, фуллерены, карбины, алмаз. Такие формы называют **аллотропными модификациями**. Они связаны с различными кристаллическими решётками. Кристаллы, в некотором смысле, являются формой молекул с неопределённым количеством атомов.

Количество вещества может измеряться его массой или количеством молекул и атомов. Для полного прохождения химических реакций необходимо, чтобы количество реакционных центров обоих реагирующих веществ совпадало. Иначе говоря, число молекул должно быть одинаковым или кратным.

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

Поэтому при расчёте химических процессов используют величины массы, соответствующие определенному количеству молекул.

В качестве единой атомной единицы массы выбран Далтон (Дальтон, Da) – 1/12 массы несвязанного атома ^{12}C. Один грамм вещества соответствует массе $6{,}02\times10^{23}$ Da. Это число называют **числом Авогадро**. Следовательно, $6{,}02\times10^{23}$ атомов углерода ^{12}C будут иметь массу 12 г.

Считают, что для любого элемента $6{,}02\times10^{23}$ его атомов будут иметь массу в граммах, равную массе его атома в Da. Это количество вещества называют **грамм-атомом**. Химические элементы состоят из смеси изотопов, имеющих разное количество нейтронов, следовательно, разную массу. Поэтому их атомные массы и грамм-атомы не являются целыми числами.

Грамм-молекула (моль) – это масса $6{,}02\times10^{23}$ молекулы вещества, масса грамм-молекулы в граммах равна массе его молекулы в Da. Эта величина очень удобна для расчетов химических реакций. Если необходимо, чтобы два вещества, имеющих по одному реакционному центру, прореагировали полностью, необходимо взять одинаковое количество грамм-молекул.

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

то есть:

$$(1{,}00\ г + 35{,}45\ г) + (22{,}99\ г + 16{,}00\ г + 1{,}00\ г) =$$
$$= (22{,}99\ г + 35{,}45\ г) + (2 \cdot 1{,}00\ г + 16{,}00\ г)$$

Если у молекулы несколько реакционных центров, рассчитывают **грамм-эквивалент** – количество вещества, которое полностью прореагирует с грамм-молекулой.

Например, в реакции

$$H_2SO_4 + NaOH$$

одна молекула серной кислоты может прореагировать с двумя молекулами гидроксида натрия. Следовательно, на один моль гидроксида натрия нужно взять ½ моль серной кислоты. Для расчёта грамм-эквивалента вещества массу его грамм-молекулы делят на количество реакционных центров: основность кислоты, кислотность основания, валентность металла.

В общем виде, говорят, что грамм-эквивалент – это количество граммов вещества, которое в химической реакции присоединяет или замещает 1 моль водорода.

1.2. Основные законы химии

К основным законам химии обычно относят эмпирически открытые количественные соотношения реагирующих веществ. Они были выявлены в начальный период развития химии, как науки, и в настоящее время принимаются с определенными ограничениями.

1. **Закон сохранения массы вещества**. Был описан М. В. Ломоносовым. В настоящее время принят в виде: «**масса веществ, вступивших в реакцию, равна массе получившихся веществ**». Естественно, что в реакцию может вступить только часть исходных веществ. Кроме того, большинство реакций обратимы, то есть часть продукта реакции может разрушаться до исходных компонентов. Поэтому, целесообразно сформулировать этот закон таким образом: «общая масса всех компонентов в закрытой системе постоянна независимо от протекающих химических реакций между компонентами».

2. **Закон постоянства состава.** Открыт Ж. Прустом в 1799 г. «**Всякое чистое химическое соединение имеет постоянный состав, каким бы путём оно ни было получено**». Строго говоря, абсолютно чистое вещество получить невозможно, а содержащиеся в

нем примеси как раз будут зависеть от способа получения соединения. Но на молекулярном уровне каждое химическое соединение кодируется одной молекулой. И эта молекула всегда имеет постоянный состав и структуру, независимо от способа её получения.



Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765)

3. **Закон кратных отношений**. «**Весовые количества элементов в соединениях относятся между собой, как небольшие целые числа**». Этот закон был сформулирован Дж. Дальтоном в 1803 г. Разумеется, ни сложные органические молекулы, ни изотопы в то время не были изучены.

4. **Закон объёмных отношений.** (Ж. Л. Гей-Люссак, 1802 г.). «**Объёмы реагирующих газов и продуктов реакции относятся между собой, как небольшие целые числа**». Этот закон применим только для простых реакций, при неизменных условиях и отсутствии побочных продуктов. Поскольку все химические реакции происходят с поглощением или выделением энергии, то есть сопровождаются охлаждением или нагреванием газов, а, следовательно, изменением их объема (или давления, если система закрытая), получить неизменные условия весьма затруднительно.

5. **Закон Авогадро** (А. Авогадро, 1841 г.). «**В равных объемах газов при одинаковых условиях содержится одинаковое число молекул**».

6. **Закон эквивалентов**. «**Вещества взаимодействуют между собой в количествах, соответствующих их эквивалентам**». Открыт И. В. Рихтером в 1792 г. Наиболее точную формулировку закона эквивалентов, используемую и в настоящее время, дал английский химик У. Х. Волластон в 1807 г.

7. **Закон сохранения энергии**. Впервые его сформулировал для механических систем Г.В. Лейбниц в 1686 году. Позднее понятие энергии было обобщено и на немеханические явления, и закон сохранения энергии в более общем виде был сформулирован в работах Ю. Р. Майера, Дж. Джоуля и Г. Гельмгольца уже в середине 19 века. «**При любых превращениях энергия системы остаётся постоянной, но переходит в другие формы**». Например, энергия химических связей переходит в тепловую энергию и обратно.

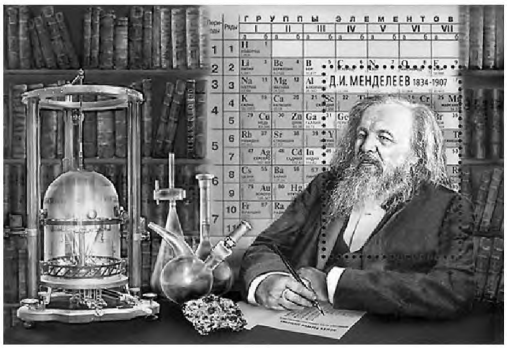
1.3. Периодический закон Д. И. Менделеева

Накопление знаний о химических превращениях веществ позволило выявить закономерности изменения свойств составляющих их элементов. Закономерности изменения свойств элементов отмечали многие исследователи. Например, Ю. Л. Мейер в 1864 году представил свою систему, основанную на валентности атомов. Однако многие атомы в разных соединениях могут иметь разную валентность.

Дмитрий Иванович Менделеев, анализируя известные к тому времени свойства элементов, обнаружил, что они изменяются циклично в зависимости от атомного веса химического элемента. В 1869 г. он сформулировал и опубликовал в нескольких изданиях закон о периодичности изменения свойств этих элементов. На основании этого закона он предсказал свойства некоторых элементов, которые не были обнаружены к тому времени. Их современные названия: скандий, галлий, германий, технеций. Кроме этого, он более точно рассчитал атомный вес нескольких элементов.

Однако атомный вес элементов зависит от количества изотопов. Поэтому при измерении в Da не является целым числом (Дальтон, атомная единица массы, равная 1/12 массы изотопа углерода C^{12}). Кроме того, химические свойства разных изотопов одного элемента одинаковые, а атомный вес разный. То есть, химические свойства атома зависят от количества протонов и, соответственно, количества электронов, которые способен удерживать атом.

Поэтому современная формулировка периодического закона: «**свойства химических элементов, а также состав и свойства образуемых ими соединений находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов химических элементов».**



Дмитрий Иванович Менделеев

Графически периодический закон представляют в виде таблиц разной формы. В настоящее время в качестве основной формы используется «длиннопериодная», утверждённая Международным союзом теоретической и прикладной химии (ИЮПАК).

До 1988 года колонки таблицы объединяли в **группы** и обозначали римскими цифрами. В настоящее время используют новую **систему нотации** ИЮПАК. Группы называют по номерам с 1 по 18 или по первому (верхнему) элементу. Некоторые группы сохранили исторические названия – щелочные металлы, щелочноземельные металлы, галогены, благородные газы.

Лантаноиды и актиноиды вынесены в отдельную часть таблицы, ниже основных групп, что делает ее более компактной.

В прямоугольнике, отведенном для каждого элемента, приводится его название, порядковый номер, относительная атомная масса, распределение электронов по энергетическим уровням.

Элементы Na, Mg, Al образуют в виде простых веществ металлы; образованные кремнием, фосфором, серой и аргоном простые вещества – неметаллы. Характер оксидов и гидроксидов меняется от основных, через амфотерные к ксилотным.

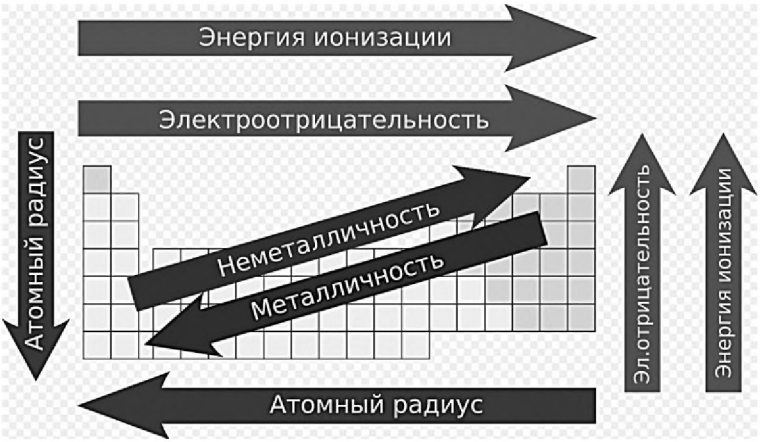
В больших периодах (с 4-го по 7-й) в ряду d-и f-элементов наблюдается незначительное изменение радиуса атомов и медленное возрастание энергии ионозации. Элементы, находящиеся в одном периоде, имеют приблизительно одинаковые значения радиусов и ослабление металлических свойств простых веществ происходит очень медленно

Группа → / Период ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H Водород																	2 He Гелий
2	3 Li Литий	4 Be Бериллий											5 B Бор	6 C Углерод	7 N Азот	8 O Кислород	9 F Фтор	10 Ne Неон
3	11 Na Натрий	12 Mg Магний											13 Al Алюми-ний	14 Si Кремний	15 P Фосфор	16 S Сера	17 Cl Хлор	18 Ar Аргон
4	19 K Калий	20 Ca Кальций	21 Sc Скандий	22 Ti Титан	23 V Ванадий	24 Cr Хром	25 Mn Марганец	26 Fe Железо	27 Co Кобальт	28 Ni Никель	29 Cu Медь	30 Zn Цинк	31 Ga Галлий	32 Ge Германий	33 As Мышьяк	34 Se Селен	35 Br Бром	36 Kr Криптон
5	37 Rb Рубидий	38 Sr Стронций	39 Y Иттрий	40 Zr Цирконий	41 Nb Ниобий	42 Mo Молибден	43 Tc Технеций	44 Ru Рутений	45 Rh Родий	46 Pd Палладий	47 Ag Серебро	48 Cd Кадмий	49 In Индий	50 Sn Олово	51 Sb Сурьма	52 Te Теллур	53 I Иод	54 Xe Ксенон
6	55 Cs Цезий	56 Ba Барий	*	72 Hf Гафний	73 Ta Тантал	74 W Вольфрам	75 Re Рений	76 Os Осмий	77 Ir Иридий	78 Pt Платина	79 Au Золото	80 Hg Ртуть	81 Tl Таллий	82 Pb Свинец	83 Bi Висмут	84 Po Полоний	85 At Астат	86 Rn Радон
7	87 Fr Франций	88 Ra Радий	**	104 Rf Резер-фордий	105 Db Дубний	106 Sg Сиборгий	107 Bh Борий	108 Hs Хассий	109 Mt Мейтне-рий	110 Ds Дармшта-дтий	111 Rg Рентге-ний	112 Cn Копер-ниций	113 Uut Унунтрий	114 Fl Флеровий	115 Uup Унунпен-тий	116 Lv Ливермо-рий	117 Uus Унунсеп-тий	118 Uuo Унуноктий
8	119 Uue Унунен-ний	120 Ubn Унби-нилий	***															
Лантаноиды *				57 La Лантан	58 Ce Церий	59 Pr Празеодим	60 Nd Неодим	61 Pm Прометий	62 Sm Самарий	63 Eu Европий	64 Gd Гадоли-ний	65 Tb Тербий	66 Dy Диспро-зий	67 Ho Гольмий	68 Er Эрбий	69 Tm Тулий	70 Yb Иттербий	71 Lu Лютеций
Актиноиды **				89 Ac Актиний	90 Th Торий	91 Pa Протак-тиний	92 U Уран	93 Np Нептуний	94 Pu Плутоний	95 Am Америций	96 Cm Кюрий	97 Bk Берклий	98 Cf Калифор-ний	99 Es Эйнштей-ний	100 Fm Фермий	101 Md Менделе-вий	102 No Нобелий	103 Lr Лоурен-сий
Суператиноиды ***				121 Ubu Унбиуний	122 Ubb Унбибий	123 Ubt Унбитрий	124 Ubq Унбиква-дий	125 Ubp Унбипен-тий	126 Ubh Унбигек-сий									

Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

Внутри группы радиус атома возрастает сверху вниз (чем больше у атома энергетических уровней, тем дальше от ядра располагаются валентные электроны), а энергия ионизации атома снижается (отнять удалённый от ядра электрон легче, чем расположенный близко к ядру), снижается и электроотрицательность атома. Исключение составляет 11 группа, в ней электроотрицательность увеличивается снизу-вверх.

Строки в периодической таблице называют **периодами**. Изменение химических свойств внутри периода связано с количеством протонов, чем больше положительный заряд ядра, тем сильнее к нему притягиваются электроны.



Изменение свойств химических элементов

В зависимости от энергии ионизации проявляются окислительные или восстановительные свойства элемента. Чем меньше энергии требуется, чтобы оторвать электрон, тем больше соединений, в которых атом является восстановителем.

Валентность атома, то есть способность создавать химические связи, зависит от количества электронов, которые способен отдать или принять атом. Количество отданных или принятых электронов в каждом конкретном соединении называют **степенью окисления**. В таблицах часто указывают формулы высших оксидов (соединений, где проявляется максимальная возможная положительная степень окисления).

1.4. Правила классификации и номенклатуры химических соединений

Все вещества разделяют на две группы: **простые** (состоят из атомов одного химического элемента) и **сложные** (состоят из атомов нескольких элементов).

Простые вещества, как и элементы, разделяют на **металлы** и **неметаллы.** Металлы имеют от 1 до 3 валентных электронов, легко отдают их в химических соединениях. Чистые металлы или их сплавы имеют характерную **металлическую кристаллическую решётку,** в которой валентные электроны «обобществляются». Образуется, так называемый «электронный газ», который определяет характерные свойства металлов – электропроводность, теплопроводность, пластичность (ковкость). Все остальные элементы называют неметаллами.

Сложные вещества разделяют на **бинарные** (состоящие из двух элементов) и **многоэлементные**.

Бинарные обычно называют по элементу окислителю: сульфиды, карбиды, нитриды, гидриды, галиды (соединения с галогенами). Самые распространённые бинарные соединения – **оксиды**. Кислород самый сильный окислитель после фтора и широко распространён в природе.

Оксиды разделяют на **солеобразующие** и **несолеобразующие**. Солеобразующие оксиды в свою очередь делят на:

- **кислотные** (оксиды неметаллов) при соединении с водой образуют кислоту (кислотный остаток). Эти оксиды называют также – **ангидриды кислот**;

- **основные** (оксиды металлов) при соединении с водой образуют основание;

- **амфотерные** при соединении с водой образуют гидроксид, который в разных химических реакциях может проявлять себя либо как кислота, либо как основание.

Многоэлементные соединения делят на **гидроксиды** и **соли.**

Гидроксиды – это результат соединения оксида с водой. Их разделяют на **кислоты**, **основания** (щёлочи – это сильные основания) и амфотерные.

Кислоты делят на **кислородные** – полученные из оксидов и **бескислородные** – гидриды галогенов и некоторых других неметаллов.

Кислоты различают также по количеству атомов водорода – основности – одноосновные, двухосновные, трёхосновные.

Согласно **теории электролитической диссоциации** свойства кислот связаны с преобладанием в растворе ионов H^+, а свойства оснований – OH^-.

Протонная теория определяет кислоты, как доноры протонов (H^+), а основания – как акцепторы протонов. Например, вода при реакции с аммиаком выступает как кислота:

$$NH_3 + HOH = NH_4^+ + OH^-$$

А в реакции с плавиковой кислотой, как основание:

$$HF + HOH = F^- + H_2OH^+$$

Соли состоят из металла и кислотного остатка, который тоже может включать более электроотрицательный металл в амфотерной форме.

Название соли состоит из названия металла и названия кислотного остатка.

Например: хлорид натрия, сульфид железа, перхлорат калия и так далее.

Названия кислотных остатков

HF	Фтороводородная кислота	F^-	Фторид
HCl	Хлороводородная кислота	Cl^-	Хлорид
HBr	Бромоводородная кислота	Br^-	Бромид
HI	Иодоводородная кислота	I^-	Йодид
H_2S	Сероводородная кислота	S^{2-}	Сульфид
H_2CO_3	Угольная кислота	CO_3^{2-}	Карбонат
H_2SiO_3	Кремниевая кислота	SiO_3^{2-}	Силикат
HNO_3	Азотная кислота	NO_3^-	Нитрат
HNO_2	Азотистая кислота	NO_2^-	Нитрит
H_3PO_4	Фосфорная кислота	PO_4^{3-}	Фосфат
H_3PO_3	Фосфористая кислота	PO_3^{3-}	Фосфит
H_2SO_4	Серная кислота	SO_4^{2-}	Сульфат
H_2SO_3	Сернистая кислота	SO_3^{2-}	Сульфит
H_2CrO_4	Хромовая кислота	CrO_4^{2-}	Хромат
$H_2Cr_2O_7$	Дихромовая кислота	$Cr_2O_7^{2-}$	Дихромат
HClO	Хлорноватистая кислота	ClO^-	Гипохлорит
$HClO_2$	Хлористая кислота	ClO_2^-	Хлорит
$HClO_3$	Хлорноватая кислота	ClO_3^-	Хлорат
$HClO_4$	Хлорная кислота	ClO_4^-	Перхлорат
H_2MnO_4	Марганцовистая кислота	MnO_4^{2-}	Манганат
$HMnO_4$	Марганцовая кислота	MnO_4^-	Перманганат

Особое место занимают соединения углерода. Наиболее простые – неорганические – называют согласно указанным правилам: карбид кальция, карбонат натрия и т.д. Более сложные, например, карбонилы металлов – координационные комплексы – называют по правилам для комплексных соединений. Для огромного разнообразия **органических соединений углерода** существует своя номенклатура.

Контрольные вопросы

1. Какие свойства атома определяют химические свойства его элемента?
2. Какими способами определяют количество вещества в химических реакциях?
3. Чем отличается грамм-молекула от грамм-эквивалента?
4. Почему основные законы химии, открытые в 18-19 веках имеют ограничения?
5. Как изменяются свойства атомов внутри групп согласно периодическому закону Д. И. Менделеева?
6. Какие вещества относятся к бинарным?
7. На какие группы делят многоэлементные соединения?
8. Что такое амфотерные оксиды и гидроксиды?
9. Чем отличаются хлорид, хлорит, хлорат, гипохлорит, перхлорат?
10. Дайте определение кислоты и основания с точки зрения протонной теории.

Тема 2. Строение атома и взаимодействие атомов

2.1. Элементарные частицы

Чем дальше в изучении строения материи продвигается человек, тем больше энергии требуется для воздействия на элементарные частицы и тем сложнее зафиксировать результат взаимодействия. Обычно по результатам эксперимента строят гипотезу, рассчитывают математические модели, а потом в новых экспериментах проверяют, насколько модель соответствует реальному миру.

Например, если разогнать электроны, они будут излучать фотоны высокой энергии. Эти фотоны, проходя через вещество, рассеиваются таким образом, как будто протоны и нейтроны ядер атомов не целые, а состоят из более мелких частиц. Эти частицы назвали **кварками**. В 1990 году была присуждена Нобелевская премия за открытие кварков.

В настоящее время наиболее распространена **стандартная модель физики ядерных частиц**, которая включает следующие объекты:

1. **Фермионы** – материальные частицы:

а) **кварки** (верхний, нижний, очарованный, странный, истинный, прелестный);

б) **лептоны** (электрон, мюон, тау-лептон, электронное нейтрино, мюонное нейтрино, тау нейтрино);

2. **Бозоны** – кванты взаимодействия:

а) **глюон** – сильное взаимодействие, связь между кварками;

б) **фотон** – электромагнитное взаимодействие;

в) **z-бозон** и **w-бозон** – слабое взаимодействие, β-распад ядер;

г) **бозон Хиггса** – гравитационное взаимодействие;

3. **Адроны** – состоят из кварков и антикварков;

4. **Барионы** (протон, нейтрон и другие) – обычно состоят из трёх кварков, связанных глюонами. Протон и нейтрон также называют **нуклонами**;

5. **Мезоны** – состоят из пары кварк-антикварк.

2.2. Строение атома

Ядро атома состоит из **протонов** и **нейтронов**.

Протоны несут положительный заряд. Число протонов всегда равно порядковому номеру элемента, определяет заряд ядра и определяет количество электронов, которое может удерживать свободный атом. Если ядро теряет или приобретает протон, оно превращается в ядро другого химического элемента. Это явление называют **трансмутацией**. Например, превращение одного из нейтронов ядра трития (изотопа водорода H^3) в протон превращает атом в изотоп гелия He^3.

Нейтроны не имеют заряда. Количество нейтронов в ядре может быть разным. Если количество нейтронов примерно равно количеству протонов, ядро обычно стабильно. Если разница между числом протонов и нейтронов велика, то ядро неустойчиво, способно распадаться. Атомы одного химического элемента с различным количеством нейтронов и, соответственно, с различной атомной массой называют **изотопами.** Атомы с нестабильным ядром называют **радиоактивными изотопами,** их ядра называют **радионуклидами**. Каждый химический элемент имеет несколько изотопов. Например, уран может иметь 26 изотопов и 6 возбуждённых изомерных состояний. В природе встречается три изотопа урана: более 99% составляет U^{238}, менее 1% – U^{234} и U^{235}. Они наиболее стабильны, имеют периоды полураспада, соответственно, 4,47 млрд. лет, 704 млн. лет, 245 тыс. лет. Остальные изотопы получаются при ядерных превращениях и быстро распадаются. Период полураспада у некоторых из них измеряется микросекундами.

Электроны – имеют отрицательный заряд, находятся вне ядра и компенсируют заряд ядра. В свободном несвязанном атоме количество электронов равно количеству протонов. Отдавая или принимая электроны, атом приобретает заряд и превращается в **ион**.

Электронные конфигурации.

Считают, что электроны проявляют свойства волны и свойства частицы (**квантово-волновой дуализм**). Как частица электрон взаимодействует с другими элементарными частицами. Но положение его в атоме невозможно точно определить.

Можно объяснить конфигурацию электрона на примере. Если записать траекторию движения человека за длительный период вре-

мени, то можно увидеть «уплотнения» там, где он чаще всего бывает. Вероятность нахождения большинства людей в локациях «дом», «работа», «учеба» значительно выше, чем в других местах и траектория здесь будет более плотной. Это не значит, что в каждый момент времени 40% человека находится дома, 30% на лекции, 5% в спортзале и так далее. Это значит, что в каждый момент времени вероятность встретить человека дома составляет 0,40 или 40%. (Разумеется, для человека в разное время суток эти вероятности будут различаться, но для электрона это вряд ли имеет значение).

Когда говорят о форме электронного облака, имеют в виду форму распределения «уплотнений» вероятности встречи электрона.



Атом водорода «в разрезе»

Электронная конфигурация (или форма облака электрона) зависит от его свойств, обозначаемых **квантовыми числами**.

Главное квантовое число (*n*) обозначает одно из возможных энергетических состояний электрона – **энергетический уровень**. Поскольку энергия может передаваться и приниматься определёнными порциями – **квантами** – уровень электрона определяется «количеством порций», а это целые числа. Поэтому уровни не «размазаны» в пространстве, а строго локализованы. Чем больше энергия электрона, тем дальше он может находится от ядра. Поэтому каждый энергетический уровень формирует свой электронный слой – **электронную оболочку**.

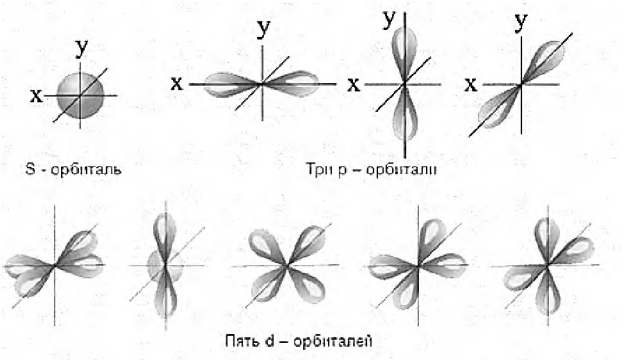
Уровни обозначаются латинскими буквами. Каждому уровню соответствует определённое квантовое число ***n***. На каждом уровне может находиться $2n^2$ электронов.

Орбитальное квантовое число *l* (побочное или азимутальное) – энергетический подуровень – определяет форму **электронного облака** – той части пространства, где вероятность встречи электрона составляет не менее 90-95%. Если главное квантовое число определяет энергетическую зону, в которой находится электрон, то орбитальное число обозначает точное значение энергии электрона в пределах этой зоны.

Характеристика энергетических уровней электронов

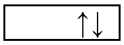
Энергетический уровень	Квантовое число *n*	Количество подуровней	Обозначение подуровней	Квантовое число *l*	Количество электронов
K	1	1	s	0	$2\times1^2=2$
L	2	2	s p	0 1	$2\times2^2=8$
M	3	3	s p d	0 1 2	$2\times3^2=18$
N	4	4	s p d f	0 1 2 3	$2\times4^2=32$

Магнитное квантовое число *m*. определяет ориентацию электронного облака в пространстве, то есть его **орбиталь**. У подуровня **s** одна орбиталь, у подуроня **p** три орбитали, у подуровня **d** пять орбиталей, у подуровня **f** семь орбиталей.



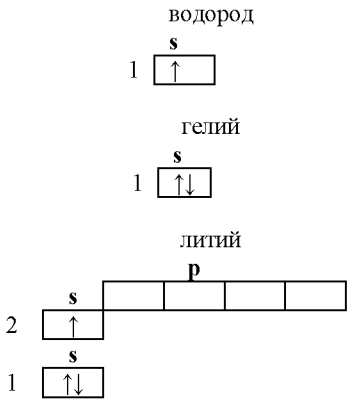
Формы электронных облаков и их ориентация в пространстве

Спиновое квантовое число s может иметь значения +1/2 и -1/2. На одной орбитали может быть два электрона с различным спином. Это отображается в виде разнонаправленных стрелок:



Чем ниже энергия электрона, тем он более устойчив. Поэтому заполнение уровней начинается с ***K***, а подуровней – с **s**.

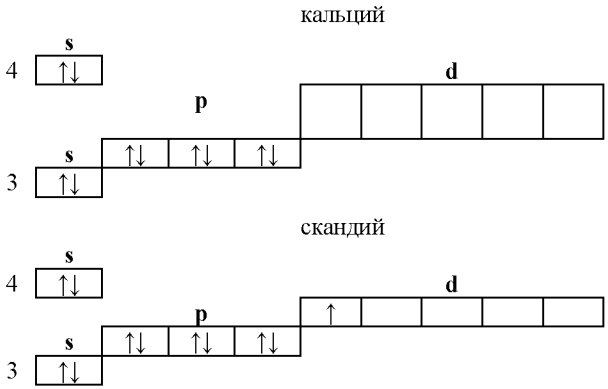
Например:



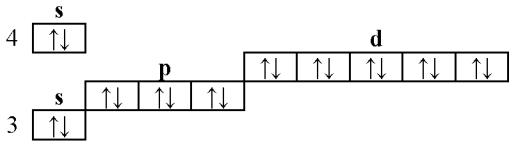
Обычно нижние полностью заполненные уровни не обозначают, так как на них находятся электроны, не принимающие участия в образовании химических связей.

Правило Клечковского: заполнение происходит от орбиталей с меньшей суммой квантовых чисел (***n+l***), если суммы одинаковые, то начинают с орбитали с меньшей ***n***.

Например:



цинк



То есть у элементов, идущих от кальция до цинка, идёт заполнение **3d** подуровня (эти элементы называют **переходными**), а на внешнем подуровне **4s** у них находится по два электрона, как у кальция. Поэтому у них сходные химические свойства.

2.3. Химическая связь

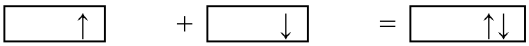
Для того, чтобы оторвать электрон от атома, требуется затратить энергию – **потенциал ионизации**. Меньше всего энергии требуется для отрыва электрона из внешнего уровня больших атомов. Но для каждого следующего электрона требуется больше энергии, чем для предыдущего.

Если на внешнем слое много электронов, атом стремится не отдать, а присоединить электрон. Энергия, высвобождающаяся при присоединении электрона, обозначается как **сродство к электрону**.

У металлов на внешнем уровне обычно 1-2 электрона, у них низкий потенциал ионизации и нулевое или отрицательное сродство к электрону. Поэтому они легко отдают электроны и превращаются в положительно заряженные ионы – **катионы**. Неметалл, отнимая электроны, превращается в отрицательно заряженный ион – **анион**. Эти разнонаправленно заряженные ионы притягиваются друг к другу, формируя **ионную химическую связь**.

Атомы неметаллов при взаимодействии друг с другом обычно объединяют электроны, чтобы заполнить электронные оболочки друг друга.

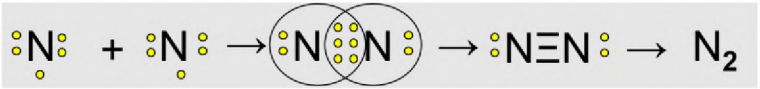
Например, при образовании молекулы водорода из двух атомов:



или

$$H\cdot + \cdot H = H{:}H$$

Такая связь называется **ковалентной неполярной**.

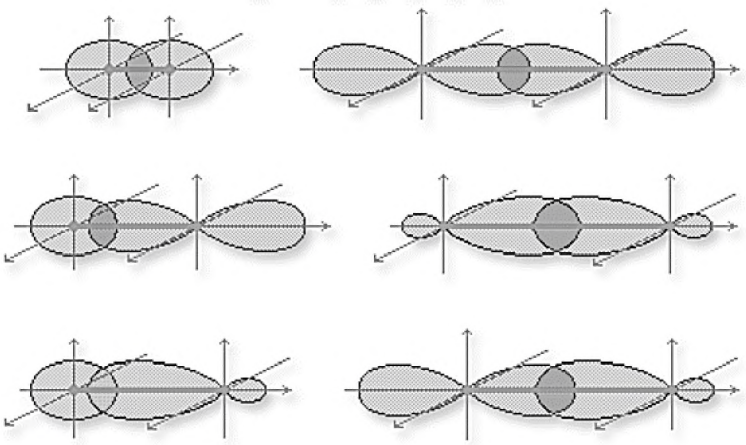


Образование тройной ковалентной неполярной связи в молекуле азота

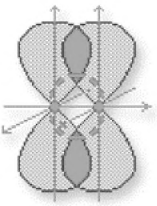
В органических соединениях различают также:

1. σ-связь, в которой перекрывание орбиталей происходит вдоль оси, соединяющей ядра атомов.

2. π-связь, в которой перекрывание орбиталей происходит в плоскости, перпендикулярной оси, соединяющей ядра атомов, сверху и снизу от оси связи. Такая связь образуется второй и третьей при формировании двойной и тройной связи. Она непрочная и легко разрушается, это позволяет органической молекуле иметь в резерве электроны для присоединения функциональных групп.



Варианты σ-связи



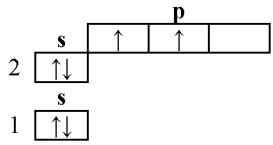
π-связь

Если у взаимодействующих атомов сродство к электрону различается, то общие электроны смещаются к атому с большим сродством. Этот атом приобретает частичный или избыточный отрицательный заряд, а второй атом – частичный положительный. Такая связь называется **ковалентной полярной,** а система этих двух атомов называется **электрическим диполем**.

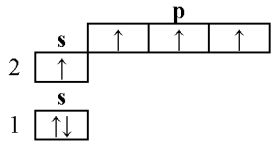
Вокруг диполя образуется электрическое поле. Его величина называется **дипольным моментом** и измеряется в **дебаях**.

$$1D = 3{,}33\times10^{-30}\text{Кл}\cdot\text{м}$$

Атом может занимать электроны из нижних подуровней, например углерод в такой конфигурации имеет 2 неспаренных электрона и может образовать 2 связи:

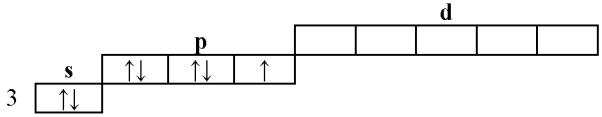


А в такой конфигурации у атома 4 неспаренных электрона, и он может образовать 4 4 связи:

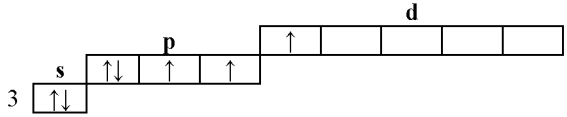


Хлор может образовывать:

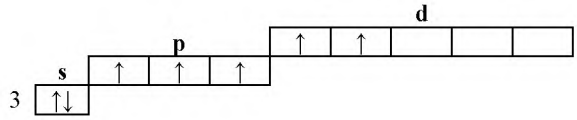
- одну связь



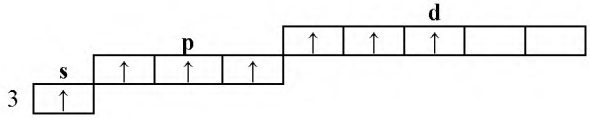
- три связи



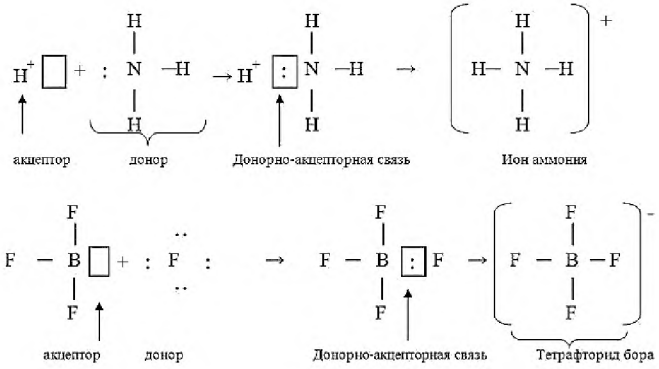
- пять связей



- семь связей

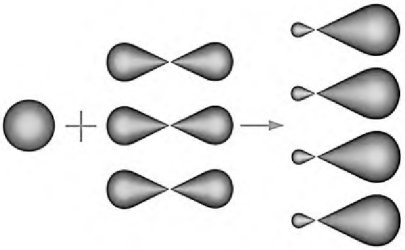


Донорно-акцепторная ковалентная связь образуется, если у одного из атомов на внешнем слое есть свободная орбиталь, а у другого – неподелённая пара электронов.



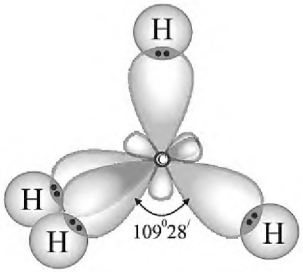
Образование донорно-акцепторной связи

Разные орбитали имеют разную форму, поэтому совместные электронные облака будут иметь разное расположение в пространстве. Кроме того, орбитали могут образовывать гибридные электронные облака, поэтому химические связи могут располагаться под разными углами. Например, в атоме углерода при образовании молекулы метана происходит гибридизация **s** и **p** электронных облаков (**sp3** гибридизация).



sp3 гибридизация

Образовавшиеся в атоме углерода гибридные электронные облака занимают наиболее удаленное друг от друга положение. В результате молекула метена приобретает форму тетраэдра.

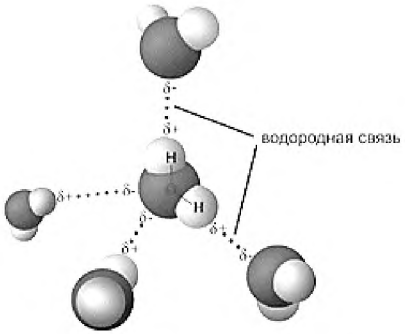


Модель молекулы метана

Кроме **метода валентных связей (ВС)** для моделирования строения молекул используют **метод молекулярных орбиталей (МО)**. В ряде случаев этот метод даёт лучшее представление о взаимодействии атомов.

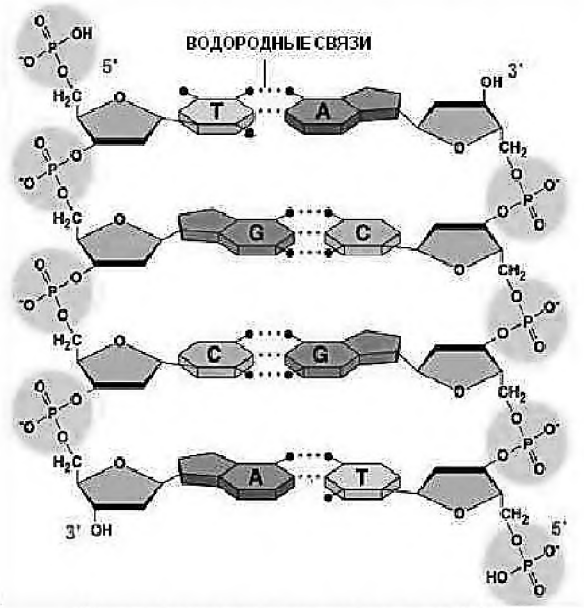
Согласно методу МО предполагают, что при взаимодействии атомов две атомные орбитали образуют общие молекулярные орбитали. Одна из них имеет меньшую энергию, чем атомные орбитали. Её называют **связывающей** орбиталью. Вторая молекулярная орбиталь называется **разрыхляющей**. Её энергия выше, чем энергия атомных орбиталей.

Водородная связь возникает между заряженными молекулами – диполями – за счёт электростатического притяжения.



Водородная связь между молекулами воды

В некоторых случаях за счёт водородной связи образуются сложные молекулы или изменяется их структура.



Водородные связи в молекуле ДНК

Например, двойная (двухцепочечная) молекула ДНК образована за счет водородной связи между комплементарными нуклеотидами. Вторичная структура белка – за счёт связи между разноименно заряженными аминокислотами.

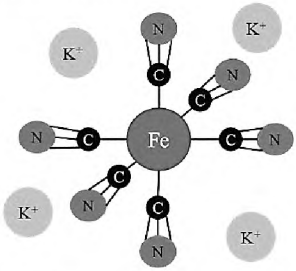
2.4. Комплексные соединения

Металлы, имеющие свободные **d** и **f** орбитали (**d-** и **f-** металлы), могут принимать на эти орбитали электронные пары других ионов или молекул по механизму донорно-акцепторной связи. В результате может образоваться структура, имеющая заряд и ведущая себя аналогично иону – **комплексный катион** или **комплексный анион**.

К нему могут притягиваться противоположные по заряду ионы, анионы и катионы, соответственно. В результате получается **комплексное соединение.**

Атом металла, принявший электроны и получивший заряд называют **ионом комплексообразователем (ИК)**. Доноры электронов (ионы или молекулы) – **лигандами**.

Связи между ИК и лигандами могут быть не только донорно-акцепторными, но и электростатическими. Количество связей, которые может образовать ИК, называют **координационным числом**. Количество связей, которые может образовать лиганд с ИК называют **дентатностью лиганда**.



Комплексное соединение гексацианоферрат(III) калия

Комплексное соединение состоит из двух сфер. **Внутренняя сфера** – ион комплексообразователь и лиганды. **Внешняя сфера** – ионы или молекулы, связанные с ними межмолекулярными связями.



Строение комплексного соединения

Номенклатура комплексных соединений зависит от того, является ли комплексный ион катионом или анионом. Название комплексного аниона начинается с приставки, обозначающей количество лигандов: моно, ди, три, тетра, пента, гекса, гепта, окта, нано, дека. Затем указывают лиганды. Если лиганды разные, сначала идут анионы, затем нейтральные, затем катионы. После этого указывают металл комплексообразователь с окончанием **-ат** и его степень окисления. Для названия соединения добавляют название ионов внешней сферы: тетраиодомеркурат(II) калия, дицианоаргентат(I) натрия.

Названия лигандов комплексного иона

Лиганд	Название	Лиганд	Название
1	*2*	*1*	*2*
CH_3COO^-	ацетато	NO^-	нитрозо
CN^-	циано	NO_2^-	нитро
CO_3^{2-}	карбонато	O_2^{2-}	пероксо
$C_2O_4^{2-}$	оксалато	OH^-	гидроксо
Cl^-	хлоро	SO_3^{2-}	сульфито
H^-	гидридо	SO_3S^{2-}	тиосульфато
H_2O	аква	NH_3	аммин
NO	нитрозил	CO	карбонил
SO_2	диоксосера	PF_3	трифторофосфор
$NH_2(CH_2)_2\,NH_2$	этилендиамин	N_2H_5+	гидразиний
$(NH_2)_2CO$	карбамид	$NO+$	нитрозилий
$P(C_2H_5)_3$	триэтилфосфин	C_5H_5N	пиридин

Если комплексный ион является катионом, а внешняя сфера состоит из анионов, название строится таким же образом, но окончание **-ат** не добавляют, а название указывают в родительном падеже. К названию соединения добавляют название анионов внешней сферы: хлорид тетраамминцинка(II), сульфат тетраамминмеди(II).

Контрольные вопросы

1. Что такое кварки и как они были открыты?
2. Что такое бозоны и какова их функция?
3. Какие ядра называют радионуклидами?
4. Какое значение имеет электронное облако?
5. Что определяют квантовые числа электронов?
6. Каков порядок заполнения орбиталей?
7. Почему у переходных элементов сходные химические свойства?
8. Что такое потенциал ионизации и сродство к электрону?
9. Почему металлы обычно образуют ионную химическую связь?
10. Почему вторая и третья ковалентные связи менее прочны, чем первая?
11. Что такое диполь?
12. Как образуется донорно-акцепторная связь?
13. Почему в молекуле метана все связи одинаковые?
14. За счёт чего образуется водородная связь?
15. Как образуется связь между ионом комплексообразователем и лигандами?
16. Из чего состоит внешняя сфера комплексного соединения?

Тема 3. Взаимодействие молекул

3.1. Типы взаимодействия молекул

Помимо химических связей между атомами, благодаря которым образуются молекулы, важное значение для определения свойств веществ. имеют взаимосвязи между молекулами и ионами. Наиболее сильное взаимодействие обеспечивает электростатическое притяжение. Вещества, имеющие в молекуле заряженные атомы или функциональные группы, в стандартных условиях обычно твёрдые или жидкие, их молекулы прочно связаны друг с другом. Такие состояния вещества называют **конденсированными**.

Ориентационное взаимодействие. Для конденсированных (жидких и твёрдых) состояний вещества силы межмолекулярного взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса) связаны с электростатическим притяжением и отталкиванием молекул с ковалентной полярной связью – диполей.

Крупные молекулы белков, нуклеиновых кислот, некоторых других полимеров и поликонденсатов, имеют в своём составе очень много разноимённо заряженных функциональных групп, которые взаимодействуют между собой, как в пределах одной молекулы, так и с группами других молекул. Предполагают, что такие молекулы создают вокруг себя сложное электрическое поле, которое за счёт ориентационного взаимодействия формирует в биологических системах особые структуры, регулирующие жизнедеятельность клеток и целых организмов.

В электрическом поле заряженные молекулы могут ориентироваться в соответствии с силовыми линиями и некоторое время после снятия поля сохранять остаточную поляризацию. Поляризацию может вызвать также воздействие температуры или света. Вещества, у которых остаточная поляризация сохраняется достаточно долго (до десятков лет) называют **электретами**. Их используют в качестве датчиков, микрофонов, фотоэлектрических устройств.

Неполярные молекулы могут поляризоваться в электрическом поле заряженных молекул. Это – **индукционное взаимодействие.** Оно гораздо более слабое, чем ориентационное, поэтому обычно вещества с неполярной связью, например, H_2, O_2, CO_2, легкие углеводороды, в стандартных условиях находятся в газообразном состоянии или легко испаряются.

Но даже у этих веществ может происходить краткосрочная поляризация атомов из-за перемещения электронов. В результате образуются «мгновенные диполи», которые обеспечивают **дисперсионное взаимодействие**. Благодаря этому взаимодействию все вещества способны переходить в конденсированное состояние при достаточно низкой температуре. Например, углекислый газ при нормальном давлении и температуре около –70°С переходит в твердое состояние («сухой лёд»), а при повышении температуры переходит в газообразное состояние минуя жидкое. Этот процесс называется сублимацией. Водород переходит в твёрдое агрегатное состояние при температуре близкой к абсолютному нулю и плавится при –259,2°С. А при очень высоком давлении, более 4,18 млн. атмосфер, водород по утверждению некоторых экспериментаторов, перешёл в металлическое состояние.

3.2. Конденсированное состояние вещества

К конденсированным агрегатным состоянием относят жидкое и твердое. В конденсированном состоянии взаимодействие между молекулами очень сильное. Вещество в твёрдом и жидком состоянии практически несжимаемо и имеет высокую плотность.

Жидкостями называют вещества, которые остаются в жидком агрегатном состоянии при нормальных условиях. Они текучи и, вследствие этого, изотропны. Молекулы относительно легко смещаются относительно друг друга. Межмолекулярные связи определяют вязкость жидкости, способность к испарению, поверхностное натяжение и другие свойства. Многие вещества остаются в жидком состоянии только благодаря водородной связи между молекулами. Диполи образуют разнообразные сложные структуры – **кластеры**. Кластеры постоянно перестраиваются. Считают, что время «перескока» для кластеров воды составляет 10^{-12} секунд.

Твёрдыми называют два типа веществ: аморфные и кристаллические.

Аморфные тела по своим свойствам близки к жидкостям с высокой вязкостью. Молекулы, атомы или ионы этих веществ не упорядочены, взаимодействуют только на близком расстоянии. Поэтому их называют **веществами ближнего порядка**. Как и жидкости, они изотропны и текучи. Хотя скорость «течения» может быть

очень низкой. Форма кусков вулканического стекла, кремня может изменяться в течение геологического времени. С повышением температуры текучесть увеличивается, то есть у этих веществ нет определенной температуры плавления, при нагревании они постепенно становятся менее вязкими. Со временем многие из них способны кристаллизоваться. К ним относятся стекло, опал, кремень, пластмассы. Некоторые минералы образуются при кристаллизации аморфных тел, например, аморфная гидроокись кремния превращается в аморфный опал, а затем в кристаллы горного хрусталя. Однако этот процесс, в отличие от кристаллизации из растворов, очень медленный и проходит в течение геологического времени.

Криптокристаллические (скрытокристаллические) тела образуются в начале кристаллизации аморфного тела. Кристаллические свойства проявляются слабо, например при действии на поляризованный свет.

Кристаллические тела. Молекулы, атомы или ионы упорядочены в виде **кристаллической решётки**. Эта решётка довольно жёсткая, воздействие на её компоненты передаётся на довольно большое расстояние. Поэтому вещества, образующие кристаллические тела называют **веществами дальнего порядка**. В зависимости от расположения зарядов или электронных облаков, обеспечивающих, соответственно ионную или ковалентную связь, кристаллическая решетка может иметь разное строение. Большинство веществ в твердом состоянии имеет кристаллическое строение.

3.3. Кристаллическое строение вещества

В кристаллической решетке выделяют:

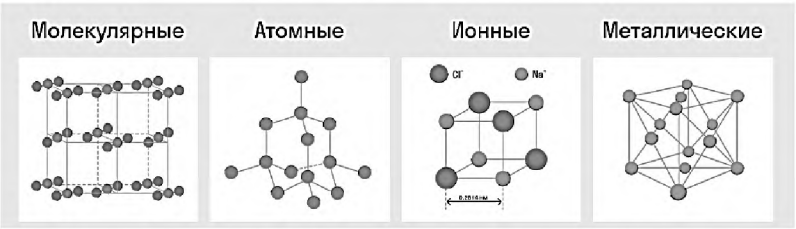
- **узлы** – материальные частицы (молекулы, атомы, ионы);
- **ряды** – совокупности узлов, расположенных на прямой линии;
- **плоские сетки** – совокупности узлов, расположенных в одной плоскости в виде равных параллелограммов;
- **элементарные ячейки** – совокупности узлов, расположенных в виде параллелепипедов. Соотношения ребер, углы между гранями параллелепипедов зависят от пространственного расположения орбиталей электронов, образующих связи, других свойств узлов, условий при кристаллизации и других особенностей вещества.

К веществам с **молекулярной решёткой** относят почти все соединения неметаллов с ковалентной неполярной связью. В узлах молекулярных решёток содержатся молекулы, связанные межмолекулярными силами. Взаимодействие между узлами слабое, поэтому такие вещества летучи, легкоплавки, имеют низкую твёрдость.

В **атомных решётках** связи ковалентные, очень прочные. Вещества с атомными решётками обычно очень твёрдые, тугоплавкие, нерастворимые.

Ионные решётки образуют соли и некоторые оксиды. Связь в ионной решётке слабее, чем в атомной. Ионы хорошо взаимодействуют с полярными растворителями, например, с водой. Вещества с ионной связью тоже твёрдые и могут быть довольно тугоплавкими, но менее прочные и часто хорошо растворимые.

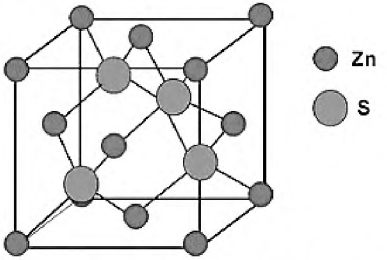
Металлические решётки в узлах имеют атомы металла, а между ними относительно свободно перемещаются общие электроны.



Строение кристаллических решёток

Промежуточные формы решёток имеют:

- графит (внутри плоской сетки связь ковалентная, а между сетками – металлическая);
- BeO, ZnS, CuCl – (есть ионная и атомная связь).



Кристаллическая решетка сфалерита (ZnS)

Классификация кристаллических форм основана на симметрии кристаллов. Выделяют **сингонии**:

1. **Кубическая** – куб, октаэдр, додекаэдр (железо, медь, алмаз, хлорид натрия);

2. **Гексагональная** – шестигранная призма, пирамида и бипирамида (магний, цинк, лёд, кварц);

3. **Тетрагональная** – четырёхгранная пирамида, призма;

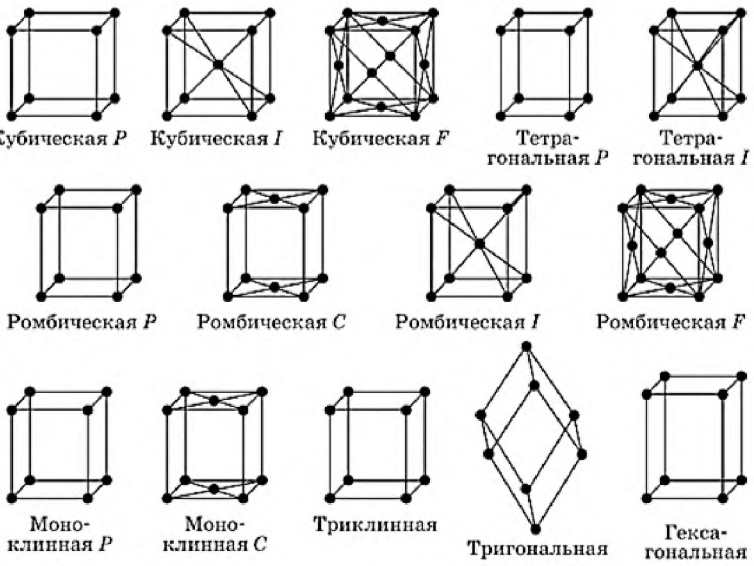
4. **Тригональная** – призма, пирамида, бипирамида;

5. **Ромбическая** – прямоугольные параллелепипеды;

6. **Моноклинная** – ячейка имеет два прямых угла и один непрямой угол между векторами;

7. **Триклинная** – все углы между векторами не являются прямыми.

Эти простые формы могут комбинироваться, например, куб (гексаэдр) со срезанными вершинами и рёбрами.



Виды симметрии кристаллов

В реальных кристаллах имеются **точечные дефекты** структуры решётки. Это связано с тем, что отдельные частицы могут быть более активны, чем другие, и способны выйти из узла. Такие

частицы называют **дислоцированными**, а пустое место узла – **вакансией**. Вакансию может занять другая дислоцированная частица, тогда её прежний узел станет вакантным. То есть, вакансии способны «перемещаться» по кристаллу. Это свойство особенно проявляется у полупроводников.

Линейные дефекты кристаллов называют **дислокациями**. Они появляются при росте кристаллов или при местных воздействиях (механических, тепловых). У металлов подвижность дислокаций особенно велика. От плотности дислокаций и их подвижности зависят механические свойства металлов и их сплавов.

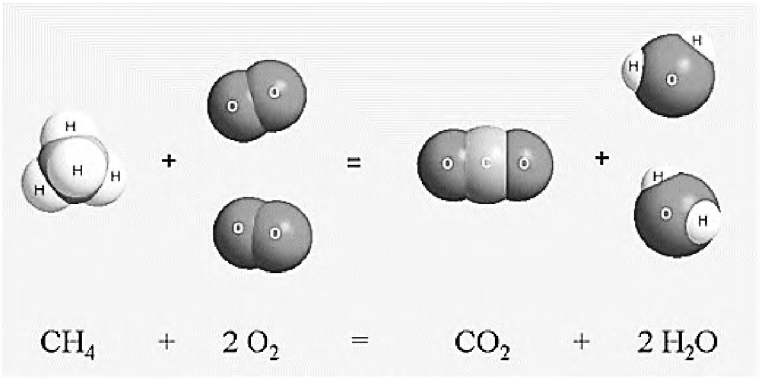
Контрольные вопросы

1. Какое межмолекулярное взаимодействие является наиболее сильным?
2. За счёт чего могут поляризоваться молекулы с неполярной ковалентной связью?
3. Какие состояния вещества называют конденсированными?
4. Чем отличаются аморфные и кристаллические тела?
5. Как различаются свойства веществ с молекулярной, атомной, ионной и металлической решётками?
6. На чём основана классификация кристаллических форм?
7. Что такое точечные и линейные дефекты кристаллов?

Тема 4. Энергетика химических процессов

4.1. Превращения энергии при химических реакциях

Любая химическая реакция – это разрыв или образование химических связей. Образование химических связей энергетически выгодно атомам. Излишек энергии при этом выделяется в виде фотонов инфракрасного или видимого излучения, температура системы повышается. Для разрыва связи, наоборот, необходимо затратить энергию, температура понижается. Обычно при химической реакции происходит сначала разрыв связей, затем образование новых связей. Например, при реакции горения сначала необходимо затратить энергию (зажигание), затем выделяется большое количество энергии.



Реакция горения метана

В зависимости от соотношения поглощённой энергии ($E_п$) и выделившейся энергии ($E_в$) различают реакции:

- **экзотермические**: $(E_п)<(E_в)$;
- **эндотермические**: $(E_п)>(E_в)$.

Тепловой эффект реакции ($E_в$-$E_п$) измеряют в кДж на 1 моль реагента, например:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 572\ кДж \quad (\text{на 1 моль } O_2)$$
$$H_2 + 0{,}5O_2 = H_2O + 286\ кДж \quad (\text{на 1 моль } H_2)$$

Необходимо учитывать, что за счёт конденсации образующегося газа H_2O может выделяться дополнительная энергия, но она не входит в тепловой эффект реакции.

Если нужно рассчитать затраты энергии на получение продукта реакции, тепловой эффект рассчитывают на 1 моль продукта.

Теплота сгорания топлива – частный случай теплового эффекта. Для чистого вещества рассчитывается на 1 моль топлива. Но поскольку топливо обычно имеет сложный состав, нецелесообразно рассчитывать тепловой эффект для различных соединений. Поэтому теплоту сгорания обычно рассчитывают на 1 кг или 1 т топлива.

Уравнения химических реакций, в которых записан тепловой эффект, называют **термохимическими**. Если не происходит перехода продуктов реакций в другие агрегатные состояния, эти уравнения можно складывать и вычитать.

Например:

Из

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O + 890\ кДж$$

вычесть

$$C + O_2 = CO_2 + 394\ кДж$$

и

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 572\ кДж$$

в результате

$$CH_4 - C - 2H_2 = -\ 76\ кДж$$

или

$$CH_4 + 76\ кДж = C + 2H_2$$

равным образом

$$C + 2H_2 = CH_4 + 76\ кДж$$

Таким способом можно определить тепловой эффект реакции синтеза метана, которую трудно осуществить в эксперименте лабораторных условиях.

4.2. Законы термохимии. Энтальпия. Энтропия

1. **Закон Лавуазье-Лапласа.** «**Тепловые эффекты прямой и обратной реакции равны, но имеют противоположные знаки**».

То есть, сколько энергии выделяется при одной реакции, столько же поглощается при другой.

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 572\ кДж$$
$$2H_2O = 2H_2 + O_2 - 572\ кДж$$

2. **Закон Гесса** (основной закон термохимии, следствие 1 закона термодинамики). В настоящее время формулируется как: **«Тепловой эффект химической реакции, проводимой в изобарно-изотермических или изохорно-изотермических условиях, зависит только от вида и состояния исходных веществ и продуктов реакции и не зависит от пути её протекания».** Упрощённая формулировка: «**Тепловой эффект не зависит от способа получения вещества».**

Теоретически тепловой эффект зависит только от энергии разрыва и создания связей. Но в производственной практике необходимо учитывать особенности технологического процесса. Сами реакции химического превращения подчиняются законам термохимии. Но затраты энергии на работу оборудования, его нагрев, рассеивание тепла и другие потери могут очень сильно различаться.

Теплота образования вещества (ТОВ) — это тепловой эффект реакции образования какого-либо вещества из его элементов.

$$C + O_2 = CO_2$$
$$Si + O_2 = SiO_2$$
$$2Na + Cl_2 = 2NaCl$$

Она рассчитывается на 1 моль соединения.

Стандартная теплота образования вещества (при давлении 1 атм и температуре 25°С) называется **теплосодержанием** или **энтальпией**. Энтальпия обозначается как H.

3. Следствие закона Гесса: «**Тепловой эффект любой реакции, даже неосуществимой, это разность между суммой ТОВ всех продуктов этой реакции и суммой ТОВ всех реагентов».**

4. **Первый закон термодинамики** (существует несколько формулировок этого закона): **«Энергия, сообщаемая системе, расходуется на изменение внутреннего состояния системы и на совершение работы этой системой».**

Процессы, для которых не нужен посторонний источник энергии, называются **самопроизвольными**.

Система стремится:

1. Перейти в состояние с наименьшей энергией. Излишняя «сэкономленная» энергия выделяется в виде тепла. Происходит экзотермическая реакция. При этом H уменьшается.

2. Перейти в наиболее вероятное состояние. Наиболее вероятным будет состояние с наибольшим числом степеней свободы. Число степеней свободы определяется количеством возможных состояний системы.

В качестве меры числа возможных состояний удобно использовать **энтропию**. Её определяют также как функцию состояния системы, отражающую меру необратимого рассеивания энергии и обозначают как **S**.

$$S = k \times ln\, W$$

где W – число состояний, а $k = 1{,}38 \times 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана. (1 Дж/К равно теплоёмкости системы, температура которой при подведении теплоты 1 Дж повышается на 1 градус Кельвина).

Соотношение этих стремлений системы измеряется **энергией Гиббса (*G*)**.

$$G = H - T\Delta S$$

Если G реакции меньше 0, самопроизвольно протекает прямая реакция, если больше – обратная.

5. **Второй закон термодинамики**. Самопроизвольная реакция, без изменения энергии в системе, идёт только в направлении увеличения энтропии.

Считают, что в целом в природе энтропия постепенно возрастает. Но в живых системах происходят самопроизвольные процессы связанные с уменьшением энтропии. Их называют **негэнтропийными**. Эти системы не нарушают законов термодинамики, так как уменьшение энтропии в живой системе происходит за счёт возрастания энтропии в окружающей среде. Любое упорядочивание, например, кристаллизация, тоже уменьшает энтропию.

Контрольные вопросы

1. При каком процессе разрыва или образования связей выделяется энергия?
2. Почему теплоту сгорания топлива рассчитывают на 1 кг или 1 тонну, а не на 1 моль?
3. При каком условии можно складывать и вычитать термохимические уравнения?
4. Как соотносятся тепловые эффекты прямой и обратной реакции?
5. Как определить тепловой эффект неосуществимой реакции?
6. Что такое негэнтропийные системы?

Тема 5. Химическая кинетика и равновесие

5.1. Скорость химической реакции

Все химические системы делят на два типа:

1. **Гомогенные системы** состоят из компонентов, находящихся в одинаковых фазовых состояниях – смеси газов, жидкостей или растворов. В таких системах компоненты равномерно перемешаны, поэтому химические реакции происходят во всём объёме системы.

2. **Гетерогенные системы** включают компоненты, находящиеся в разных фазовых состояниях: вода со льдом, раствор с осадком, твёрдое или жидкое вещество в газовой среде и другие. Реакции могут идти только на поверхности раздела фаз.

Скорость реакции в гомогенной системе измеряется количеством вещества, вступающего в реакцию или образующегося в реакции за единицу времени в единице **объёма V**:

$$\boldsymbol{v}_{\text{гомог}} = \frac{\Delta \boldsymbol{n}}{\boldsymbol{V} \times \Delta \boldsymbol{t}}$$

где $\boldsymbol{v}_{\text{гомог}}$ – скорость реакции; $\Delta \boldsymbol{n}$ – число молей вещества, образовавшегося или вступившего в реакцию; $\boldsymbol{V}$ – объём; $\Delta \boldsymbol{t}$ – время. Так как отношение количества вещества в молях к его объёму является молярной концентрацией **ΔC**, скорость гомогенной реакции можно выразить, как изменение молярной концентрации вещества за единицу времени.

$$\boldsymbol{v}_{\text{гомо}} = \frac{\Delta \text{C}}{\Delta \boldsymbol{t}}$$

Скорость реакции в гетерогенной системе - измеряется количеством вещества, вступающего в реакцию или образующегося в реакции за единицу времени на единице **площади поверхности** раздела фаз **S**:

$$\boldsymbol{v}_{\text{гетеро}} = \frac{\Delta \boldsymbol{n}}{\boldsymbol{S} \times \Delta \boldsymbol{t}}$$

Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

В гомогенных системах скорость реакции зависит от вероятности столкновения молекул или ионов реагирующих веществ. Поскольку вероятность столкновения зависит от количества молекул или ионов в единице объёма, то есть от молярной концентрации, то

$$\boldsymbol{v}_{\text{гомо}} = \boldsymbol{C_A} \times \boldsymbol{C_B} \times \boldsymbol{k}$$

где $\mathbf{C_A}$ и $\mathbf{C_B}$ – концентрации веществ A и B, а **k** – константа скорости для данной реакции.

Константа скорости не зависит от концентрации, но может зависеть от температуры, катализатора и других условий. Если в реакцию вступает более двух веществ, расчёт значительно усложняется. Если в системе последовательно происходит несколько реакций (A+B=AB; AB+C=ABC и так далее), то скорость ограничивается самой медленной реакцией. Она называется **лимитирующей**.

В гетерогенных системах скорость реакции зависит от концентрации вещества, находящегося в более подвижной фазе (газовой или жидкой). Для менее подвижной фазы (соответственно, жидкой или твёрдой) указывается своя константа. Так, реакция горения углерода зависит от концентрации кислорода в воздухе и констант скорости для кислорода и для углерода.

$$\boldsymbol{v}_{\text{гетеро}} = \boldsymbol{C}_{\mathbf{O2}} \times \boldsymbol{k}_{\mathbf{O2}} \times \boldsymbol{k}_{\mathbf{C}}$$

Зависимость скорости реакции от температуры и природы реагирующих веществ. Для того, чтобы реакция между молекулами произошла, они должны обладать достаточной энергией. Необходимую для реакции энергию называют **энергией активации**, а обладающие ей молекулы – **активными молекулами**. Повышение температуры системы сообщает молекулам дополнительную энергию, количество активных молекул при нагревании увеличивается.

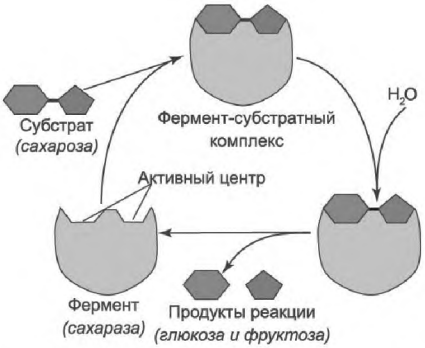
Зависимость скорости реакции от температуры характеризуется **температурным коэффициентом скорости реакции**. Обычно используют коэффициент, показывающий, во сколько раз увеличивается скорость реакции при нагревании системы на 10°C. Для большинства систем он варьирует в пределах 2-4 раза.

Энергия активации зависит от природы реагирующих веществ. Чем прочнее связь в исходных молекулах, тем больше энергии требуется для её разрыва. Ионы в растворе реагируют практически мгновенно, потому что они связаны с гидратной шубой относительно слабой электростатической связью. А реакция синтеза аммиака из N_2 и H_2 при нормальных условиях не происходит, так как энергия связи в молекуле азота очень велика и составляет 945 кДж/моль. Поэтому реакции с участием азота проводят при высоких температурах и высоком давлении.

Зависимость скорости реакции от катализатора. Катализатор включается в промежуточные реакции, более энергетически доступные. При этом ускоряются и прямая, и обратная реакции. Сам катализатор в конечный продукт не включается, поэтому не расходуется. Небольшое количество катализатора может обеспечить превращение большого количества реагирующих веществ.

Различают гомогенный и гетерогенный катализ. При гетерогенном катализе используют пористых катализатор или наносят его тонким слоем на поверхность пористого вещества – носителя.

Практически все биохимические реакции в живых организмах происходят только при активации биологическими катализаторами – **ферментами.** Ферменты обычно состоят из белковой молекулы и активного центра – атома металла с переменной валентностью. Принимая и передавая электроны металл обеспечивает переход реакции через промежуточные стадии. Чаще всего промежуточной стадией является **фермент-субстратный комплекс.** Активным центром фермента может быть и группа аминокислот.



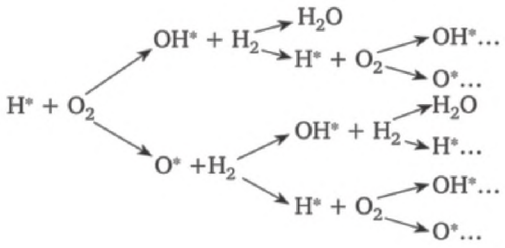
Расщепление молекулы сахарозы с помощью фермента

Синтез аммиака из атмосферного азота в стандартных условиях технологически невозможен, но в природе осуществляется с помощью **нитрогеназы** – комплекса ферментов азотфиксирующих бактерий.

Скорость реакции в гетерогенных системах зависит также от **скорости подведения** к зоне реакции реагента в более подвижной фазе и **скорости отведения** продуктов реакции. Продукты реакции могут создать на поверхности раздела фаз пассивирующую

плёнку. Например, взаимодействие алюминия с кислородом воздуха создаёт на его поверхности прочную, химически неактивную плёнку оксида алюминия.

В **цепных реакциях** постоянно образуются и передаются по цепи активные центры, которые активируют последующую реакцию до тех пор, пока этот активный центр не будет заблокирован или не снизится концентрация реагентов. Примером цепной реакции является взрыв смеси водорода и кислорода.



Цепная реакция окисления водорода

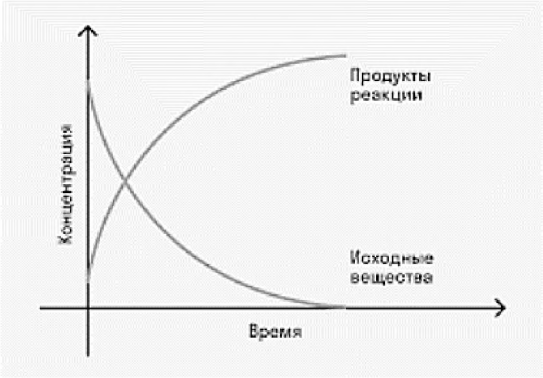
5.2. Химическое равновесие в гомогенных системах

Все химические реакции можно разделить на обратимые и необратимые.

Необратимые реакции происходят только в одном направлении до полного израсходования одного или обоих реагирующих веществ. Например, реакция металлического цинка с азотной кислотой необратима. Невозможно получить металлический цинк из его нитрата.

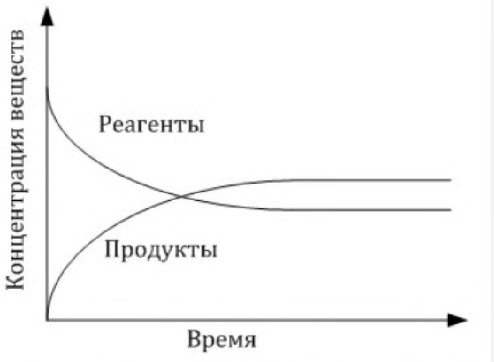
Реакции могут быть необратимыми по двум причинам:

1. Один из продуктов реакции уходит из зоны реакции, например, в виде газа или нерастворимого осадка
2. В реакции образуется очень прочная связь между компонентами продукта, и эту связь невозможно разорвать в тех же условиях, при которых происходит прямая реакция. Например, коррозия железа в присутствии кислорода и воды происходит самопроизвольно при обычной температуре и атмосферном давлении. А для обратной реакции – получения металлического железа из его гидроокиси – необходимо присутствие восстановителей (C, CO) и высокая температура. Температура в активной зоне доменной печи (верхняя часть горна) может достигать 2250 °C.



Изменение концентрации исходных реагирующих веществ и продуктов реакции при необратимых реакциях.

Обратимые реакции могут протекать одновременно в двух направлениях (прямая и обратная реакции) в одних и тех же условиях. При смешивании реагирующих веществ скорость прямой реакции обычно наиболее высока. По мере расходования реагентов их концентрация уменьшается и скорость реакции падает. Концентрация продуктов реакции, напротив, со временем возрастает, возрастает и скорость обратной реакции. (Необходимо учитывать, что при экзотермической реакции происходит разогрев системы, а изменение температуры также может влиять на скорость реакции).

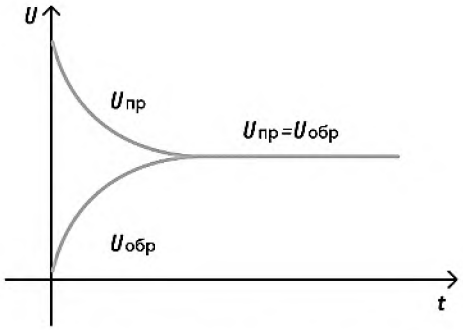


Изменение концентрации исходных реагирующих веществ и продуктов реакции при обратимых реакциях.

Через какое-то время скорости прямой и обратной реакции выравниваются, наступает **химическое равновесие**:

$$C_A \times C_B \times \boldsymbol{k}_{пр} = C_{\boldsymbol{AB}} \times \boldsymbol{k}_{обр}$$

где $\boldsymbol{k}_{пр}$ и $\boldsymbol{k}_{обр}$ – константы скорости прямой и обратной реакции. Отношение этих констант $\boldsymbol{k}_{пр}/\boldsymbol{k}_{обр} = \boldsymbol{K}$ называют **константой равновесия** данной системы реакций. Величина $\boldsymbol{K}$ зависит от особенностей веществ и внешних условий (температуры, давления), но не зависит от наличия катализатора. Катализ ускоряет и прямую, и обратную реакции.



Изменение скоростей прямой и обратной реакции и достижение химического равновесия

Концентрации исходных реагирующих веществ и продуктов реакции, при которых устанавливается химическое равновесие, называют **равновесными концентрациями**.

Условия смещения химического равновесия.

1. **Изменение концентрации одного из компонентов.** При добавлении одного из компонентов системы равновесие нарушается, но затем устанавливается снова при том же отношении концентраций. При увеличении концентрации одного из веществ равновесие смещается в сторону его расходования. При уменьшении концентрации – в сторону его образования.

2. **Изменение давления** в газовой системе. При увеличении давления равновесие смещается в сторону реакции, при которой образуется меньшее число молекул. При уменьшении давления – в сторону реакции с большим числом молекул.

Увеличение давления:

$2NO+O_2$ (три молекулы) $\rightarrow$ $2NO_2$ (две молекулы)

Уменьшение давления:

$2NO+O_2$ (три молекулы) $\leftarrow$ $2NO_2$ (две молекулы)

3. **Изменение температуры.** При повышении температуры ускоряется эндотермическая реакция. При понижении температуры – экзотермическая.

Принцип **Ле Шателье**: «**Если оказать какое-либо воздействие на систему, находящуюся в равновесии, то равновесие сместится в том направлении, в котором это воздействие уменьшается**».

5.3. Химическое равновесие в гетерогенных системах

Дисперсные системы.

Гетерогенные системы достаточно активно поддерживают химические реакции, если площадь поверхности раздела фаз велика. Поэтому для ускорения химических процессов увеличивают удельную поверхность менее подвижного компонента системы, то есть измельчают – **диспергируют**. В результате получается **дисперсная система**.

В дисперсной системе часто более подвижный компонент (газ, жидкость) пропитывает и обволакивает измельчённые частицы или капли менее подвижного. Его называют **непрерывной фазой** или **дисперсионной средой**. Измельчённые частицы или капли называют **дисперсной фазой**. В некоторых системах дисперсионной средой является менее подвижный компонент, или оба компонента одинаково подвижны.

Различают несколько видов дисперсных систем:

Аэрозоли – дисперсионная среда находится в газовой фазе, а дисперсная фаза может быть жидкой (туманы) или твёрдой (**аэрозоли дезинтеграции** – пыли, **аэрозоли конденсации** – дымы).

Суспензии или пасты – жидкая дисперсионная среда, твёрдая дисперсная фаза. Если частицы дисперсной фазы настолько мелки, что суспензия ведёт себя как раствор, их называют **коллоидными частицами**, а систему – **коллоидным раствором**.

Эмульсии – дисперсионная среда и дисперсная фаза представляют собой несмешивающиеся жидкости. Эмульсией является, например, молоко.

Сплавы – дисперсионная среда и дисперсная фаза твёрдые. Помимо металлических сплавов существуют металлокерамические (керметы и ситаллы), цветные стёкла, минералы и горные породы.

Пены – дисперсионная среда жидкая, дисперсная фаза газовая.

Твёрдые пены – дисперсионная среда твёрдая, дисперсная фаза газовая. К твёрдым пенам относятся поролон, пенопласт, газобетон, газостекло, пемза, титановая губка.

Процессы в гетерогенных системах.

Для всех гетерогенных систем, в том числе для дисперсных, важнейшее значение имеют свойства границы раздела фаз – **межфазной поверхности** – и процессы, которые протекают на этой границе. Чем больше различаются свойства дисперсионной среды и дисперсной фазы, тем больше **поверхностная энергия**, а для жидкостей – **поверхностное натяжение**.

Самопроизвольные процессы в гетерогенных системах протекают в направлении уменьшения поверхностной энергии. Если свойства поверхностей компонентов не изменяются, например, не образуется пассивирующая плёнка, то самопроизвольные процессы ведут к уменьшению площади поверхности раздела фаз, то есть к укрупнению частиц или капель. Особенно быстро укрупнение происходит, если компоненты жидкие. Например, в тумане происходит конденсация, и образуются капли росы или дождя, кристаллы инея или снега. В молоке происходит расслоение на сливки и обрат. Для ускорения этого процесса применяют сепараторы.

Поэтому дисперсные системы **термодинамически неустойчивы**.

Кроме укрупнения капель на межфазной поверхности происходят и другие процессы.

5.4. Химические процессы в гетерогенных системах

На поверхности раздела фаз происходят химические и физико-химические реакции:

1. Сорбция – концентрирование и связывание вещества на границе раздела фаз. Вещества с ковалентной неполярной связью плохо взаимодействуют с водой и водными растворами. Они плохо

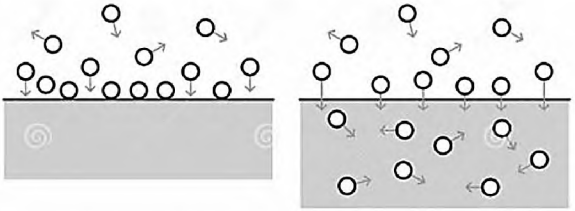
растворяются, единичные молекулы «растворённого» вещества выталкиваются из воды на границу воды с воздухом или с материалом ёмкости, в которую налит раствор. Такие вещества называют **гидрофобными**. Если добавить в систему частицы вещества тоже с ковалентной неполярной связью, например, порошок угля, то гидрофобные молекулы будут выталкиваться к поверхности угольных частиц. Вещества, на поверхности которых происходит эффективная сорбция (активированный уголь, диоксид кремния) называют **сорбентами**.

Вещества с полярной связью, хорошо взаимодействуют с водой и называются **гидрофильными**. Они вытесняются из гидрофобных сред (жидких углеводородов, воздуха). Так пары воды из воздуха хорошо сорбируются на поверхности, которые называют **смачиваемыми** (на их поверхности капля воды растекается). На несмачиваемые поверхности (капля воды собирается в шарик) пары воды не сорбируются.

Различают несколько видов сорбции:

- **адсорбция** – сорбция на твёрдой поверхности из раствора или газовой смеси.

- **абсорбция** – поглощение газов жидкостью.



Адсорбция молекул газа на поверхности твёрдого тела и абсорбция молекул газа жидкостью

- **хемосорбция** – поглощение вещества с образованием химических соединений. Например, коррозия металлов – поглощение воды и кислорода с образованием оксидов и гидроксидов металла.

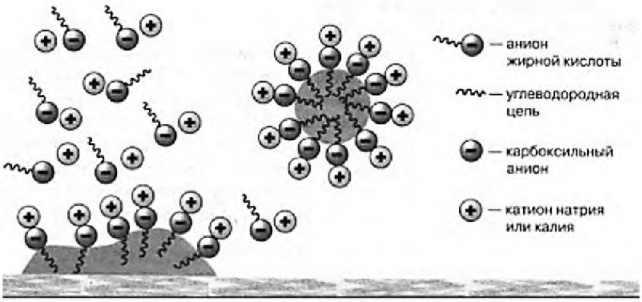
- **капиллярная конденсация** – под действием сил поверхностного натяжения жидкость растекается по смачиваемой ею поверхности, проникая в самые мелкие поры – капилляры.

2. Поверхностная активность. Некоторые вещества имеют сложную молекулу, состоящую из гидрофобной и гидрофильной

частей. Они располагаются на границе раздела фаз особым образом – гидрофильная часть направлена к гидрофильной фазе, а гидрофобная – к гидрофобной. Например, молекула мыла состоит из длинного гидрофобного «хвоста» жирной кислоты и гидрофильной «головки» из карбоксильной группы и катиона натрия или калия. Хвост сорбируется гидрофобным жировым пятном, а гидрофильная головка - водой. Получается водорастворимая **мицелла**, которая удаляется при стирке или мытье рук и тела.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) образуют на межфазной поверхности мономолекулярный слой, за счёт которого поверхностная энергия значительно уменьшается. В этот слой могут сорбироваться другие компоненты. За счет снижения поверхностного натяжения вода может растекаться очень тонким слоем. При смешивании мыльного раствора с воздухом образуется пена, у которой очень большая удельная поверхность. За счет мономолекулярного слоя мыла на поверхности пузырьков, моющие свойства многократно увеличиваются.

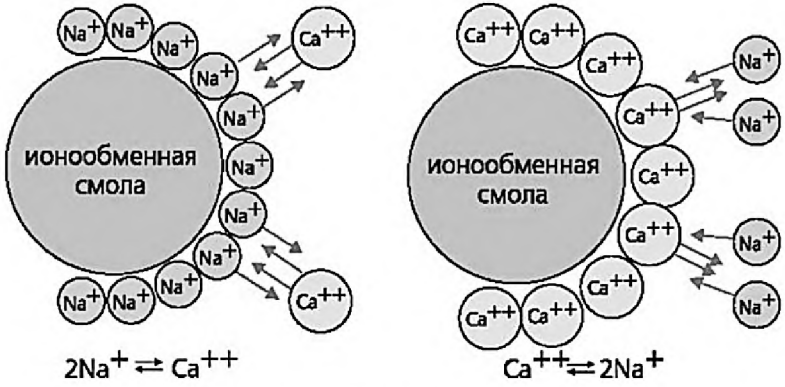
Поверхностно-активные вещества применяют для производства эмульсий, для облегчения обработки металлов (вещество проникает в самые мелкие поры металла и снижает его прочность). В сельском хозяйстве ПАВ добавляют в средства защиты растений для улучшения смачиваемости листьев.



Механизм действия мыла

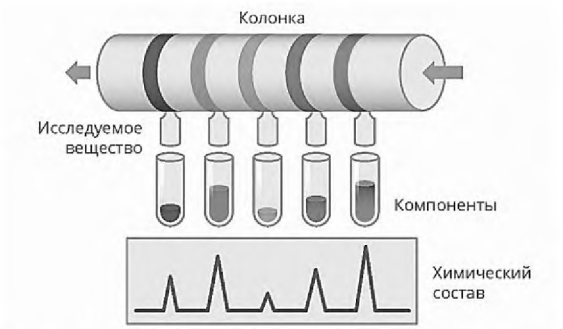
3. Ионообменная абсорбция. Нерастворимые вещества, имеющие на поверхности большое количество одинаково заряженных функциональных групп (**ионогенных групп**) притягивают ионы с противоположным зарядом. Наиболее часто используют полимеры – ионообменные смолы. Их делят на **катиониты** и **аниониты**. Катиониты притягивают катионы, аниониты – анионы.

Ионообменные смолы применяют, например, для извлечения особо ценных или токсичных металлов из низкоконцентрированных растворов. Предварительно катионит выдерживается в растворе кислоты, где его функциональные группы насыщаются ионами H^+. Затем в специальных колонках через слой катионита пропускают раствор, содержащий катионы, которые необходимо извлечь. В ионогенных группах происходит обмен этих катионов на H^+. Ионообменная смола насыщается необходимыми катионами. Затем её промывают кислотой и тогда происходит обратный обмен – катионы переходят в кислый раствор, где их концентрация значительно выше, чем в исходном растворе. Таким способом можно очистить загрязненную воду или извлечь ценные металлы для дальнейшего обогащения. С помощью катионитов, например, извлекают плутоний для радиохимического анализа, очищают сточные воды от кадмия и ртути. Кроме кислоты для предварительного насыщения смолы катионами можно также использовать раствор соли.



Обмен катионами на поверхности ионообменной смолы

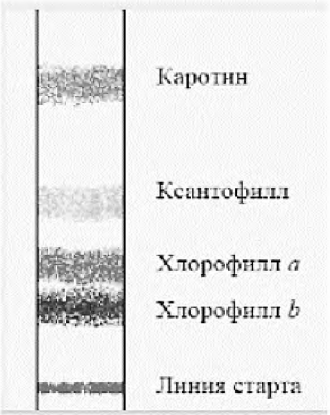
4. **Хроматография**. Сорбция растворённых веществ происходит с разной скоростью. Если нанести на поверхность пористого адсорбента каплю смеси растворов нескольких веществ, а затем промывать адсорбент растворителем, то растворенные вещества будут перемещаться в толще адсорбента с разной скоростью и через некоторое время капля разделится на отдельные пятна, в которых будут содержаться чистые вещества, которые ранее входили в состав смеси.



Разделение веществ из смеси в хроматографической колонке

Метод хроматографии изобрёл Михаил Семёнович Цвет. Первый доклад об этом методе он сделал в 1901 г. в Санкт-Петербурге. М.С. Цвет наливал в стеклянную трубку, заполненную мелом, экстракт из зеленых листьев, а затем постепенно добавлял бензол. Пигменты зеленого листа, перемещаясь по трубке, образовали несколько слоёв. После этого столбик мела извлекали из трубки и ножом разделяли эти слои.

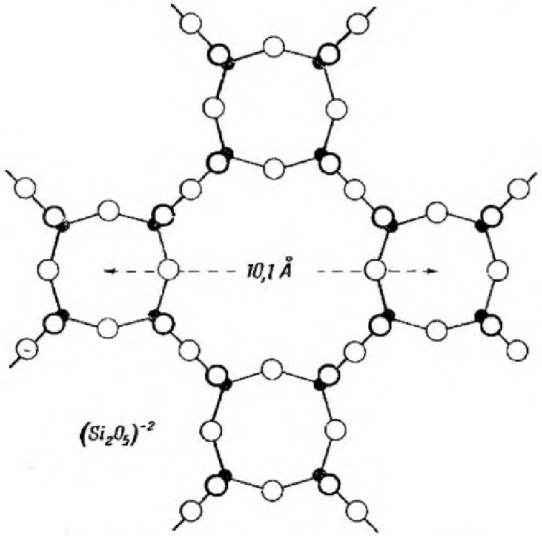
В настоящее время применяют различные методы разделения веществ из смеси на основе принципа хроматографии. В качестве адсорбента используют бумагу, тонкие плёнки силикагеля на алюминиевой или полимерной подложке. Разработаны методы газовой хроматографии.



Разделение пигментов зелёного листа из смеси, нанесённой на линию старта

5. Электрокинетические явления. На поверхности твёрдых частиц, взвешенных в жидкости, могут находится ионогенные группы. Например, минеральные частицы почвы – это кремнекислородные радикалы или их производные. То есть, это частицы твёрдой кремниевой или алюмокремниевой кислоты, на поверхности которых, находятся отрицательно заряженные периферические атомы кислорода. Их называют **слой потенциалопределяющих ионов**.

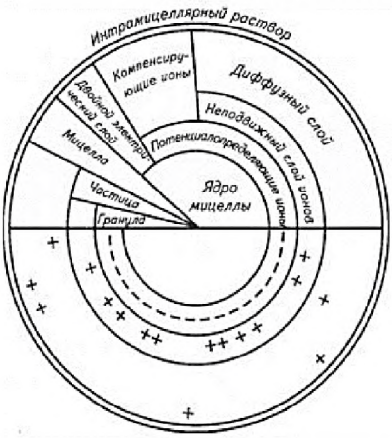
К отрицательно заряженным поверхностным атомам кислорода очень прочно прикрепляются катионы – **компенсирующие ионы**. Но они не могут полностью компенсировать отрицательный заряд всей частицы. Поэтому кроме **неподвижного слоя компенсирующих ионов** формируется **диффузный слой компенсирующих ионов**. Катионы в этом слое относительно свободны и могут обмениваться с катионами раствора. Заряженная частица, окружённая компенсирующими ионами, называется **мицеллой**.



Кремнекислородный радикал

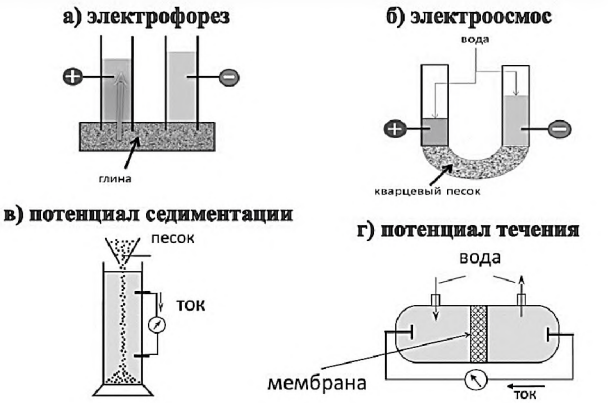
Кроме минеральных частиц в почве находятся высокомолекулярные органические кислоты (фульвокислоты, гуминовые кислоты). Они так же, как и кремнекислородные радикалы, несут на поверхности отрицательно заряженные потенциалопределяющие ионогенные группы и притягивают компенсирующие катионы.

Схема строения коллоидной мицеллы
(по Н. И. Горбунову)



Ядро - твердая частица, состоящая из сгустка молекул вещества. На поверхности -*двойной электрический слой ионов*, внутренний – *потенциалопределяющий слой неподвижных ионов*, прочно связанных с ядром, и внешний – *компенсирующий слой ионов* противоположного знака заряда. **Ядро с потенциалопределяющим** слоем ионов **гранула,** гранула и слой компенсирующих ионов - **частица.** Часть ионов компенсирующего слоя неподвижна, т. к. прочно связана с внутренним слоем ионов – **неподвижный слой ионов**, часть подвижна и образует внешний или **диффузный слой** с ионами способными к обменным реакциям.

Комплекс кремнекислородных радикалов, гуминовых кислот и нерастворимого гумина называют **глиногумусовым комплексом** или **почвенным поглощающим комплексом (ППК)** потому, что на его поверхности в диффузном слое постоянно происходят процессы поглощения и высвобождения катионов.



Электрокинетические явления

Поскольку частицы дисперсной фазы электрически заряжены, они перемещаются под действием электрического поля. Такое перемещение называют:

- **электрофорез** – перемещение частиц коллоидов или молекул белков (тоже имеющих много ионогенных групп) в жидкой или газовой среде под действием постоянного электрического тока;

- **электроосмос** - движение жидкости через капилляры или пористые диафрагмы (осмос) под влиянием электрического поля;

- **потенциал седиментации** – разность потенциалов между верхним и нижним слоями в жидкости с оседающими заряженными частицами;

- **разность потенциалов** при перемещении дисперсионной среды через капилляры или пористую перегородку.

Контрольные вопросы

1. Как измеряется скорость химической реакции в гомогенных и гетерогенных системах?

2. От чего зависит скорость реакции в гомогенных системах?

3. Почему синтез аммиака из газообразного азота в стандартных условиях в лаборатории и на производстве невозможен, но легко осуществляется в природе?

4. По каким причинам химические реакции могут быть необратимыми?

5. Что такое константа равновесия системы реакций?

6. Какие изменения условий приводят к смещению химического равновесия?

7. Из каких компонентов состоят дисперсные системы?

8. Что такое сорбция и за счёт каких механизмов она происходит?

9. Какие вещества называют поверхностно-активными?

10. На основе каких процессов работает метод хроматографии?

11. Из чего состоит коллоидная мицелла?

Тема 6. Растворы

6.1. Процесс растворения

Растворение – это равномерное распределение двух или более компонентов в системе, переход системы из гетерогенного состояния в гомогенное.

Раствором называют жидкую гомогенную систему, состоящую из нескольких веществ. После растворения система может перейти из жидкой фазы в твёрдую фазу, если её температура плавления высока и растворение происходило в расплавленном состоянии.

Растворителем называют вещество, в процессе растворения находящееся в жидком состоянии. Если все компоненты системы до начала растворения находились в одинаковых агрегатных состояниях, то растворителем считают то вещество, количество которого было наибольшим. Например, сталь – это раствор углерода и легирующих компонентов в металлическом железе. Она может находится как в жидком (расплавленном) состоянии, так и в твёрдом.

Растворение веществ, находящихся в твёрдой фазе, происходит за счёт двух процессов:

1. Колебание молекул, атомов или ионов в кристалле. Движение частиц увеличивает расстояние между ними и ослабляет связи между узлами кристаллической решётки. Подвижную частицу легче отделить от кристалла. Поэтому при повышении температуры скорость растворения многих веществ увеличивается.

2. Взаимодействия компонентов кристаллической решётки с молекулами растворителя. Особенно хорошо растворяются в воде вещества с ионной кристаллической решёткой. Диполи воды ориентируются у поверхности кристалла в соответствии с зарядами ионов и активно притягивают или наоборот «расталкивают» ионы.

Молекулы с неполярными связями слабо взаимодействуют друг с другом, но это не мешает им легко перемещаться относительно друг друга при механическом перемешивании, или за счет теплового движения, или за счёт конвекции.

Растворение жидкостей друг в друге происходит в процессе смешивания. Жидкости с одинаковой ковалентной связью (полярной или неполярной) хорошо смешиваются друг с другом с образованием гомогенной системы – истинного раствора. Если соединить жидкости с разной ковалентной связью, например, воду и бензин, смешивания и растворения не произойдёт. полярные молекулы

воды притягиваются друг к другу разноимённо заряженными полюсами. Неполярные молекулы углеводородов бензина вытесняются из образующихся кластеров. Если интенсивно перемешать смесь, так, что водородные связи между диполями воды разорвутся, система останется гетерогенной, но её дисперсность повысится. Образуется гетерогенная эмульсия.

Растворение – обратимая реакция. Одновременно с растворением происходит кристаллизация. Если количество растворителя невелико, то на определённом этапе скорости растворения и кристаллизации уравниваются и наступает динамическое равновесие. Раствор, находящийся в состоянии равновесия, называют **насыщенным**. При охлаждении насыщенного раствора скорость кристаллизации обычно превышает скорость растворения. Но если в растворе нет центров кристаллизации, он может некоторое время оставаться **пересыщенным**. Кристаллизация может начаться при внесении кристаллов или даже при механическом воздействии. На этом механизме – быстрой кристаллизации с выделением тепла при механическом воздействии – основано действие **химической грелки**.

Способность вещества растворяться измеряют содержанием вещества в насыщенном растворе и называют **растворимостью.** Растворимость обычно выражают в граммах вещества на 100 граммов растворителя. У хорошо растворимых в воде веществ растворимость более 10 г, у малорастворимых – менее 1 г, у практически нерастворимых – менее 0,01 г на 100 г воды.

Растворимость твёрдых веществ и жидкостей не зависит от давления, так как объём системы практически не меняется.

Растворимость газов в жидкости подчиняется **закону Генри:**

$$C = k \cdot p$$

где C – массовая концентрация растворённого газа, k – константа Генри, p – парциальное давление газа.

Объёмная концентрация растворённого газа не зависит от давления, так как при изменении давления пропорционально изменяется и объём.

Поскольку разрушение кристаллов требует энергии, реакция растворения эндотермическая. Поэтому при нагревании большинства смесей скорость растворения увеличивается. При растворении жидкостей друг в друге до определённой температуры скорость реакции ограничена. При достижении **критической температуры растворения** жидкости растворяются неограниченно.

Некоторые вещества растворяются с выделением теплоты. Это происходит за счет образования новых соединений – **гидратов** (при растворении в воде) или **сольватов** (при растворении в других растворителях). Гидраты могут быть настолько прочными, что вода кристаллизуется вместе с растворённым веществом, образуются **кристаллогидраты**.



Кристаллогидраты

Например, кристаллы медного купороса имеют состав $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. При нагревании кристаллогидраты обычно разрушаются, вода испаряется.

6.2 Определение концентрации растворов

Концентрация раствора является одной из важнейших его характеристик. Она чаще всего обозначается буквой **С** с индексом, показывающим способ выражения концентрации. В зависимости от задачи исследования или производственного процесса концентрацию растворов удобно выражать в различных соотношениях растворённого вещества и растворителя или раствора.

1. Массовая доля (ω). Такой способ выражения концентрации удобен для использования готового раствора в технологических процессах. Это отношение массы растворенного вещества к массе

раствора. Поскольку масса растворённого вещества всегда меньше массы раствора, массовую долю выражают в долях единицы.

2. **Процентная концентрация ($C_{\%}$).** Это массовая доля, выраженная в процентах (умноженная на 100%). Для лабораторных условий, когда используют небольшое количество реагентов, удобно рассчитывать процентную концентрацию, как количество граммов вещества на 100 г раствора.

3. **Моляльная концентрации (C_m)** удобна при приготовлении растворов. Это количество грамм-молекул (молей) вещества на 1 килограмм растворителя. Если в качестве растворителя используют дистиллированную воду, плотность которой составляет 1 г/мл, то можно рассчитывать количество молей вещества на 1 л воды.

4. **Молярная концентрация (C_M)** удобна как для приготовления, так и в лабораторных исследованиях для использования небольшого количества раствора точной концентрации. В **мерную колбу** наливают небольшое количество дистиллированной воды, добавляют необходимое количество вещества и аккуратно добавляют воду до необходимого объёма раствора. В результате получается раствор, который удобно отмерять мерной посудой, бюреткой и другими способами. Молярная концентрация – это количество молей вещества на 1 литр раствора.

5. **Нормальная концентрация (нормальность раствора) ($C_н$)**. В аналитической химии обычно используют раствор, в определенном объёме которого содержится известное количество грамм-эквивалентов вещества. Например, 1 грамм-эквивалент кислоты полностью нейтрализует 1 грамм-эквивалент щёлочи. То есть, 1 мл 1 нормального раствора кислоты нейтрализует 1 мл 1 нормального раствора щёлочи. Для определения неизвестной концентрации щелочи в растворе наливают в колбу определенное количество этого раствора (например, 10 мл), добавляют индикатор и по каплям вносят в колбу раствор кислоты известной нормальности (обычно 0,1 н) до полной нейтрализации (до изменения окраски индикатора). Кислоту добавляют с помощью бюретки – градуированной трубки с краником. По меткам на бюретке определяют объём кислоты, потраченный на нейтрализацию щёлочи. Зная объём щёлочи и объём кислоты, а также нормальность кислоты, легко рассчитать нормальную концентрацию щёлочи. Таким же способом можно

определить концентрацию кислоты или другого вещества, используя соответствующие индикаторы или измеряя параметры смеси с помощью иономера. Этот процесс называют **титрованием**, а метод анализа неизвестного раствора – **титриметрическим** методом.

6. **Титр раствора**. В некоторых случаях удобно выражать концентрацию в граммах вещества на 1 мл раствора.

7. **Равновесные концентрации** веществ в обратимых химических реакциях часто обозначают в виде формулы молекулы или иона, заключенной в квадратные скобки, и измеряют в моль/литр раствора.

Например, константа диссоциации воды:

$$K_д = \frac{[H^+]\cdot[OH^-]}{[H_2O]}$$

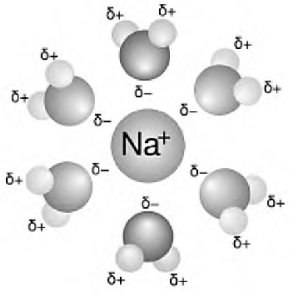
6.3. Растворы электролитов

Вещества с ионной связью – соли, кислоты, основания – при растворении в воде распадаются – **диссоциируют** – на положительно заряженные катионы (H^+, металлы, ион аммония и другие) и отрицательно заряженные анионы (OH^-, кислотные остатки). Заряженные ионы в растворе хорошо проводят электрический ток, поэтому их называют **электролитами**. При диссоциации молекулы общее количество частиц в растворе увеличивается: например, из одного моля соли получается не $6{,}02\cdot10^{23}$ частиц, а в несколько раз больше:

$$BaCl_2 = Ba^{2+} + 2Cl^-$$

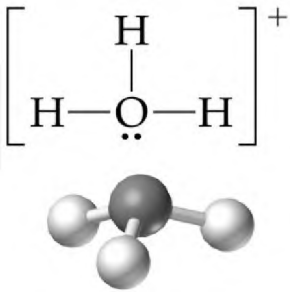
Из одной молекулы получилось три иона, то есть $18{,}06\cdot10^{23}$ частиц. Поэтому осмотическое давление растворов электролитов значительно выше, чем неэлектролитов.

Заряженные ионы хорошо взаимодействуют с полярными молекулами воды, образуя **гидратную оболочку** или **гидратную шубу**. Другие растворители могут сформировать вокруг иона **сольватную** оболочку.



Гидратная оболочка катиона

При диссоциации молекул кислоты ион H^+ кислоты соединяется с молекулой воды, при этом образуется **ион гидроксония**.



Ион гидроксония

Гидратная оболочка анионов формируется за счет водородных связей. Поэтому катионам свойственна более сильная гидратация, чем анионам.

Сильные электролиты.

Почти все соли, многие неорганические кислоты и основания диссоциируют практически полностью, их называют **сильными электролитами**. Сильные электролиты хорошо растворяются и почти все их молекулы диссоциируют. Поэтому концентрация ионов в растворе может быть очень высокой и расстояние между ними мало. В насыщенном растворе поваренной соли расстояние между ионами хлора и натрия всего в два раза больше, чем в кристалле. Гидратные оболочки ионов сильно тормозят их перемещение.

Поэтому многие свойства растворов (электропроводность, осмотическое давление и другие) при повышении концентрации изменяются сложным образом. Обычно для оценки поведения сильных электролитов используют параметры: **активность (a)** и **коэффициент активности (f).** Активность – это произведение концентрации ионов на коэффициент активности.

Реакция **нейтрализации** сильных электролитов – сильной кислоты и сильного основания – практически необратима, так как приводит к образованию слабо диссоциирующей молекулы воды:

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- = Na^+ + Cl^- + H_2O$$

Если записать только изменившиеся компоненты, получим **ионно-молекулярное уравнение**.

$$H^+ + OH^- = H_2O$$

Ионно-молекулярные уравнения можно записать и для других необратимых реакций или «реакций, идущих до конца», то есть с образованием малодиссоциирующего соединения, нерастворимого осадка или газа, уходящего из зоны реакции. Ионно-молекулярные уравнения включают только те компоненты, которые изменяются в процессе реакции. Ионы сильных электролитов обычно не изменяются в растворе.

Слабые электролиты.

У большинства органических кислот, а также у H_2CO_3, H_2S, HCN, H_2SiO_3, NH_4OH диссоциирует только часть молекул, их называют **слабыми электролитами**.

Степень диссоциации слабого электролита (**α**) выражают в процентах распавшихся молекул или в долях единицы. При разбавлении раствора степень диссоциации увеличивается.

Константа диссоциации слабого электролита показывает соотношение ионов и нераспавшихся молекул при достижении равновесия.

Для одноосновных кислот есть одна константа диссоциации:

$$К_Д = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

Для многоосновных кислот, у которых диссоциация происходит в несколько этапов (ступеней) – несколько констант:

$$K_1 = \frac{[H^+][H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]} = 7{,}25 \cdot 10^{-3} \text{ (I ступень)}$$

$$K_2 = \frac{[H^+][H\,PO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = 6{,}31 \cdot 10^{-8}\ (\text{II ступень})$$

$$K_3 = \frac{[H^+][PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]} = 1{,}26 \cdot 10^{-12}\ (\text{III ступень})$$

Аналогично рассчитывают константы диссоциации солей и оснований. Каждая последующая ступень требует больше энергии, чем предыдущая, так как оторвать очередной катион от уже отрицательно заряженного иона очень трудно. Поэтому константы диссоциации последующих ступеней значительно меньше, чем предыдущих.

Согласно **теории электролитической диссоциации** свойства кислот связаны с преобладанием в растворе ионов H^+, а свойства оснований – OH^-.

Поэтому соли многоосновных кислот, которые содержат кроме металла еще и Н, и при растворении образуют избыток H^+, называют **кислыми солями.** Кроме H^+ в растворе присутствуют катионы соли (металла, аммония и ли другие), а также анионы кислотного остатка. Например, при диссоциации гидрокарбоната натрия $NaHCO_3$ в растворе находятся: H^+, Na^+, CO_3^{2-}, HCO_3^-.

При растворении основных солей, в которых кроме кислотного остатка содержится OH^-, образуется избыток OH^-, анион кислотного остатка и катион металла. Так, при растворении хлорида гидроксомагния MgOHCl образуются ионы OH^-, Cl^-, $MgOH^+$, Mg^{2+}.

6.4. Диссоциация воды. Водородный показатель

Вода является очень слабым электролитом, но тем не менее тоже диссоциирует. Для чистой воды и воды в разбавленных растворах константа диссоциации воды зависит от температуры и при нормальных условиях:

$$K_д = \frac{[H^+]\cdot[OH^-]}{[H_2O]} = 1{,}8\cdot 10^{-16}$$

Произведение равновесных концентраций ионов или **ионное произведение воды** всегда одинаково:

$$[H^+]\cdot[OH^-] = 1\cdot10^{-14}$$

В чистой воде количество ионов H^+ и OH^- одинаково, молярная концентрация каждого из них составляет $1\cdot10^{-7}$. При добавлении в воду какого-либо электролита, например, кислоты, количество ионов H^+ увеличивается. Но произведение ионов H^+ и OH^- всегда остаётся одинаковым. Поэтому увеличение концентрации H^+ сопровождается уменьшением концентрации OH^-. И, наоборот, добавление в воду какого-либо основания приводит к увеличению концентрации OH^- и уменьшению концентрации H^+.

Оказалось удобным оценивать «кислотность» раствора по концентрации ионов H^+. В 1909 г. С.П.Л. Серенсен предложил понятие **водородный показатель** и обозначил его как ***pH*** от *pondus Hydrogenii* («сила водорода»):

$$pH = -\lg[H^+]$$

Для чистой воды pH = 7, при добавлении кислоты концентрация H^+ возрастает, например, до $1\cdot10^{-4}$. Тогда pH = 4. При добавлении основания концентрация H^+ уменьшается, например, до $1\cdot10^{-10}$. Тогда pH = 10.

То есть:

pH = 7 – раствор нейтральный;

pH < 7 – раствор кислый;

pH > 7 – раствор щелочной.

Кислотность раствора – очень важный параметр, определяющий условия протекания химических реакций. Например, в щелочном растворе снижается растворимость соединений металлов, являющихся микроэлементами, поэтому в щелочной почве растения страдают от недостатка этих металлов в почвенном растворе. В кислой почве растворимость металлов возрастает, и растения могут накапливать их в токсичных для себя количествах. Для большинства сельскохозяйственных растений умеренного климата оптимальное значение pH почвенного раствора составляет 5,5-6,5.

Биохимические реакции протекают при строго определённом значении pH. Кровь человека имеет pH 7,35-7,45. При закислении – **ацидозе** – или защелачивании – **алкалозе** – развиваются нарушения биохимических и физиологических процессов, что может привести к коме, тяжёлой патологии или к смерти.

Точное значение pH определяют с помощью иономеров pH-метров.

Кислотно-основные индикаторы

Индикатор и номер перехода	Цвет более кислой формы	Интервал pH и номер перехода	Цвет более щелочной формы
Индигокармин	синий	11,6-14,0	жёлтый
Конго красный	синий	3,0-5,2	красный
Крезоловый красный [I]	красный	0,2-1,8 [I]	жёлтый
Крезоловый красный [II]	жёлтый	7,0(7,2)-8,8 [II]	тёмно-красный
Лакмус (азолитмин)	красный	5,0-8,0 (4,5-8,3)	синий
Малахитовый зелёный [I]	жёлтый	0,1-2,0 [I]	сине-зелёный
Малахитовый зелёный [II]	сине-зелёный	11,6-13,6 [II]	бесцветный
Метиловый жёлтый	красный	3,0-4,0	жёлтый
Метиловый красный	красный	4,2(4,4)-6,2(6,3)	жёлтый
Метиловый оранжевый	красный	3,1-(4,0)4,4	оранжево-жёлтый
Метиловый фиолетовый [I]	жёлтый	0,13-0,5 [I]	зелёный
Метиловый фиолетовый [II]	зелёный	1,0-1,5 [II]	синий
Метиловый фиолетовый [III]	синий	2,0-3,0 [III]	фиолетовый
Нейтральный красный	красный	6,8-8,0	янтарно-жёлтый
Тимоловый синий [I]	красный	1,2-2,8 [I]	жёлтый
Тимоловый синий [II]	жёлтый	8,0-9,6 [II]	синий
Феноловый красный	жёлтый	6,8-(8,0)8,4	ярко-красный
Фенолфталеин [I]	бесцветный	8,2-10,0 [I]	малиново-красный
Хлорфеноловый красный	жёлтый	5,0-6,6	красный



Лабораторный pH-метр/ОВП-метр/термометр HI 5221-02

Приблизительное значение pH при титровании, оценке кислотности почвы, осаждении некоторых соединений в аналитической химии и радиохимии определяют с помощью **индикаторов** – веществ, изменяющих свой цвет при определённых значениях pH. Некоторые индикаторы, например, метиловый фиолетовый, имеют до трёх переходов цвета при изменении pH.

6.5. Гидролиз солей

Гидролиз – это разрушение водой (лизис – растворение, разрушение). Применительно к солям **гидролизом** называют разрушение молекулы или кристаллической решётки при растворении в воде и образование ионов. Результат гидролиза зависит от того, насколько хорошо диссоциируют вещества в водном растворе. Сильные электролиты диссоциируют полностью, преобладания какого-либо типа ионов не происходит.

Диссоциация солей и результат их гидролиза зависит от того из какого основания и какой кислоты образуется соль.

1. **Соль сильного основания и сильной кислоты** также является сильным электролитом, полностью диссоциирует и практически не влияет на pH раствора. Среда имеет нейтральную реакцию.

2. **Соль слабой кислоты и сильного основания** при взаимодействии с водой образует малодиссоциирующую молекулу кислоты, которая связывает часть имеющихся в растворе ионов H^+. Образуется избыток OH^-. Реакция среды – щелочная.

Например,

$$CH_3COOK + H_2O = CH_3COOH + KOH$$

или

$$CH_3COO^- + K^+ + H^+ + OH^- = CH_3COOH + K^+ + OH^-$$

3. **Соль сильной кислоты и слабого основания** образует малодиссоциирующую молекулу основания, которая связывает ионы OH^-, образуется избыток ионов H^+, реакция среды кислая.

$$NH_4Cl + H_2O = NH_4OH + HCl$$

или

$$NH_4^+ + Cl^- + H^+ + OH^- = NH_4OH + H^+ + Cl^-$$

4. При гидролизе солей **слабой кислоты и слабого основания** реакция среды зависит от значений констант диссоциации кислоты и основания. Вещество, которое диссоциирует больше, определяет pH раствора соли.

При гидролизе солей многоосновных кислот или оснований поливалентных металлов диссоциация происходит ступенчато и результат зависит от констант диссоциации всех ступеней. Поэтому результат гидролиза определить сложнее.

Явление гидролиза солей необходимо учитывать, в частности, при выборе минеральных удобрений. Гидролитически кислые или гидролитически щелочные удобрения изменяют pH почвенного раствора и влияют на рост и развитие растений.

Контрольные вопросы

1. За счёт каких процессов происходит растворение твёрдых веществ?
2. В каких условиях образуется пересыщенный раствор?
3. Как влияет на скорость растворения повышение температуры?
4. Почему при растворении некоторых веществ происходит выделение теплоты?
5. Как измеряется растворимость?
6. Как определяется концентрация растворов?
7. Что такое сильные электролиты?
8. Как записывают ионно-молекулярные уравнения?
9. Как рассчитывают константу диссоциации?
10. Что такое водородный показатель?
11. Как происходит гидролиз солей?
12. Что такое гидролитически кислые и гидролитически щелочные удобрения?

Тема 7. Электрохимические процессы

7.1. Окислительно-восстановительные реакции

Реакции, при которых изменяются степени окисления атомов, называют **окислительно-восстановительными**. Например, при реакции металлического цинка (степень окисления 0) с соляной кислотой цинк отдаёт электроны ионам H^+. В результате образуется молекула водорода (степень окисления 0) и ион Zn^{2+}.

$$Zn^0 + 2H^+Cl^- = Zn^{2+}Cl_2^- + H_2^0$$

В этой реакции происходит:

Окисление цинка – отдача им электронов, повышение степени окисления

$$Zn^0 = Zn^{2+} + 2e^-$$

Восстановление водорода – присоединение электронов, понижение степени окисления

$$2H^+ + 2e^- = H_2^0$$

В таких реакциях один из элементов является **окислителем** – отнимает электроны, а другой – **восстановителем** – отдаёт электроны.

К сильным окислителям относятся фтор, хлор, бром, кислород, серная, азотная, соляная кислоты. Чистые металлы проявляют только восстановительные свойства. Соединения металлов с низкой степенью окисления – Fe(II), Cr(II) тоже являются восстановителями. Соединения металлов с большой степенью окисления могут быть как восстановителями, так и окислителями. Например, при выплавке металлического железа из руды, основной компонент которой $Fe(OH)_3$, железо является окислителем, а углерод кокса и угарного газа – восстановителями.

Неметаллы обладают **окислительно-восстановительной двойственностью** – могут быть как окислителями, так и восстановителями даже в одной реакции. Например, в реакции газообразного хлора с водой образуется соляная и хлорноватистая кислоты, происходит самоокисление и самовосстановление хлора.

$$Cl_2^0 + H_2^+O^{2-} = H^+Cl^- + H^+Cl^+O^{2-}$$

Если чистый металл опустить в раствор его соли, происходит обратимая реакция – растворение/кристаллизация. Если скорость растворения превышает скорость кристаллизации, то есть преобладает окисление металла и окисленные ионы поступают в раствор,

а высвободившиеся электроны остаются на пластине, то раствор заряжается положительно, а пластина металла – отрицательно.

Если преобладает кристаллизация, то есть осаждение металла на пластину из раствора, то пластина, принимая положительно заряженные ионы металла заряжается положительно, а в растворе остаются отрицательно заряженные кислотные остатки.

В результате между металлической пластиной и раствором соли этого же металла возникает потенциал. Пластину называют **электродом**, а потенциал – **электродным потенциалом**. Для каждого металла характерен свой электродный потенциал. Например, в водных растворах при 25°С электродный потенциал цинка:

$$\mathscr{E} = -0{,}763 + 0{,}030 \cdot lg[Zn^{2+}]$$

Электродный потенциал меди:

$$\mathscr{E} = 0{,}337 + 0{,}030 \cdot lg[Cu^{2+}]$$

При концентрации ионов 1 моль/л (единичной концентрации) второе слагаемое обращается в 0. Первое слагаемое называют **стандартным потенциалом**. Из последовательно идущих значений стандартных потенциалов состоит **ряд напряжений металлов**, который показывает способность металлов отнимать электроны друг у друга.



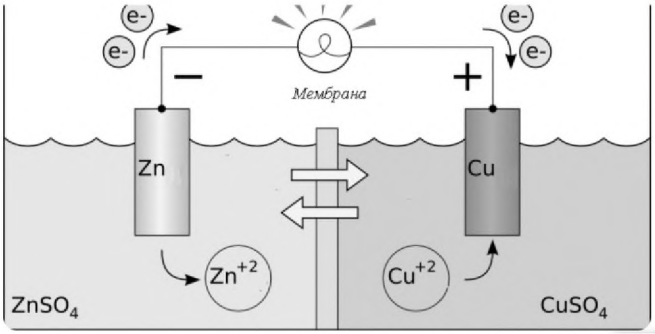
Электрохимический ряд напряжений металлов

7.2. Гальванические элементы

Поскольку разные металлы имеют разный стандартный потенциал, при соединении электропроводящим материалом двух разных металлов, например, цинка и меди, в системах «металл/раствор его соли» между электродами возникает разность потенциалов и начинается перемещение избытка электронов от отрицательно заряженного цинкового электрода **(анода)** к положительно заряженному

медному электроду (**катоду**). То есть, от анода к катоду течёт постоянный электрический ток. При этом на аноде преобладает окисление и растворение окисленных ионов цинка. Избыток ионов цинка вытесняет из раствора ионы меди, поэтому на катоде преобладает восстановление и кристаллизация растворённых ионов меди (**катионов**). Избыток окисленных, положительно заряженных ионов у анода привлекает к аноду отрицательно заряженные кислотные остатки (**анионы**). Для свободного перемещения ионов ёмкости с растворами солей соединяют **солевым мостиком (электролитическим ключом)** или разделяют пористой **мембраной** проницаемой для ионов.

В современных гальванических элементах («батарейках») в качестве одного из электродов (анода) выступает металлический корпус, в качестве катода – угольный электрод, а вместо жидкого электролита используют специальную пасту.



Принципиальная схема гальванического элемента Якоби-Даниэля

В 1899 г. В. Юнгер предложил идею никель-кадмиевых аккумуляторов, которые можно было восстанавливать («заряжать») после цикла работы. В настоящее время наиболее распространены литий-ионные аккумуляторы. В состав такого аккумулятора входит катод из производных лития на алюминиевой фольге и графитовый анод на фольге из меди. Между катодом и анодом находится пористый сепаратор, пропитанный электролитом. Заряд переносят ионы лития. При подключении к источнику тока атомы лития окисляются, их ионы отрываются от катода, перемещаются к аноду, встраиваются в кристаллическую структуру графита. Аккумулятор заряжается.

При подключении к какому-либо устройству ионы лития перемещаются обратно к катоду и кристаллизуются на нем. При этом возникает электрический ток, а аккумулятор «разряжается».

7.3. Электролиз расплавов и растворов

Вещества, которые имеют ионную связь, в нормальных условиях обычно находятся в кристаллическом состоянии. Но при расплавлении или растворении ионы высвобождаются из кристалла и становятся подвижными. В электрическом поле, создаваемом электродами, подключенными к источнику постоянного тока, ионы перемещаются к электродам противоположного знака: катионы перемещаются к катоду, анионы к аноду.

Катод заряжен отрицательно, на него поступают электроны из источника постоянного тока. Эти электроны восстанавливают приходящие к катоду катионы.

Анод заряжен положительно, он отнимает «лишние» электроны у подходящих к нему отрицательно заряженных анионов.

Окислительно-восстановительные реакции на электродах в расплавах или растворах электролитов называют **электролизом**.

В **расплавах** обычно содержатся только катионы и анионы соответствующего вещества. Хотя в производственных процессах к основному веществу могут добавлять соединения, улучшающие технологические характеристики расплава. Например, добавление криолита к глинозёму значительно снижает температуру плавления.

В целом, процессы электролиза расплавов относительно просты.

Электролиз расплавов оксидов металлов.

В расплаве находятся катионы металла – $\mathbf{Me^{n+}}$ и анионы кислорода $\mathbf{O^{2-}}$.

На катоде происходит восстановление катионов металла и выделение чистого металла:

$$Me^{n+} + n \cdot e^{-} = Me^{0}$$

На аноде происходит окисление анионов $\mathbf{O^{2-}}$ и выделение газообразного кислорода:

$$2O^{2-} - 4e^{-} = O_2$$

Электролиз расплавов оснований металлов.

На катоде так же, как и при электролизе оксидов, происходит восстановление катионов металла и выделение чистого металла:

$$Me^{n+} + n \cdot e^- = Me^0$$

На аноде окисляется анион OH^- и получается газообразный кислород и вода:

$$4OH^- - 4e^- = O_2 + 2H_2O$$

Электролиз расплавов солей.

На катоде так же происходит восстановление металла и выделение чистого металла:

$$Me^{n+} + n \cdot e^- = Me^0$$

На аноде, в зависимости от состава аниона может происходить окисление с разными конечными продуктами.

Если анион бескислородный, например, сульфид, то происходит его восстановление:

$$S^{2-} - 2e^- = 2S$$

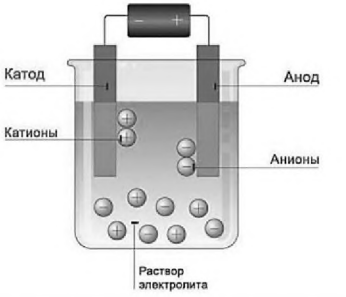
Если анион содержит кислород, но находится не в высшей степени окисления, то он окисляется до более высокой степени:

$$SO_2^{2-} - 2e^- = SO_3^0$$

Если анион в высшей степени окисления, то окисляется кислород:

$$2CO_3^{2-} - 4e^- = 2CO_2^0 + O_2$$

В растворах, помимо катионов и анионов основного вещества присутствуют катионы H^+ и OH^-. Они могут конкурировать с катионами металла и анионами растворённого вещества.



Принципиальная схема электролиза растворов

Процессы на катоде при электролизе растворов зависят от места металла в электрохимическом ряду напряжений.

1. Металлы, находящиеся **слева от водорода** от лития до алюминия, не восстанавливаются из растворов. Вместо них восстанавливается водород из молекулы воды:

$$2H_2O + 2e^- = H_2^0 + 2OH^-$$

2. Металлы, находящиеся слева от водорода, от марганца до свинца восстанавливаются, но вместе с ними восстанавливается и водород.

3. Металлы, находящиеся справа от водорода, восстанавливаются из растворов, так же, как и из расплавов.

Процессы на аноде при электролизе растворов зависят от материала анода.

Растворимые аноды обычно изготавливают из того металла, который хотят осадить на катоде. Такие аноды используют при очистке (**рафинировании**) металла. Например, при выплавке меди из руды отливки содержат много примесей (черновая медь). Из черновой меди изготавливают анод и в процессе его растворения и электролиза на катоде осаждается очищенная медь.

Нерастворимые аноды изготавливают из некоторых металлов, устойчивых к электрохимической коррозии (свинца, платины и др.) или из специальной электродной массы на основе угля. На нерастворимых анодах окисляются бескислородные анионы. Кислородные анионы не окисляются, окисляется кислород воды или ионы OH^-.

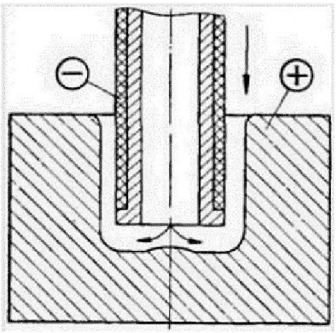
7.4. Использование электрохимических процессов в промышленности

При производстве металлических изделий используют несколько электрохимических процессов.

1. **Катодная реакция** осаждения металла на катоде позволяет получать металлические покрытия на изделии, которое включают цепь в качестве катода (**гальваностегия**) или целые изделия (**гальванопластика**). Кроме того, катодная реакция позволяет получать **микрогеометрию проводников** в печатных платах и микрочипах.

2. **Анодная реакция** окисления анионов на аноде применяется для получения конверсионных покрытий (фосфатных, оксидных и др.).

Анодная реакция растворения металла анода применяется для шлифования поверхности, снятия заусенцев (**грата**), поскольку растворяются в первую очередь выступающие неровности поверхности. Анодное растворение позволяет получать изделия сложной формы из высокопрочных металлов и сплавов, плохо поддающихся механической обработке. Например, для получения отверстия в детали к ней подводят постоянный ток, так, что она приобретает положительный заряд становится анодом. «Сверлом» является отрицательно заряженная трубка (катод), по которой в щель между катодом и анодом подаётся раствор электролита. Анод растворяется в месте контакта, в нём образуется отверстие, повторяющее форму катода.



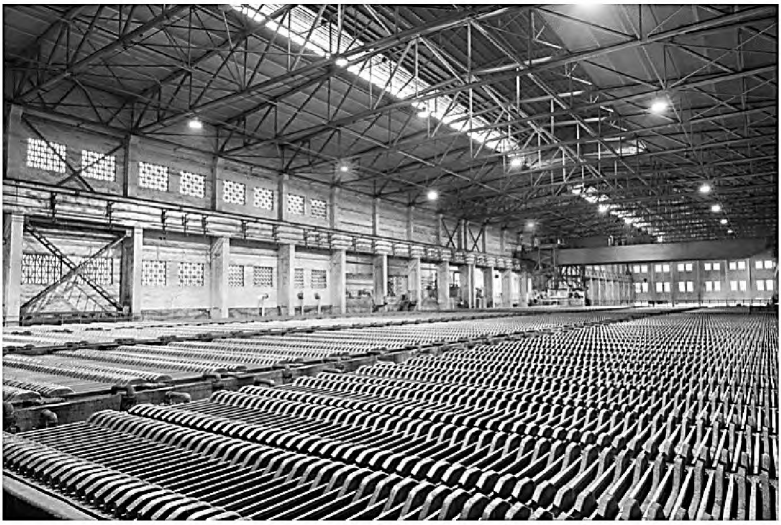
Получение отверстия электрохимическим методом

3. **Электрохимическая металлургия.**

Практически все цветные металлы получают с помощью электролиза. Основная реакция происходит на катоде. Металлы из раствора или расплава осаждаются на катоде. Такой процесс называется **электроэкстракцией**. На нерастворимом аноде окисляется часть электролита (кислород воды, анионы). Если анод растворимый и состоит из неочищенного металла, который затем без примесей осаждается на катоде, процесс называют **электрорафинированием**.

Электроэкстракция цинка. На нерастворимом свинцовом аноде окисляется вода. Газообразный кислород улетучивается, а оставшиеся ионы H^+ накапливаются и закисляют раствор. В кислой среде растворяется **цинковый огарок (ZnO),** который пополняет

запасы ионов цинка в растворе. Металлический цинк осаждается на многочисленных катодных пластинах, находящихся в растворе. По мере накопления металла его механически удаляют с пластин и переплавляют в слитки.



Цех электролиза цинкового завода

Электрорафинирование меди. Пирометаллургическая (выплавленная из руды) медь содержит на 1 тонну до 200 г золота, до 1 кг серебра и другие примеси. Из неочищенной меди изготавливают анод, который растворяется при электролизе. На катоде осаждается чистая медь. Золото и серебро не растворяются, а переходят в осадок (шлам), откуда их можно извлечь.

При рафинировании никеля таким же образом получают платину и палладий.

Порошковая металлургия. При электролизе водных растворов подбирают режимы при которых осаждающийся металл образует на катоде не плотный слой, а рыхлые ветвящиеся **дендриты,** которые легко отделяются и измельчаются в мелкодисперсный порошок.

Производство алюминия из расплава. Расплав получают из **глинозёма** (Al_2O_3), к которому добавляют гексафторалюминат натрия (**криолит**). Криолит плавится при более низкой температуре, чем глинозём и растворяет его в себе. Благодаря криолиту расплав получают при температуре около 900-1000°С. Катод и анод – графито-угольные.

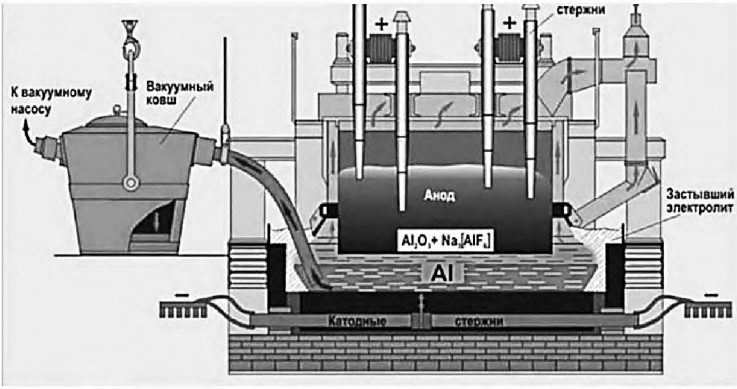


Схема электролизера для получения алюминия

На аноде выделяется кислород, который взаимодействует с углеродом электрода и превращает его в смесь углекислого и угарного газов. В зоне катода накапливается жидкий алюминий, который продувают хлором для очистки от примесей. Окисленные хлором примеси переходят в шлак.

Контрольные вопросы

1. Какие реакции называют окислительно-восстановительными?
2. Что такое электрохимический ряд напряжений металлов?
3. Как устроен гальванический элемент?
4. Что происходит на катоде и на аноде при электролизе расплавов оксидов, солей, оснований?
5. Что происходит на катоде и на аноде при электролизе растворов?
6. Для чего используется катодная реакция?
7. Как в металлургии используется электроэкстракция?
8. Что получают в процессе электрорафинирования?

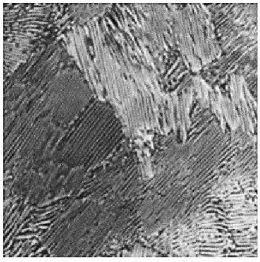
Тема 8. Химия веществ

8.1. Металлы

Общая особенность металлов – относительно большие размеры атомов. Внешние электроны находятся далеко от ядра и связаны с ним слабо. Поэтому атомы легко отдают электроны и очень редко присоединяют их. Металлы в большинстве химических реакций являются восстановителями.

Согласно теории молекулярных орбиталей, при взаимодействии одинаковых атомов вместо атомных орбиталей образуются **делокализованные молекулярные орбитали**, принадлежащие всем атомам. При большом числе атомов, например, в кристалле, расстояние между энергетическими уровнями уменьшается, и образуется практически непрерывная энергетическая зона. Электроны этой зоны очень подвижны и могут перемещаться по кристаллу, практически не затрачивая энергии. Незаполненные энергетические уровни образуют **зону проводимости**. Валентные электроны образуют общий для кристалла **электронный газ**. Химическую связь в металлах, сплавах и интерметаллических соединениях называют **металлической**.

Электроны обладают энергией и, свободно перемещаясь, переносят её по кристаллу. Поэтому металлы обладают, не только хорошей электропроводностью, но и хорошей теплопроводностью. Атомы тоже не связаны друг с другом прочно, при их смещении не происходит разрыва связей или конфликта зарядов, приводящих к разрушению кристалла, как это происходит у неметаллов. Кристалл металла может изменять форму не разрушаясь, атомы «скользят» в «смазке» электронного газа. Такое свойство металлов называют **пластичностью** или **ковкостью**.



Микрокристаллическая структура металла

Кристаллы в металле образуются после плавления, они мелкие, неправильной формы, поэтому их обычно называют **кристаллитами** или **зёрнами**, а структуру металла называют **поликристаллической** или **микрокристаллической**.

Внутренняя структура зёрен тоже неправильная, имеет много дефектов – **вакансий**. При нагревании количество вакансий увеличивается, и они могут замещаться другими элементами. Примеси могут снижать качество металла или сплава, лишать их важных свойств или делать непригодным к использованию. Например, реакторный уран «отравляют» примеси бора, кадмия, и других элементов-замедлителей, перехватывающих нейтроны. Таких примесей должно быть не более миллионных долей процента. В германиевых полупроводниках допускается не более 1 атома примеси на 10 миллионов атомов германия. Примесь гафния лишает цирконий необходимых свойств. В жаропрочных сплавах недопустима примесь свинца и серы.

В то же время некоторые примеси придают металлам технологически ценные свойства. Добавление таких примесей при выплавке металлов или сплавов называют **легированием**. Металлы насыщают **легирующими элементами** (присадками) для придания им необходимых свойств (устойчивости к коррозии, жаропрочности, твёрдости и других).

Элемент	Прочность, $\sigma_в$	Пластичность	Стойкость к коррозии	Жаропрочность
Mn	Повышает	Мало влияет*	Практически не изменяет	Практически не изменяет
Si	Повышает	В массовой доле более 2,5 % резко снижает	Повышает	Несколько повышает
Cr	Повышает	Незначительно снижает	Повышает	Повышает
Ni	Повышает	**	Повышает	Повышает
Mo	Повышает	***	Понижает	Значительно повышает
Ti	Мало влияет	Несколько повышает вязкость	Повышает	****

Влияние легирующих элементов на свойства сталей

Легирующие элементы указываются, например в названии марок сталей и имеют следующие обозначения: хром (Х), никель (Н),

марганец (Г), кремний (С), молибден (М), вольфрам (В), титан (Т), тантал (Та), алюминий (Ю), ванадий (Ф), медь (Д), бор (Р), кобальт (К), ниобий (Б), цирконий (Ц), селен (Е), редкоземельные металлы (Ч).

Сплавы металлов.

В жидком состоянии металлы хорошо растворяются друг в друге, могут растворять в себе и неметаллы, например, углерод. При охлаждении жидкого сплава сначала кристаллизуется более тугоплавкий компонент. Его содержание в твёрдой кристаллической фазе велико, а в жидкой – мало. Поэтому сплав может быть неоднородным.

При остывании жидкого сплава может происходить:

1. Раздельная кристаллизация – образуется смесь зёрен разных металлов.

2. Однородные кристаллы из смеси металлов – твёрдый раствор металлов друг в друге.

3. Образование химических соединений.

Для улучшения однородности структуры слитки подвергают термической обработке.

Отжиг – слиток нагревают в течение нескольких часов и медленно охлаждают. В это время происходит перекристаллизация, структура слитка выравнивается.

Закалка – если хотят усилить неоднородность, например, создать пересыщенный твёрдый раствор легирующих элементов, слиток нагревают до их растворения, а потом быстро охлаждают. При этом сохраняется структура, характерная для расплава.

Отпуск или **старение сплава** – закалённый слиток длительное время нагревают при невысокой температуре, при которой пересыщенный раствор перекристаллизуется. При этом прочность сплава увеличивается.

Наиболее распространённые сплавы:

- **чугуны** (железо и более 2% углерода);
- **стали** (железо и менее 2% углерода, разные легирующие элементы);
- **латуни** (медь и цинк):
- **бронзы** (медь и какой-либо легирующий элемент – железо, свинец, олово, алюминий, бериллий, кремний, марганец);
- **дюралюминий** (алюминий, медь и магний);
- **силумины** (алюминий и кремний).

8.2. Полупроводники

К полупроводникам относят материалы с удельной проводимостью от 10^{-8} до 10^{5} Ом/м. Полупроводники отличаются от металлических проводников тем, что их проводимость при увеличении температуры не снижается, а возрастает. Полупроводниками обычно являются p-элементы 14 (IVA) группы. Они способны и принимать, и отдавать электроны. Кроме того, у них есть незаполненные p-орбитали, на которые электроны могут перемещаться. Но полупроводниками могут быть и другие вещества, в том числе и органические, и полиароматические соединения, и металлоорганические комплексы. Наиболее известны полупроводники из германия, кремния, арсенида галлия.

Кристаллическая решётка полупроводников жёсткая, связь между атомами ковалентная, валентные электроны прочно связаны. Однако при повышении температуры часть электронов может отрываться и обеспечивает перенос заряда – **электронную электропроводность**. Оставшийся без электрона атом может отнять электрон у соседнего атома. Тогда в направлении, противоположном движению электрона, создаётся «движение» положительно заряженных ионов. Опустевшее место электрона в атоме называют дыркой. Движение дырок обуславливает **дырочную электропроводность.**

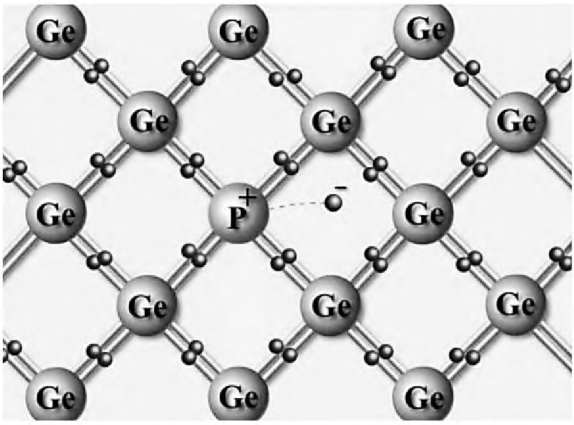
В твёрдом теле выделяют **валентную зону** и **зону проводимости**. Валентная зона – это энергетический диапазон, в котором могут находится валентные электроны. Валентная зона ограничивается **уровнем Ферми**, этот уровень соответствует энергии добавления одного электрона к твёрдому телу. Зона проводимости – это диапазон, в котором электроны обладают достаточной энергией, чтобы перемещаться по твёрдому телу, то есть проводить электрический ток. Между верхним уровнем валентной зоны и нижним уровнем (дном) зоны проводимости находится запрещённая зона – диапазон значений энергии, которые электрон в идеальном кристалле не может принимать.

Чистое вещество является **собственным полупроводником**. Теоретически при абсолютном нуле по шкале Кельвина валентная зона будет полностью заполнена, а зона проводимости пуста. Материал будет идеальным диэлектриком. При более высоких температурах некоторые электроны получат достаточно энергии, чтобы перейти в зону проводимости. В кристалле будет устанавливаться

определённая, соответствующая температуре, равновесная концентрация электронов и дырок.

Для повышения электропроводности в чистое вещество 4-валентных германия или кремния добавляют примеси: 5-валентные фосфор, сурьму, мышьяк или 3-валентные бор, алюминий, галлий. Атом примеси встраивается в кристаллическую решётку, но один «лишний» электрон не образует ковалентной связи, легко отрывается и переходит из валентной зоны в зону проводимости. 5-валентные атомы отдают «лишний» электрон и называются донорами. 3-валентные атомы могут забрать электрон, создавая дырку, они называются акцепторами. Такие полупроводники называют **примесными**.

Энергию для отрыва электрона может дать не только повышение температуры, но и свет, электромагнитное поле, механическое воздействие. Изменение электропроводности полупроводника при таких воздействиях позволяет использовать их в качестве датчиков.



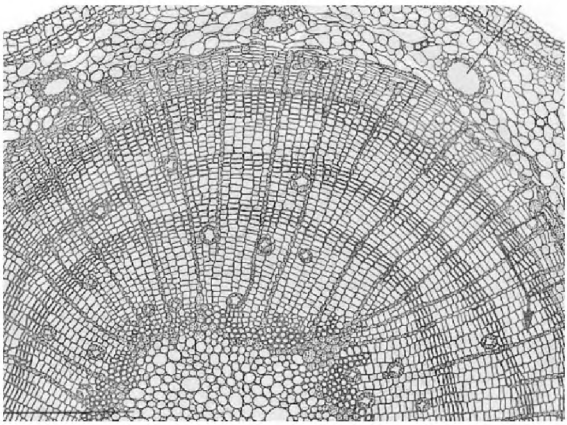
Замещение 5-валентным атомом фосфора основного 4-валентного атома германия в полупроводнике

Послойное введение примесей – легирование полупроводников и введение в материалы полупроводниковых наночастиц позволяет получить современные приборы и преобразователи энергии.

8.3. Углерод и его неорганические соединения

Атом углерода имеет 4 валентных электрона, которые обычно формируют 4 sp- гибридные орбитали и обеспечивают прочную ковалентную неполярную связь. Такое количество электронов позволяет образовать разнообразные варианты сцепления атомов и несколько аллотропных модификаций углерода.

Древесный уголь – результат окисления древесины при недостатке кислорода. Древесина состоит из микроскопических целлюлозно-лигниновых трубочек – трахей и трахеид. При нагревании сначала разрушается целлюлоза и удаляются водород и кислород в виде паров воды. Остаётся углерод, отражающий форму и расположение молекул целлюлозы и лигнина. Образуется сложная структура, которую называют неупорядоченной на молекулярном уровне. В действительности, в угле могут быть представлены самые разные комплексы из атомов, однако с химической точки зрения закономерности формирования и взаимодействия этих комплексов обнаружить невозможно. На физическом уровне могут проявляться слабые магнитные свойства обугленной древесины. На физико-химическом – уголь обладает способностью адсорбировать очень многие соединения как в газообразном, так и в растворённом состоянии. Он обладает огромной удельной поверхностью за счёт микроскопических трубочек и широко применяется для очистки воды и газов от вредных примесей.



Поперечный срез побега дерева

Кокс – образуется из особых сортов каменного угля, то есть, ископаемой метаморфизированной древесины, при нагревании без доступа кислорода. При этом возгоняются летучие компоненты каменного угля, остаётся углеродный каркас.

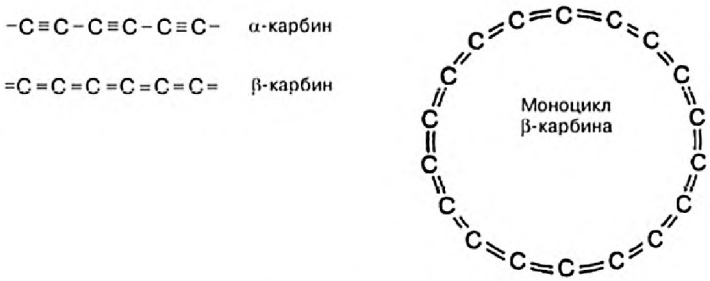


Игольчатый кокс

Кокс используют в металлургии в качестве восстановителя. Важным параметром кокса является его пористость и высокая удельная поверхность.

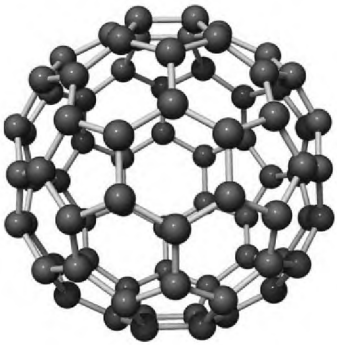
Сажа – результат конденсации продуктов горения углеродсодержащих веществ. При недостатке кислорода часть углерода не успевает окислиться и возгоняется, а затем конденсируется, приобретая разнообразные сложные формы, в том числе карбины, фуллерены и нанотрубки.

Карбины – углеродные нити получены в советской лаборатории высокомолекулярных соединений ИНЭОС под руководством академика Василия Владимировича Коршака в 1960 г. В 1968 г. в этой же лаборатории был получен β-карбин, который называют также **поликумулином**.



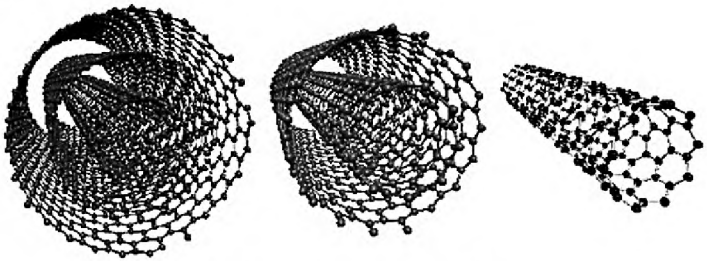
Виды карбинов

Фуллерены – шаровидные, часто многослойные образования из атомов углерода. Впервые получены в 1985 г. в США. Обычно они «собраны» из пяти- и шестиугольных блоков, но могут быть включения иной формы. Например, фуллерен C_{70} отличается от фуллерена C_{60} встроенной кольцевой цепочкой. Фуллерены называют по количеству атомов углерода: C_{60}, C_{120} и так далее. Являются полупроводниками, а при легировании щелочными металлами – сверхпроводниками. Фуллерены получают при испарении графита лазером или электрической дугой в атмосфере гелия.



Фуллерен C_{60}

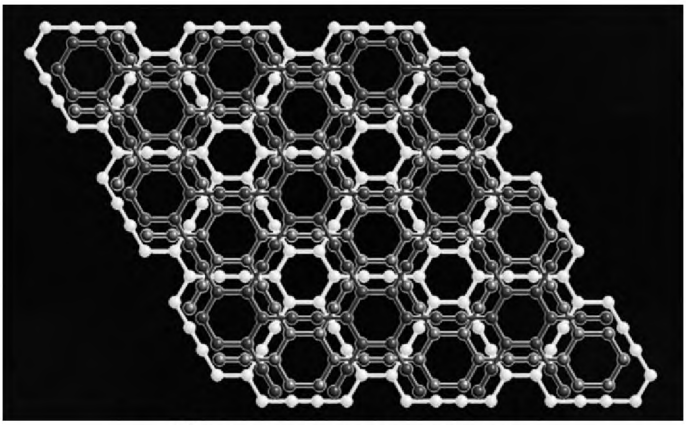
Графитовые нанотрубки – монослой атомов углерода, свёрнутый в трубку или спираль, можно получить при слиянии фуллеренов. В 2011 г. был впервые представлен образец кабеля из нанотрубки.



Графитовые нанотрубки

Графен – имеет две модификации: монослой углерода и двойной углеродный слой.

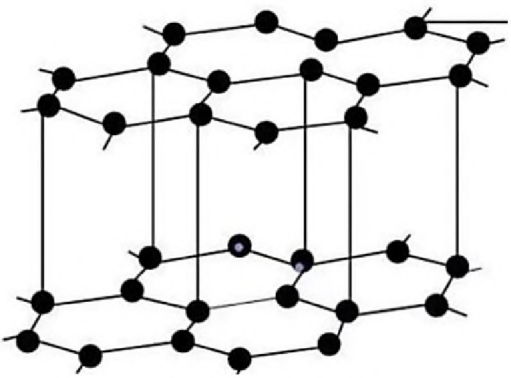
Графин – более сложная, чем графен, но тоже «плоская» модификация углерода.



Модель структуры графина

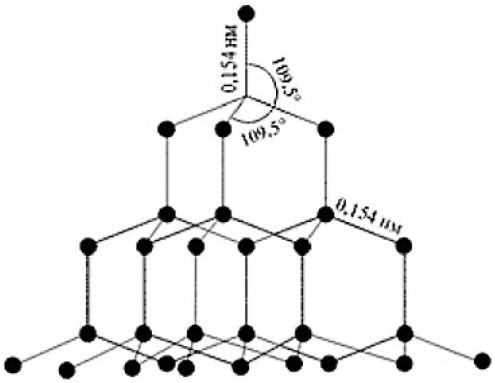
Все моно- и олигослойные модификации углерода обладают уникальными особенностями на молекулярном уровне: исключительной прочностью, полупроводниковыми, а при легировании и сверхпроводниковыми свойствами, значительной химической инертностью, сорбционной способностью, огромной удельной поверхностью, каталитическими свойствами. Атомы углерода при определённых условиях способны присоединять некоторые функциональные группы, что превращает материал в квазиорганическую макромолекулу с уникальными свойствами. В настоящее время ведётся активная работа над созданием новых материалов, в которых свойства этих модификаций будут проявляться на макроуровне.

Графит – природный минерал, в котором графеноподобные монослои связанные прочной ковалентной связью, собраны металлической связью в подобие металлической решетки, внутри которой находится «электронный газ» из свободных электронов. Поэтому графит обладает хорошей электропроводностью и теплопроводностью. Расстояние между атомами в слое – 0,141 нм, между слоями – 0,335 нм. Слои очень прочные, но легко отделяются друг от друга.



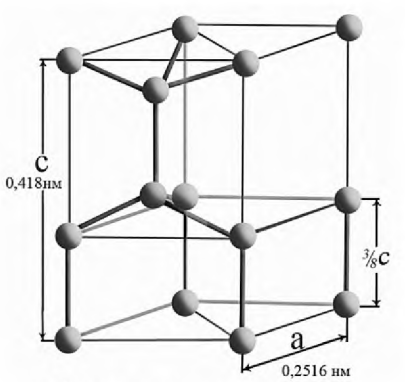
Структура графита

Алмаз – кристаллический минерал. Решётка атомная кубической системы. Связь между атомами ковалентная, очень прочная. Расстояние между атомами 0,154 нм, то есть атомы упакованы весьма плотно. Кристалл очень прочный и твёрдый, химически инертный.



Структура алмаза

Лонсдейлит – редкий природный минерал, обнаружен в местах падения метеоритов, отличается от алмаза гексагональной решёткой. Кристаллы очень мелкие, их можно увидеть только в микроскоп, поэтому их свойства мало изучены.



Структура лонсдейлита

Неорганические соединения углерода. При нормальных условиях углерод химически инертен, но при нагревании вступает в реакции с металлами в качестве окислителя, а с неметаллами – обычно в качестве восстановителя.

В реакции с металлами образуются карбиды двух типов. По аналогии с органическими соединениями, в которых атомы водорода замещены металлом, их называют:

- **метаниды** – атом углерода, как и в метане находится в степени окисления -4 (Al_4C_3, Be_2C);

- **ацетилениды** – атомы углерода, как и в ацетилене, связаны тройной ковалентной связью, к оставшимся валентным электронам вместо водорода присоединяется металл.

Метаниды обычно очень прочные, твёрдые, тугоплавкие, электропроводные. Многие ценные свойства чугунов и сталей обеспечиваются карбидом железа Fe_3C (**цементитом**).

Ацетилениды, напротив, очень нестойкие, легко взрываются. Карбид кальция при взаимодействии с водой разлагается на ацетилен и гидроксид кальция. Эту реакцию используют для получения ацетилена в сварочном производстве.

Соединения углерода с неметаллами разнообразны по строению молекулы и по свойствам.

Карбид кремния (SiC) – твёрдое тугоплавкое вещество с полупроводниковыми свойствами. Кристаллическая решётка атомная, аналогична решётке алмаза.

Оксиды углерода: монооксид (CO – угарный газ) и диоксид (CO_2 – углекислый газ, ангидрид угольной кислоты). Угарный газ

высокотоксичное вещество, конкурируя с кислородом вступает в реакцию с гемоглобином крови. Образующийся карбоксигемоглобин блокирует перенос кислорода из лёгких к тканям. Соединения CO с металлами – карбонилы металлов – чрезвычайно токсичные вещества, используются при получении особо чистых металлов. Углекислый газ и угольная кислота образуют карбонаты – широко распространённые в природе соли (мел, мрамор, сода, поташ, магнезит).

Сероуглерод (CS_2) – токсичное вещество, используют в качестве растворителя, а также для получения вискозы.

Цианистый водород (HCN) – при растворении в воде даёт синильную кислоту, чрезвычайно токсичное вещество, как и её соли – **цианиды**. Применяется для экстракции золота из руды, для нанесения защитных покрытий на металл (**цианирование**).

Фосген ($COCl_2$) – производился как боевое отравляющее вещество удушающего действия, вызывает отёк лёгких. В настоящее время используется для органического синтеза некоторых красителей.

8.4. Органические соединения

Углерод – единственный химический элемент, который способен образовать неограниченные по длине и разветвлению цепочки и одновременно нести на этих цепочках большое количество разнообразных функциональных групп. Число разнообразных сочетаний атомов и групп на углеродной матрице практически бесконечно. Гигантские сложные молекулы, группируясь и взаимодействуя, создали уникальный феномен живого вещества – негэнтропийного, самовоспроизводящегося и саморазвивающегося. На начальном этапе развития химии вещества животного и растительного происхождения называли органическими.

В дальнейшем оказалось, что ряд веществ, считающихся органическими, можно синтезировать из простых соединений. В настоящее время граница между органическими и неорганическими веществами достаточно условна. Например, метан (CH_4) считается органическим веществом, а угольная кислота H_2CO_4 и аммиак NH_3 – неорганическими. Но если заместить атомы водорода в угольной кислоте аминогруппами ($–NH_2$), можно получить **мочевину** (карба-

мид, диамид угольной кислоты). Мочевину получали из мочи, поэтому её считают органическим соединением. Фридрих Вёлер в 1828 голу впервые получил мочевину, нагревая цианат аммония. Это был первый в истории химии синтез органического вещества из неорганического.

Несмотря на огромное разнообразие, органические соединения имеют общие особенности:

1. **Небольшое число органогенных элементов**. Почти все органические вещества состоят из углерода, водорода и кислорода. Многие молекулы (аминокислоты и их производные, нуклеиновые кислоты) содержат азот. Некоторые аминокислоты содержат серу в составе тиоловых групп, обеспечивающих образование дисульфидных мостиков в молекуле белка. В процессе биохимических превращений органические соединения могут присоединять фосфат. Он образуют высокоэнергетическую (макроэргическую) связь, которая активирует молекулу. В состав некоторых ферментов входят металлы с переменной валентностью. Отдавая и принимая электроны, они так же, как и фосфаты, активируют биохимические реакции. Живой организм включает десятки **биогенных** элементов, но далеко не все они входят в состав органических молекул. Многие, например калий, натрий, кальций, хлор, остаются в ионной форме и обеспечивают осмотическое давление, разность потенциалов на мембране клеток, необходимый уровень pH. Калий клеточного сока растений снижает температуру образования кристаллов воды в клетках и таким образом защищает клетки от повреждения при заморозках.

2. **Все 4 ковалентные связи углерода, благодаря sp^3-гибридизации, равноценны и симметрично направлены**. Поэтому углерод может образовывать очень длинные и разветвлённые цепи и нести различные функциональные группы. Кроме того, он может образовывать двойные и тройные ненасыщенные связи.

3. **Гомология**. Углерод образует ряды соединений со сходной структурой и свойствами. Например, предельные углеводороды (алканы) различаются длиной углеродной цепочки. Физические и химические свойства их плавно изменяются в гомологичном ряду. Первые в ряду 4 алкана в стандартных условиях являются газами,

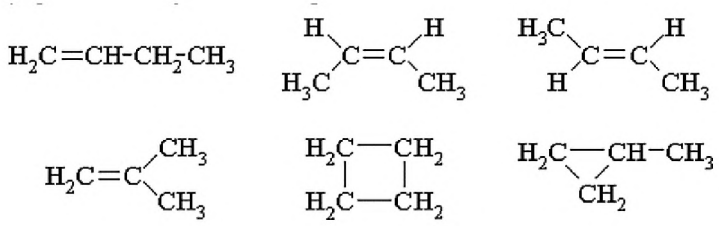
с 5 по 13 – жидкостями, с 14 – твёрдыми веществами. В ряду непредельных углеводородов (алкенов) тоже при увеличении длины углеродной цепочки постепенно возрастаю температуры кипения и плавления.

Гомологический ряд алканов

Метан	CH_4	CH_4
Этан	$CH_3—CH_3$	C_2H_6
Пропан	$CH_3—CH_2—CH_3$	C_3H_8
н-Бутан	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$	C_4H_{10}
н-Пентан	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	C_5H_{12}
н-Гексан	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	C_6H_{14}
н-Гептан	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	C_7H_{16}
н-Октан	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	C_8H_{18}
н-Нонан	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	C_9H_{20}
н-Декан	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	$C_{10}H_{22}$

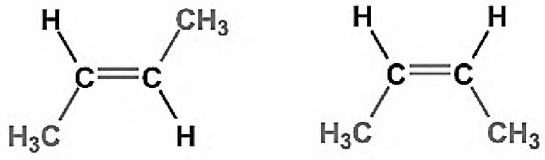
Пример гомологии углеводородов

4. **Изомерия**. Одна химическая формула может соответствовать нескольким молекулам. Поэтому в органической химии обычно используют **структурные формулы**.



Молекулярной формуле C_4H_8 соответствуют 6 изомеров

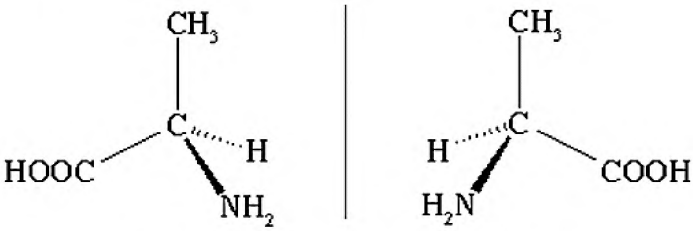
5. **Геометрическая стереоизомерия**. Благодаря жёсткости двойной связи могут образовывать изомеры с разным расположением функциональных групп.



Транс-бутен-2 Цис-бутен-2

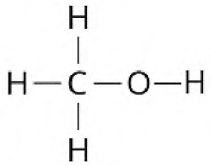
Пример геометрической стереоизомерии

6. **Зеркальная стереоизомерия (энантиомерия)**. Благодаря жёсткости тетраэдра орбиталей и, соответственно, расположения связей образуют изомеры с зеркальным расположением функциональных групп.



Пример зеркальной стереоизомерии

7. **Порядок соединения атомов определяет химические свойства соединения**. Связь межу атомами углерода ковалентная неполярная, но связи между другими атомами могут быть полярными или ионными. Именно взаимное расположение атомов в функциональных группах определяет их химические свойства. Например, в метиловом спирте связь О–Н поляризована, поэтому атом водорода более активен и может легко замещаться, например на атом металла, образуя металлоспирт.



Метиловый спирт

8. **Могут быть специфическими катализаторами**. Многие белковые молекулы являются биологическими катализаторами **(ферментами, энзимами)**, которые активируют только одну биохимическую реакцию.

9. **Бесчисленное множество природных соединений**. Одна только ДНК уникальна для каждого живого организма, когда-либо существовавшего на планете. Но и внутри каждой клетки одного организма ДНК неодинакова, так как в течении его жизни неоднократно изменяется, **мутирует**.

10. **Огромные размеры молекул**. Белки и целлюлоза могут состоять из тысяч атомов, а длина молекул ДНК достигает 0,5 мм.

11. **Могут нести огромный объём информации.** Все вычислительные системы используют двоичный код, а в нуклеиновых кислотах – четверичный. Одна молекула конечна, но их комплекс в живом организме предоставляет гигантские возможности для хранения и обработки информации.

Классификация органических соединений основана на строении углеродных цепей и наличии функциональных групп.

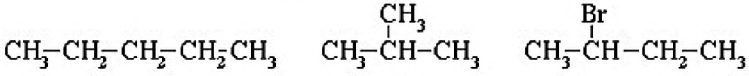
По строению углеродных цепей органические соединения разделяют на три ряда: ациклические, карбоциклические, гетероциклические.

1. Ациклические (алифатические) цепочки атомов углерода могут ветвиться, но не замыкаются в кольца.

а). **предельные (насыщенные, алканы)** имеют только одинарные связи. Название алканов заканчивается на суффикс -ан: метан, этан, пропан, бутан и так далее. При отщеплении одного из атомов водорода, оставшуюся часть называют радикалом (обозначается как –R) с суффиксом -ил: метил, этил, пропил, бутил.

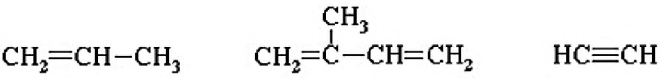
б). **непредельные (ненасыщенные)** имеют одну двойную **(алкены)** или тройную **(алкины)** связи между атомами углерода. Эти связи менее прочны и могут легко разрываться, а на освободившиеся валентности могут присоединяться другие цепочки или функциональные группы. Название этих соединений заканчивается соответственно на суффиксы -ил и -ен. Если в цепочке две двойные связи перед ними может быть частица, обозначающая количество пар атомов с двойными связями: этилен, пропилен, бутилен, бутадиен (две пары с двойными связями).

предельные



н-Пентан Изобутан 2-Бромбутан

непредельные



Пропилен Изопрен Ацетилен

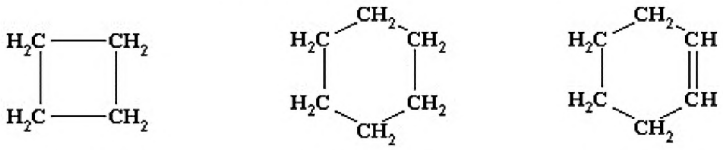
Ациклические углеводороды

2. **Карбоциклические** органические соединения – это цепочки атомов углерода, замкнутые в кольца.

а) **алициклические** кольца имеют одинарные связи между атомами углерода.

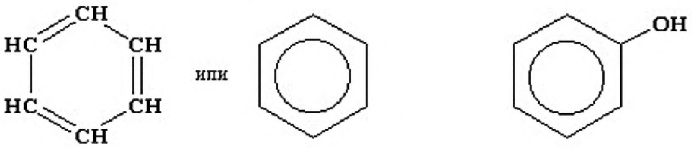
б) **ароматические** соединения **(арены)** имеют в своём составе бензольное кольцо с равномерно распределёнными электронами трёх «двойных связей». Фактически двойных связей в бензольном кольце нет, так как их электроны в равной степени принадлежат всем атомам кольца.

алициклические



Циклобутан Циклогексан Циклогексен

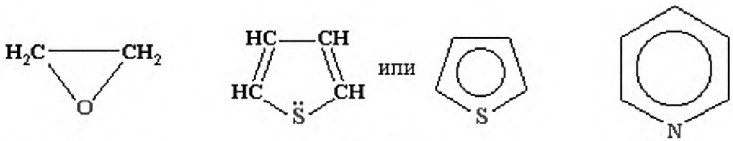
ароматические



Бензол Фенол

Карбоциклические соединения

3. **Гетероциклические соединения** имеют включенный в углеродное кольцо атом азота или серы.



Этиленоксид (эпоксид) Тиофен Пиридин

Гетероциклические соединения

В зависимости от функциональных групп ряды разделяют на **классы**:

1. **Простейшие углеводороды** – состоят только из углеродных цепочек, свободные валентности, которых заняты атомами водорода.

2. **Галогенпроизводные** – один или несколько атомов водорода замещены на атомы какого-либо галогена: **R–F, R–Cl**

3. **Кислородсодержащие:**

а) **спирты** – функциональная группа **–OH**, радикал – ациклический;

б) **фенолы** – группа **–OH**, радикал – бензольное кольцо;

в) **альдегиды** – группа **=O** на конце цепочки, радикал ациклический;

г) **кетоны** – группа **=O** при атоме углерода в середине цепочки, радикал ациклический;

д) **карбоновые кислоты** – функциональная группа состоит из углерода с присоединёнными к нему группами **=O** и **–OH** (обозначается **–COOH – карбоксильная группа**);

е) **эфиры** – атом кислорода находится внутри цепочки – **R–O–R.**

Цифрами в названии соединения обозначают атомы углерода в цепочке, к которым присоединены функциональные группы.

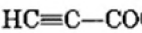
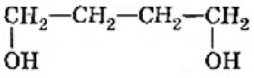
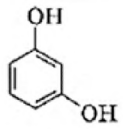
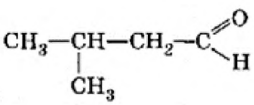
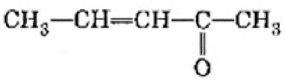
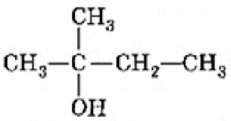
4. **Азотсодержащие** органические соединения чаще всего представлены **нитросоединениями (R–NO_2)** и **аминосоединениями (R–NH_2)**. Наибольшее значение для живого организма имеют аминокислоты, из которых состоят белки, а также нуклеотиды, из которых синтезируются нуклеиновые кислоты.

Выделяют также классы соединений, содержащих серу, металл, кремний и другие элементы.

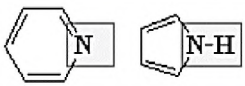
Органические соединения живого вещества могут содержать много радикалов и функциональных групп. Например, аминокислоты могут дополнительно содержать: карбоксильную группу, аминогруппу, тиоловую группу (**–SH**), индольную группу, метилтиогруппу и другие.

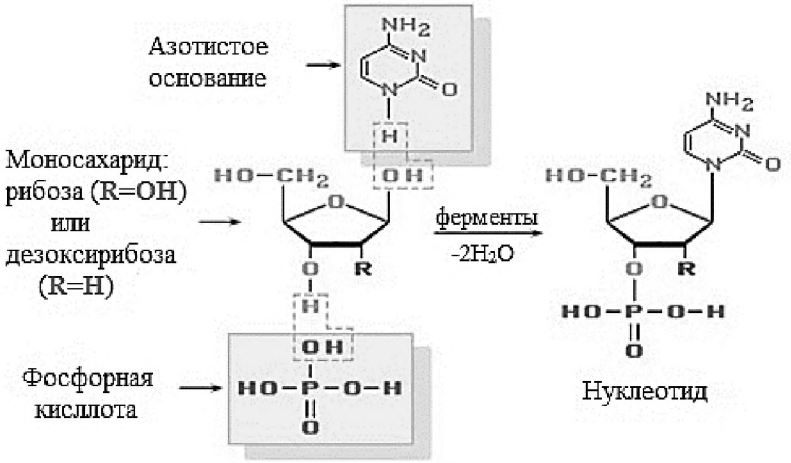
Аминогруппа и карбоксильная группа аминокислот способны образовать **пептидную связь,** которая собирает аминокислоты в белковые молекулы.

Кислородсодержащие органические соединения

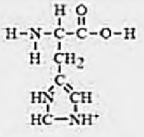
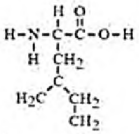
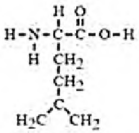
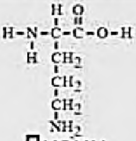
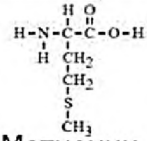
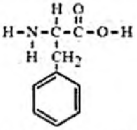
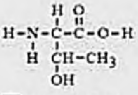
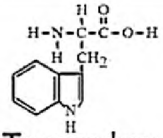
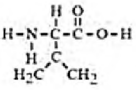
Формула	Название	Класс вещества
	Пропиоловая кислота	Непредельный, одноосновная кислота
	Бутандиол-1,4	Предельный, двухатомный спирт
	1,3-Дигидроксибензол	Двухатомный фенол
	3-Метилбутаналь	Предельный альдегид
	Бутен-3-ОН-2	Непредельный кетон
	2-Метилбутанол-2	Предельный, одноатомный спирт

Азотсодержащие органические соединения

Функциональная группа	Класс соединений		Общая формула
$-NO_2$	Нитросоединения		$R-NO_2$
$-ONO_2$	Нитраты		$R-ONO_2$
-O-N=O	Нитриты		R-O-NO
$-CONH_2$	Амиды		$R-CONH_2$
-C≡N	Нитрилы		R-CN
$-NH_2$ >NH >N-	Амины	первичные вторичные третичные	$R-NH_2$ R_2NH R_3N
	Азотистые гетероциклы		–
$-NH_2$ и -COOH	Аминокислоты		$H_2N-R-COOH$



Синтез нуклеотида

 Гистидин	 Изолейцин	 Лейцин
 Лизин	 Метионин	 Фенилаланин
 Треонин	 Триптофан	 Валин

Незаменимые аминокислоты белков

8.5. Полимеры и поликонденсаты

Реакция **полимеризации** – это соединение низкомолекулярных органических веществ (**мономеров**) с помощью ковалентных связей в длинные цепи **полимера**. При реакции полимеризации используются резервные электроны двойных и тройных связей, поэтому молекула полимера в целое число раз массивнее молекулы мономера. Это число раз равно количеству мономеров и называется **степенью полимеризации**.

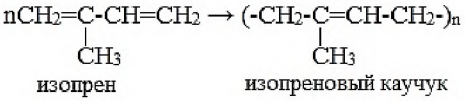
Например, принципиальная реакция получения полиэтилена:

$$CH_2{=}CH_2 \rightarrow -CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}\ldots..$$

Атомы водорода в этилене могут быть замещены другими элементами, функциональными группами или радикалами. Например, если заместить один атом водорода в этилене на метил, получим мономер пропилен, и полимер полипропилен. Если заместить один атом водорода на фенил (радикал из бензольного кольца), то получим мономер стирол и полимер полистирол. При замещении одного атома водорода на хлор получают соответственно винилхлорид и

поливинилхлорид, при замене всех атомов водорода на атомы фтора – тетрафторэтилен и тефлон.

При полимеризации возможен переход двойной связи к другой паре атомов. Например, при синтезе каучука из изопрена разрываются две двойные связи на концах мономера и неспаренные электроны, не участвующие в связывании мономеров, образуют двойную связь в его середине.



В зависимости от режима синтеза полимера, можно получать цепи разной длины, разного ветвления и соответственно, обладающие разными свойствами.

Классификация полимеров основана на их структуре, способах получения, технических характеристиках и других свойствах.

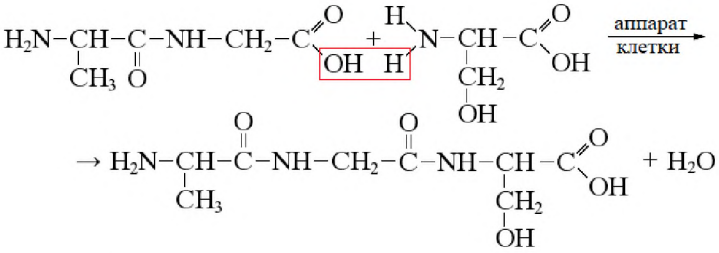
Пример классификации полимеров

Назначение	Рабочая температура	Аморфные	Полукристаллические
Общетехнические (стандартные)	до 100°С	Полиметилметакрилат (оргстекло)	Полиэтилен Полипропилен Поливинилхлорид
Инженерно-технические (конструкционные)	100-159°С	Поликарбонат	Полиамиды Полиоксиметилен Полибутилентерефталат Полиэтилентерефталат полиметилпентен
Термоустойчивые (высокотемпературные)	150-300°С	Полиимид Полиамидимид Полиэфиримид Полисульфон Полиэфирсульфон Полифенилсульфон полипарафенилен	Фторопласты полифениленсульфид

Существуют также природные полимеры (крахмал, целлюлоза), синтезируют полимеры специального назначения и другие.

Преимущества полимеров перед традиционными материалами:
- снижение массы конструкций;
- получение изделий сложной геометрии;
- быстрая обработка;
- многочисленность методов дополнительной обработки;
- стойкость к химически агрессивным средам, коррозии;
- снижение шума при обработке и эксплуатации;
- изоляционные свойства;
- увеличение ресурса работы изделия.

Реакция **поликонденсации** происходит за счет отщепления функциональных групп или их части. При этом часть массы молекул теряется из-за выделения низкомолекулярного продукта реакции, например, воды. Поликонденсироваться могут различные молекулы. Например, белки – результат поликонденсации различных аминокислот.



Реакция поликонденсации аминокислот

С помощью реакции поликонденсации получают, например, искусственные смолы, которые используют, как связующее (матрицу) при изготовлении композитных материалов. **Эпоксидную смолу** получают при поликонденсации эпихлоргидрина с различными органическими соединениями.

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлены электропроводность и теплопроводность металлов?
2. Какие свойства придают сплавам легирующие элементы?
3. Для чего производят термическую обработку сплавов?
4. Назовите наиболее распространённые сплавы.
5. Какой электропроводностью обладают полупроводники?

6. Почему легирование полупроводников повышает их электропроводность?
7. Какие аллотропные модификации может принимать углерод?
8. Охарактеризуйте неорганические соединения углерода.
9. Какие общие особенности имеют органические вещества?
10. Почему в органической химии используют структурные формулы?
11. По какому критерию органические соединения разделяют на ряды?
11. По какому критерию органические соединения разделяют на классы?
12. Какие функциональные группы имеют кислородсодержащие органические соединения?
13. Какие функциональные группы обязательны для аминокислот?
14. Чем отличаются реакции полимеризации и поликонденсации?
15. На чём основана классификация полимеров?
16. Какие преимущества имеют полимеры по сравнению с традиционными материалами?
17. За счёт каких функциональных групп происходит поликонденсация аминокислот?

Тема 9. Химия в растениеводстве

9.1. Виды энергии регулирующие процессы в живом организме

Любая живая системы – это динамический процесс преобразования вещества и энергии и обмен ими с окружающей средой. В растении световая энергия превращается в энергию химических связей, при этом низкомолекулярные неорганические соединения превращаются в высокомолекулярные органические. Помимо световой энергии в жизнедеятельности растения принимает и тепловая энергия, и энергия ионизирующих излучений.

К **ионизирующему излучению** относят фотоны, элементарные частицы и ядра атомов некоторых элементов. Галактическое космическое излучение (протоны, альфа-частицы и тяжелые ядра) формирует поток плотностью около 1 частицы в секунду на 1 $см^2$ поверхности. Солнечное ионизирующее излучение имеет интенсивность до 7×10^4 част./$см^2$·сек и зависит от солнечной активности. Радиоактивность минералов земной коры определяется долгоживущими радионуклидами и продуктами их распада (^{40}K, ^{232}Th, ^{235}U, ^{238}U, ^{222}Rn и другие). Все живые организмы сформировались в условиях постоянного облучения. Во второй половине XX века к природным источникам излучения добавились продукты ядерных превращений техногенного происхождения. С 1945 г. до 1964 г. проводились наземные, воздушные и надводные испытания ядерного оружия. Затем по договору ядерных держав все ядерные испытания перенесли под землю. В окружающую среду сбрасывали технологические радиоактивные отходы. Произошло несколько аварий с выбросом радиоактивных веществ.

Ионизирующее излучение увеличивают частоту мутаций в ДНК и является одним из важных факторов эволюции. После открытия мутагенного действия ионизирующего излучения его стали широко использовать для индуцированного мутагенеза. После облучения растительный материал изучают и отбирают носителей мутаций наиболее перспективных для использования в растениеводстве.

База данных МАГАТЭ по мутантным сортам содержит информацию о новых сортах, предоставляемую селекционерами разных стран. В настоящее время в ней содержатся данные около 3400 сортов более 200 различных сельскохозяйственных культур из 70 стран, полученных с помощью индуцированного мутагенеза.

Тепловая энергия определяет скорость биохимических реакций и фазовое состояние компонентов живого вещества (воды, липидов). Полный жизненный цикл каждого поколения однолетних растений или сезонный цикл многолетних растений происходит в течение **вегетационного периода**. У большинства растений активные жизненные процессы происходят при температуре, превышающей +10° С. Такая температура называется **активной**. В агрономии применяют такой параметр, как **сумма активных температур** – сумма градусов среднесуточных температур каждого дня вегетационного периода, превышающих 10°С.

Растения бореального климата способны расти и развиваться при более низких температурах, поэтому для них определяют необходимую **сумму положительных температур**.

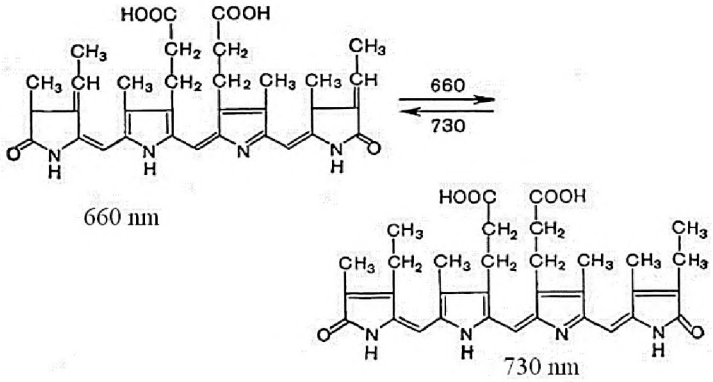
Для каждого вида растений существует также **оптимальная температура**. Например, для хлопчатника оптимальной температурой является 25-30°С, а для льна 15-16°С. При отклонении температуры от оптимальной нарушается химическое равновесие реакций. Поскольку в живой клетке одновременно протекает огромное количество взаимосвязанных последовательных химических превращений, и при изменении температуры скорости реакций изменяются в разной степени, биохимический баланс в клетке нарушается.

Повышение температуры вызывает угнетение и гибель растений из-за несбалансированного ускорения биохимических реакций, а также из-за потери ферментативной активности и денатурации белков.

Понижение температуры так же нарушает биохимическое равновесие, кроме того, растущие кристаллы замерзающей воды повреждают мембраны органелл и клеточные стенки.

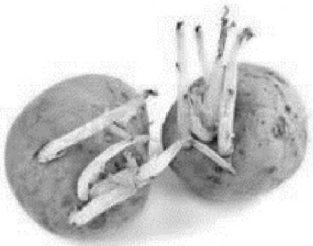
Нужно отметить, что понятие «клетка» для растительного организма довольно условно. Растение состоит из **симпласта** (многоядерной протоплазмы) и **апопласта** (целлюлозно-лигнинового «скелета», придающего симпласту структуру и опору. Отдельные компартменты симпласта, традиционно называемые «клетками», связаны между собой цитоплазматическими «мостиками» – **плазмодесмами**.

Энергия видимого диапазона солнечного света используется растением избирательно. Красный свет посредством системы белков-фоторецепторов **(фитохромов)** регулирует рост растений, запускает очередные фазы развития.



Фитохромы красного и дальнего красного света

Фотоны с длиной волны около 730 нм поглощает **фитохром ДК** (дальнего красного света) после чего он превращается в **фитохром К** (красного света), который переходит обратно в фитохром ДК, поглощая фотоны 660 нм. В темноте происходит медленный переход фитохрома ДК в фитохром К. Этот фитохром управляет формированием длинных, тонких, бесцветных и безлистных (**этиолированных**) побегов, находящихся в почве. Этиолирование побегов обеспечивает их быстрый выход на поверхность.



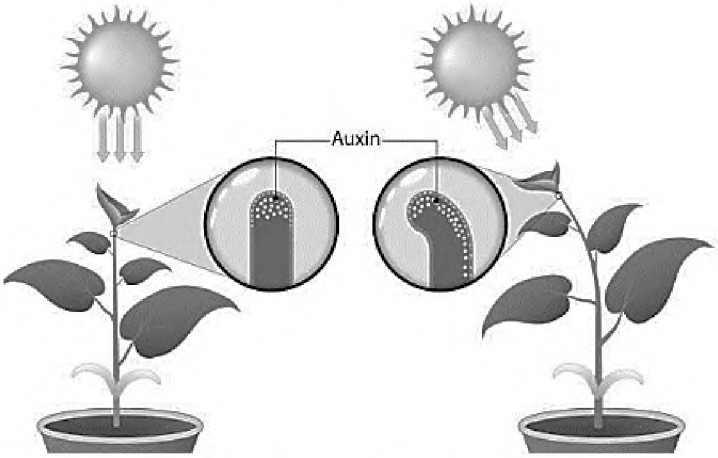
Этиолированные ростки картофеля, проросшего в темноте

После выхода побега на свет в нём накапливается фитохром ДК, который стимулирует процесс разворачивания листьев, синтез хлорофилла, образование механической ткани и другие процессы **деэтиоляции** побегов.

Соотношение фитохромов определяет активность синтеза и содержание **фитогормонов:** гиббереллина, цитокинина, ауксина и

этилена. Гибберелины стимулируют подготовку к цветению, цитокинины – деление клеток, ауксины – рост клеток. Необходимо учитывать, что влияние фитохромов и фитогормоном по-разному проявляется у длиннодневных и короткодневных растений.

Синий свет с длиной волны около 440 нм влияет на распределение ауксина по освещённой и затенённой сторонам побега и вызывает **фототропические изгибы**.



Фототропизм растений под влиянием ауксина

Ауксин накапливается на затенённой стороне и вызывает рост в длину (вытягивание) клеток побега на этой стороне. В результате побег изгибается в направлении к источнику света.

9.2. Преобразование энергии фотонов в фотосинтезе

Превращение энергии фотонов видимого света в энергию химических связей в органических веществах происходит в процессе **фотосинтеза**.

Фотосинтез происходит в два этапа:

1. Преобразование энергии фотонов в энергию макроэргических связей **(световая фаза)**.

2. Преобразование энергии макроэргических связей в энергию ковалентных связей в углеводах **(темновая фаза)**.

Световая фаза происходит на мембранах хлоропластов с помощью **фотосистемы I (ФС I)** и **фотосистемы II (ФС II)**. Фотосистемы – это комплекс вспомогательных пигментов-антенн (хлорофиллов, каротиноидов), которые захватывают фотон подходящей энергии, зависящей от длины волны. Эту энергию они в виде возбуждённого электрона передают в реакционный центр фотосистемы. В реакционном центре – молекуле хлорофилла – происходит химическая реакция.

Фотосистемы способны поглощать фотоны разной длины волны, но пик спектра поглощения у ФС I приходится на фотоны с длиной волны около 700 нм, а у ФС II на 680 нм. Поэтому хлорофилл их реакционных центров часто обозначают как П700 и П680.

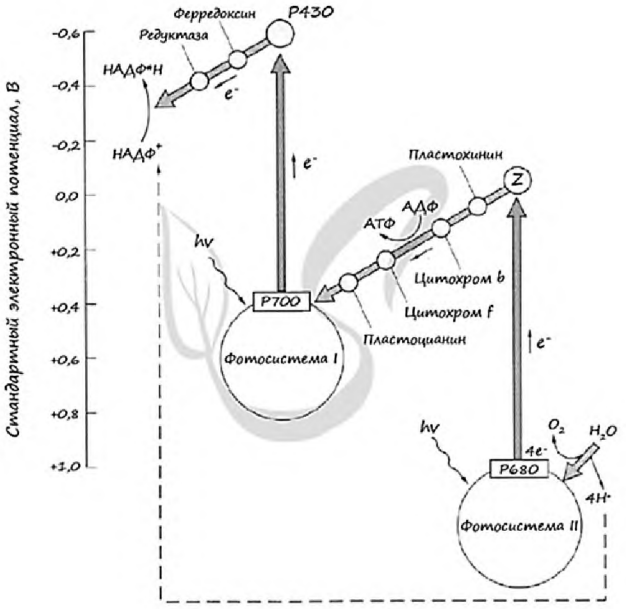
В реакционном центре ФС II энергия поглощённого фотона активирует реакцию расщепления молекулы воды. В результате **фотолиза** воды получается 2 иона H^+, которые переходят в ФС I. Отнятые у них 2 электрона перемещаются по **электронтранспортной цепи (ЭТЦ)** в которую входят цитохромы, пластохинин и пластоцианин. Перемещаясь по цепи переносчиков, электроны отдают часть энергии для образования макроэргической связи – присоединения фосфата к **аденозиндифосфату (АДФ)**. В результате образуется **аденозинтрифосфат (АТФ)**.

Органические фосфаты, в особенности АТФ, затрачивают много энергии для присоединения фосфатной группы (**фосфорилирования**), поэтому связь между органической частью и фосфатами называют **макроэргической**. При разрыве этой связи (**отщеплении фосфата**) выделяется большое количество энергии, которое используется в различных биохимических реакциях. Поэтому АТФ и подобные соединения являются универсальными накопителями и переносчиками энергии в живой клетке.

Таким образом, энергия фотона, поглощённая в ФС II даёт: два протона, два электрона, молекулу АТФ и, в качестве побочного продукта, атомарный кислород. Кислород объединяется в молекулу O_2 и уходит из системы.

ФС I, поглощая фотон, передаёт энергию в виде возбуждённого электрона на цепь переносчиков. В результате из никотинамидаденинуклеотидфосфата ($НАДФ^+$), протонов и электронов, поступивших из ФС II, образуется НАДФ-Н.

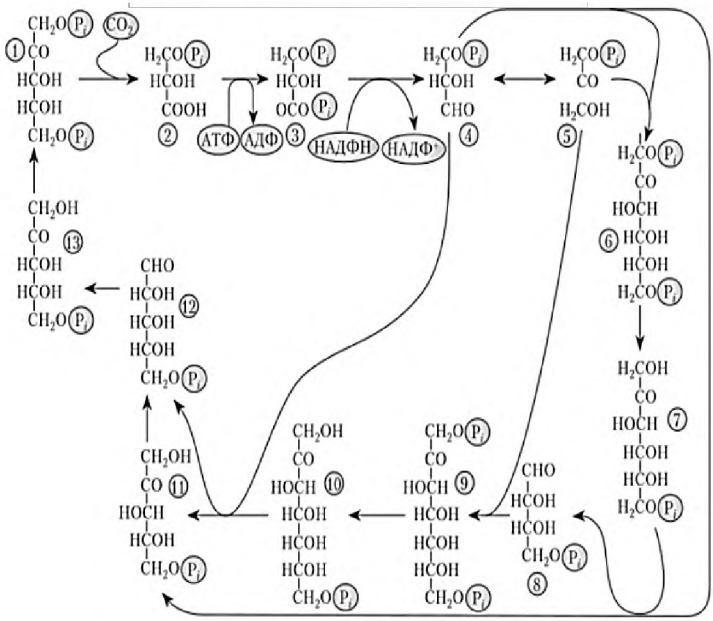
НАДФ-Н и АТФ переходят в цепь биохимических превращений называемую **циклом Кальвина** или в темновую фазу фотосинтеза.



Световая фаза фотосинтеза

Цикл Кальвина – это процесс ассимиляции углерода из молекулы углекислого газа, поступающего из воздуха. Его называют C_3-фотосинтезом, так как первым обнаруживаемым соединением является трёхуглеродное соединение – триглицериновая кислота. В засушливых регионах у растений выработался механизм накопления и «консервирования» углекислого газа, который назвали C_4-фотосинтезом, так как первое обнаруживаемое соединение – четырёхуглеродный фосфоенолпируват. Однако и в C_4-фотосинтезе накопленный CO_2 в конечном итоге поступает в цикл Кальвина.

На первом этапе цикла Кальвина происходит **карбоксилирование** пятиуглеродного соединения **рибулозодифосфата (РДФ)** – CO_2 с помощью фермента **РДФ-карбоксилазы** присоединяется к РДФ. Теоретически в этой реакции должно получиться шестиуглеродное соединение, но оно не обнаружено. Предполагается, что оно очень быстро распадается на две трёхуглеродные молекулы. Затем они активируются с помощью АТФ, восстанавливаются с помощью НАДФ-Н и в результате ряда биохимических преобразований получается глюкоза и молекула РДФ, которая снова подвергается карбоксилированию.



Темновая фаза фотосинтеза – цикл Кальвина

В реакциях световой фазы используется около 1,5-2% солнечной энергии, падающей на земную поверхность её, называют **фотосинтетически активная радиация (ФАР)**. Доля ФАР зависит от способности растения продуктивно использовать солнечную энергию.

Считают, у среднего сельскохозяйственного растения 90% ФАР поглощает лист первого яруса, расположенный горизонтально, около 9 % –лист второго яруса, 0,9% – третьего. Если лист получает слишком мало света, дыхание преобладает над фотосинтезом, поэтому нижние листья светолюбивых растений с возрастом отмирают.

При повышении интенсивности света скорость фотосинтеза сначала увеличивается до некоторого уровня, а затем стабилизируется. Уровень **насыщающей интенсивности света** зависит от обеспеченности растения остальными факторами роста: содержания в воздухе CO_2, температуры, влажности почвы, содержания в почве и доступности необходимых питательных элементов, поражения болезнями и вредителями и других условий.

9.3. Биогенные макроэлементы и их соединения

Биогенными элементами называют все химические элементы, из которых построено живое вещество. Некоторые из них необходимы живому организму в большом количестве, их называют **макроэлементами**. К макроэлементам относят углерод, водород, кислород и азот. Они необходимы абсолютно всем живым существам. Калий можно считать макроэлементом для растений.

Водород в виде иона H^+ растения получают при фотолизе воды. Нефотосинтезирующие организмы потребляют готовые органические вещества, в которых уже есть атомы водорода. При расщеплении питательных органических веществ одним из продуктов является H^+. Он создаёт градиент электрического потенциала на мембране митохондрий, который используется как источник энергии для фосфорилирования АДФ и других реакций с образованием макроэргических связей. Водород не может быть **лимитирующим фактором,** если воды или органических соединений недостаточно, живой организм погибнет от других причин (голода, обезвоживания) раньше, чем от дефицита водорода.

Кислород, как компонент органических соединений необходим всем живым существам. Бактерии получают энергию от неполного расщепления органики (**брожения**). Они не нуждаются в газообразном кислороде, а некоторые из них (анаэробы) погибают в его присутствии. Газообразный чистый кислород необходим для полного расщепления органических соединений до CO_2 и H_2O (**дыхания**). Организмы, нуждающиеся в газообразном кислороде, называют **аэробами**. Они получают O_2 из воздуха. (Водные растения и животные потребляют кислород, растворённый в воде). Содержание кислорода в атмосферном воздухе достаточно стабильно и для зеленых фотосинтезирующих частей растения кислород, естественно, не является потенциально лимитирующим фактором. В почвенном воздухе доля кислорода значительно ниже, чем в атмосфере, из-за дыхания корней и почвенных организмов. Из атмосферы в почву кислород поступает через почвенные поры. Доля пор в объёме ненарушенной почвы называется **скважностью аэрации**. На переувлажненной или переуплотненной почве, а также при высоком снежном покрове, когда аэрация нарушена, корни растений угнетаются и погибают. Оптимальное содержание O_2 в почвенном растворе 2-3%. При избытке кислорода происходит окисление

химических элементов и их соединений. У окисленных соединений снижается растворимость, уменьшается подвижность катионов, они становятся менее доступными для растений.

Углерод – главный компонент живого вещества. Животные, грибы и большинство бактерий получают углерод в составе органических соединений пищи или субстрата. Источником углерода для паразитных растений являются растворимые органические вещества клеточного сока и цитоплазмы растения-хозяина. Например, повилика во взрослом состоянии имеет только стебель с **гаусториями**, проникающими в ткани растения-хозяина и «высасывающими» из него питательный раствор, и генеративные органы. Петров крест паразитирует на корнях, обитает в почве и выносит на поверхность бесхлорофилльный побег только в период цветения. Существуют и растения полупаразиты: заразиха, погремок и другие. Они и сами способны к фотосинтезу, но часть питательных веществ получают от растения-хозяина.

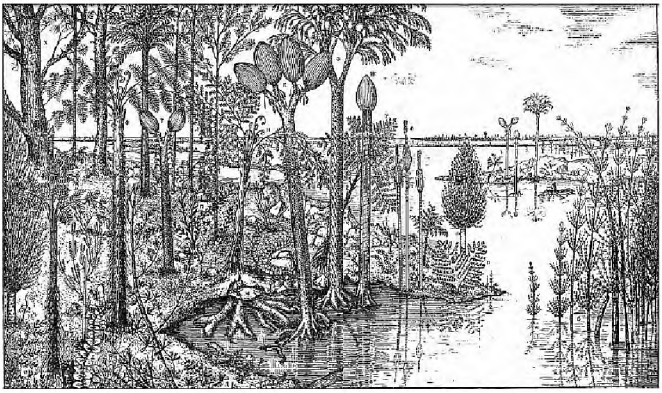
Большинство растений получают углерод с помощью фиксации углекислого газа в цикле Кальвина. CO_2 проникает в фотосинтезирующие органы из атмосферного воздуха через поры в эпидермисе. В листе есть межклеточное пространство, в котором хранится небольшой запас углекислого газа.

Углекислый газ является важным лимитирующим фактором, от которого во многом зависит продуктивность растения. Его запас в межклетниках при закрытых устьицах быстро расходуется. Кроме того, в атмосфере в настоящее время сохраняется острый дефицит углекислого газа. Считают, что оптимальные для растений климатические условия были от каменноугольного периода (около 300-360 млн. лет назад) до антропогенного (четвертичного) периода (около 2,6 млн. лет назад до настоящего времени). В это время средняя температура планеты составляла 20-23°С, содержание CO_2 в атмосфере – 0,4-4,0%.

В антропогене средняя температура планеты составляет 15°С, содержание углекислого газа упало в десятки раз. Покрытосеменные растения более устойчивы к низкой влажности и дефициту CO_2, чем растения каменноугольного периода. Но и они в современных условиях не раскрывают свой потенциал в полной мере.

Растения засушливого климата постоянно испытывают недостаток углекислого газа, так как днем устьица листьев закрыты для снижения потерь воды из-за транспирации. Концентрация CO_2 в

воздухе межклетников быстро снижается и РДФ-карбоксилаза переходит от фиксации углерода к фотодыханию: окислению рибулозодифосфата и цепи реакций, в результате которых теряется энергия, углерод и аминогруппа. Потому у многих тропических растений – кукурузы, проса, сорго и других – развился **C_4-путь фиксации углерода**. В клетках мезофилла CO_2 связывается с фосфоенолпируватом при участии ФЕП-карбоксилазы. Этот фермент работает при значительно более низких концентрациях углекислого газа (в 20-30 раз), чем РДФ-карбоксилаза. В результате реакции образуется оксалоацетат, а на следующем этапе – малат, который переходит по плазмодесмам в клетки обкладки проводящих пучков. В клетках обкладки малат расщепляется на пируват и CO_2, который включается в цикл Кальвина. ФЕП-карбоксилаза выполняет функцию насоса, накачивая углекислый газ в клетки обкладки и создавая концентрацию, достаточную для эффективной работы РДФ-карбоксилазы. Такая перекачка блокирует фотодыхание, так как ФЕП-карбоксилаза не взаимодействует с кислородом, а РДФ-карбоксилаза находится в клетках, не имеющих прямого контакта с воздухом межклетников. На транспорт одной молекулы CO_2 расходуется энергия двух фосфатных связей, однако в конечном итоге, благодаря высокой эффективности работы ферментов, скорость фотосинтеза у C_4-растений выше. Энергетически этот путь более выгоден в условиях высокой освещенности. Если лимитирующим фактором фотосинтеза является не CO_2, а энергия (в прохладных и влажных районах умеренного климата), более эффективен C_3-способ фиксации.



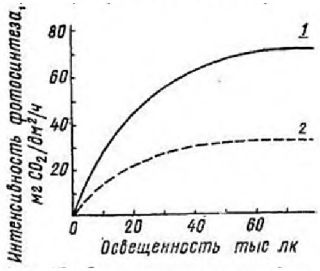
Растения каменноугольного периода

Современное содержание CO_2 в атмосфере около 0,03%. Точное измерение довольно сложно, так как выделение и поглощение его в различных условиях сильно варьирует. В мегаполисах концентрация углекислого газа может быть значительно выше, чем в лесу или на лугу при хорошем освещении.

В растительных сообществах поступление CO_2 в воздух обеспечивается за счет дыхания корней растений и минерализации растительных остатков почвенными беспозвоночными и микроорганизмами. В безветренную погоду CO_2 быстро ассимилируется, и его концентрация снижается.

Поскольку CO_2 это газ, более тяжелый, чем воздух в целом, он остаётся в нижних, недостаточно освещенных ярусах листьев, а для эффективного фотосинтеза верхних листьев его концентрация слишком низка. Поэтому сельскохозяйственные растения размещают таким образом, чтобы обеспечить проветривание и освещение всех ярусов.

В парниках и теплицах концентрация CO_2 значительно выше, он образуется за счет разложения навоза. В растениеводстве защищенного грунта в теплицах сжигают мазут или другое топливо (одновременно теплица отапливается и насыщается углекислым газом); размещают твердую двуокись углерода (сухой лёд), либо доставляют углекислый газ в баллонах. При повышении концентрации CO_2 до 0,04-0,05% урожай может удвоиться (если остальные факторы не становятся лимитирующими). Излишек углекислого газа может привести к закислению цитоплазмы. Однако при достаточной освещенности он быстро ассимилируется. Проведены эксперименты по определению зависимости скорости фотосинтеза от освещённости. При возрастании освещённости скорость фотосинтеза растёт до определённого предела, а затем рост прекращается. Это явление называют **световой депрессией фотосинтеза.**



Зависимость фотосинтеза в листьях пшеницы от освещённости
1 – при 0,15% CO_2 в воздухе; 2 – при 0,032% CO_2 в воздухе

Уровень световой депрессии при прочих равных условиях зависит от концентрации CO_2. В экспериментах при освещённости 20000 лк и концентрации углекислого газа до 0,35% скорость фотосинтеза увеличивалась в 15 раз (потенцирующий эффект действия двух факторов).

Вода универсальный субстрат живого вещества. Любой организм представляет собой сложный, компартментализированный липидно-белковыми мембранами, водный раствор. Растительная биомасса на 80-90% состоит из воды. Вода является растворителем, химическим реагентом, источником протонов для создания градиента зарядов, формирует гидратную оболочку ионов, служит температурным буфером, за счёт транспирации регулирует теплоотдачу.

Концентрация питательных элементов в почвенном растворе довольно низкая, поэтому для формирования своей биомассы растения перерабатывают очень большое количество почвенного раствора. 2-3% поглощенной корнями воды формируют биомассу. Биогенные элементы ассимилируются, а остальная вода испаряется (**транспирация**). Отношение массы испарившейся воды к массе образовавшегося растения называют **транспирационным коэффициентом**. Транспирационный коэффициент у разных видов и сортов сельскохозяйственных растений бореального и суббореального климата составляет от 230-370 (кукуруза) до 400-550 (пшеница, картофель). Во влажных субтропиках – около 1000 (соя). Считают, что для получения 1 центнера урожая зерновых необходимо около 10 мм осадков или 100 тонн воды на гектар.

В почве находится **химически связанная** кристаллизационная и гидратная вода. Она входит в состав некоторых солей и в состав кристаллогидратов. Удаляется при прокаливании при температуре более 150°С и недоступна для растений.

На поверхности почвенных частиц из почвенного воздуха абсорбируется **гигроскопическая** вода и адсорбируется из почвенного раствора **пленочная** вода. Их называют **сорбционно связанной** водой. Гигроскопическая вода удаляется при 105°С и также недоступна для растений. Часть рыхлосвязанной пленочной воды растения способны поглощать.

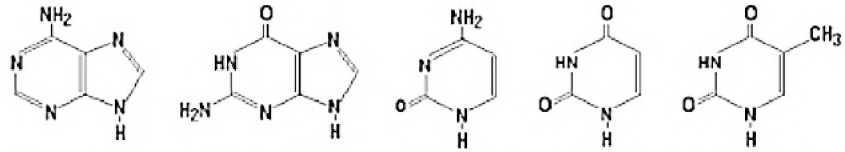
Свободная капиллярная вода легко перемещается внутри структурных агрегатов почвы и хорошо поглощается корневыми волосками. Выделяют ещё и гравитационную воду. Она заполняет

крупные некапиллярные поры почвы и пространство между структурными агрегатами во время дождя или полива. Доступна для растений, но быстро стекает под действием гравитации и попадает в грунтовые воды.

9.4. Минеральное питание растений

Практически все необходимые химические элементы, за исключением углерода и кислорода, растения получает из почвенного раствора.

Азот – входит в состав аминогруппы аминокислот и белков. Гетроциклические соединения азота – пурин и пиримидин – основа для нуклеотидов и нуклеиновых кислот.



Пуриновые основания Пиримидиновые основания

Азотистые основания

Растения способны поглощать из почвенного раствора ионы аммония, нитраты и нитриты. Растворимые соединения азота попадают в почвенный раствор тремя путями:

1. Во время грозовых разрядов в атмосфере образуются оксиды азота. При растворении их в атмосферной воде образуется слабый раствор азотистой и азотной кислот, который выпадает с дождём на поверхность почвы.

2. Некоторые микроорганизмы, как свободно живущие в почве цианобактерии, так и симбионты растений клубеньковые бактерии, способны фиксировать атмосферный азот из воздуха.

3. Растворимые неорганические соединения азота высвобождаются при разложении **(минерализации)** растительных остатков и остатков жизнедеятельности животных и бактерий.

Азот часто становится лимитирующим фактором в агроценозе, поэтому для получения урожая необходимо внесение органических или минеральных удобрений.

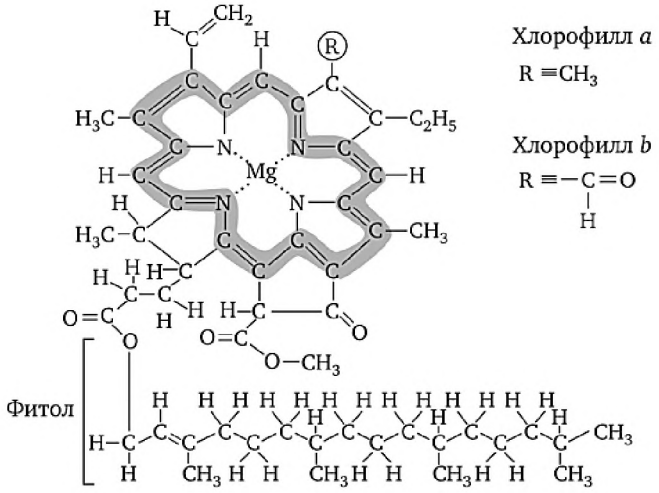
К азотным удобрениям относят:

- аммиачные удобрения: сульфат аммония, хлористый аммоний, карбонат аммония и другие соли аммония;
- нитратные удобрения: калиевая селитра, натриевая селитра, кальциевая селитра;
- аммиачно-нитратные удобрения: аммиачная селитра;
- амидные удобрения: мочевина (карбамид), цианамид кальция.

Калий – не образует органических соединений в живой клетке, он присутствует в растительной ткани только в форме K^+. Его главная функция – поддержание осмотического давления, регулирование внутреннего давления (**тургора**) клеток. Калий входит в состав клеточного сока, обеспечивает морозостойкость растений. Практически все соединения калия, находящиеся в почве, хорошо растворимы и быстро вымываются из почвы дождевыми и талыми водами. Калий высвобождается при разложении растительных остатков или продуктов жизнедеятельности животных и микроорганизмов. Некоторая часть калия депонируется **почвенным поглощающим комплексом (ППК)** и пополняет его содержание в почвенном растворе в результате реакции обмена. Глинистые минералы необратимо связывают калий, встраивая его в структуру кремнекислородных радикалов. На лёгких почвах, бедных глиной и гумусом, растения обычно испытывают дефицит калия. Калийные удобрения – хлористый калий (минерал сильвинит), сульфат калия, калиевая селитра.

Мезоэлементами называют кальций, магний и серу.

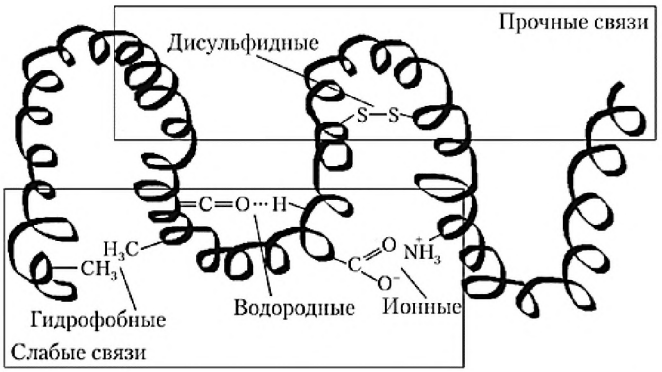
Кальций – в соединении с пектином цементирует целлюлозно-лигниновый каркас клеточных стенок. В почве обычно достаточно карбонатов кальция, и в слабокислой среде он хорошо доступен растениям в виде иона Ca^{2+}. В некоторых случаях, при дефиците кальция в почве или его малой доступности у растений не формируется полноценный каркас клеточных стенок (вершинная гниль томатов, стекловидность яблок). Рекомендуется внекорневая подкормка – опрыскивание раствором кальциевой селитры.



Структура молекулы хлорофилла

Магний является активным центром хлорофилла, передаёт энергию возбуждённого фотоном электрона атомам азота в пиррольном кольце. Обычно в почве достаточно доступных для растения ионов Mg^{2+}.

Сера – в виде тиоловой группы входит в состав аминокислот – цистеина и метионина. Тиоловые группы образуют дисульфидные мостики, которые придают молекулам белков специфическую конформацию – **третичную структуру**. Сера не является лимитирующим фактором, её содержание в почве обычно достаточно.



Третичная структура белка и дисульфидный мостик

Микроэлементы. Практически все химические реакции в живом организме регулируются специфическими катализаторами – **ферментами**. В ряде процессов принимают участие пигменты и переносчики ионов или электронов. Большинство из них активируется либо вспомогательными веществами – **коферментами**, либо металлами с переменной валентностью, которые служат переносчиками электронов в окислительно-восстановительных реакциях или обеспечивают образование фермент-субстратного комплекса за счет своей поливалентности. Например, процесс дыхания (разложение органических веществ до CO_2 и H_2O в присутствии кислорода – **цикл Кребса**) регулируется группой ферментов, имеющих в своем составе медь, цинк, марганец, кобальт, а окисление до конечных продуктов происходит при участии бора и титана. Фотосинтез обеспечивают ферменты, включающие цинк, марганец, железо, медь и пигмент хлорофилл, содержащий магний. Регуляции фотосинтеза осуществляется при участии бора, кобальта, молибдена и других элементов. Хлор, по-видимому, участвует в регуляции тургора клеток, хром входит в состав нуклеопротеидов.

Активный центр фермента или пигмента – это обычно один атом металла. Например, один атом цинка в составе молекулы карбоангидразы обеспечивает фиксацию 36 миллионов молекул CO_2 в минуту. Благодаря высокой эффективности реакционных центров, количество атомов поливалентных металлов, входящих в состав ферментов очень мало. Поэтому их называют микроэлементами.

Механизм действия некоторых микроэлементов пока мало изучен. Известно, что разные виды растений способны избирательно накапливать многие элементы. В составе фитомассы континентов обнаружено 32 элемента в количествах от $0{,}002 \cdot 10^{-4}$% до $96{,}0 \cdot 10^{-4}$%. Однако не всегда удаётся определить, является ли элемент необходимым растению, пусть даже и в следовых количествах, или поступает попутно с необходимым элементом. Например, содержание безусловно необходимого микроэлемента марганца в совокупной фитомассе биосферы по расчётам достигает 600 миллионов тонн, а содержание урана, функция которого неизвестна – 50 тысяч тонн.

Считают, что необходимые растению микроэлементы активно поглощаются и накапливаются в большем количестве, чем их содержание в почве или в субстрате. Отношение концентрации

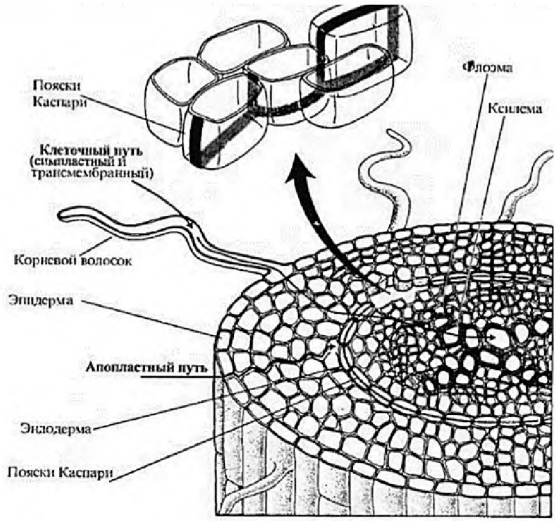
элемента в золе фитомассы к его содержанию в горных породах, называют **коэффициентом биологического поглощения ($К_б$)**. Его значения варьируют в широких пределах: от 0,03 (галлий) до 50,0 (бор). Отдельные виды растений сильно различаются по значению $К_б$ для разных элементов. Наиболее изменчив $К_б$ стронция: для злаков он составляет 0,1, для ягодников достигает 20-30. Ячмень и чечевица накапливают мышьяк; лук, сельдерей, дыня – бром; чай, свекла, бобовые – фтор; мак, хлопчатник, табак – литий; бобовые накапливают также кальций, кобальт, медь, молибден, цинк. Макроэлементы также накапливаются избирательно: в золе картофеля 64% калия, в золе клевера 35% кальция, в золе хрена и редьки 25% серы, в сельдерее 16% хлора. Обнаружено больше десятка «условно необходимых» элементов: литий, фтор, никель, серебро и другие. Возможно, некоторые микроэлементы нужны растениям в следовых количествах. Например, общее содержание ртути, селена, серебра в фитомассе континентов в 5-20 тысяч раз ниже, чем содержание марганца, но их количество в горных породах значительно меньше, то есть коэффициент биологического поглощения у них выше: у марганца – 6,9, а у селена – 7,1; ртути – 7,6; серебра – 12,5.

9.5. Механизм поступления химических элементов в растение

Практически все химические элементы, за исключением углерода, поступают в растение в составе почвенного раствора **по корневому пути**.

Целлюлозно-лигниновая оболочка корневых волосков проводит по **апопластическому пути** практически все компоненты почвенного раствора до определённого барьера. Апопласт в районе **поясков Каспари** пропитан гидрофобным веществом **(суберином)** и непроницаем для водного раствора.

Небольшая часть почвенного раствора может проникнуть в ксилему через кончик корня, так как в нём пояски Каспари не сформированы. Однако большая часть необходимых растению ионов поступает в симпласт через барьер – **клеточную мембрану**. Мембрана состоит из двойного липидного слоя, то есть из гидрофобных липидов, которые плохо взаимодействуют с диполями воды и с ионами, окружёнными гидратной оболочкой.



Поступление почвенного раствора в корневую систему

Одиночные молекулы воды относительно легко проникают через мембрану, потому что очень малы по сравнению с молекулами липидов. Кроме того, в мембране есть белки – аквапорины, которые обеспечивают эффективный перенос воды. Но гидратированные ионы имеют большие размеры и электрически заряжены.

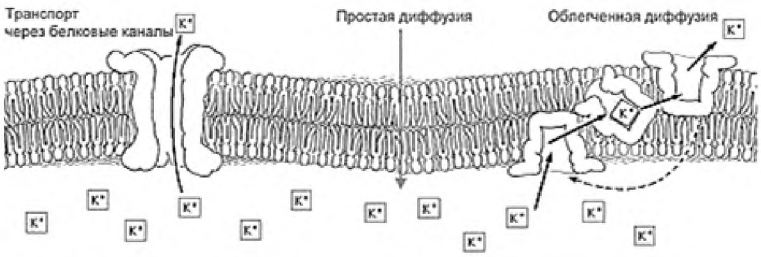
Поэтому существует несколько механизмов проникновения компонентов почвенного раствора в симпласт.

1. **Диффузия.** Часть ионов проникает через мембрану под действием **электрохимического градиента**. Скорость диффузии зависит как от самого градиента – отношения концентраций иона и его биохимических аналогов до и после мембраны, так и от величины отношения заряда иона к его радиусу (**ионного потенциала**). Хорошо проникают в клетку:

- элементы с низким ионным потенциалом, которые образуют легко гидратируемые катионы;
- элементы с высоким ионным потенциалом, дающие гидратируемые анионы.

Липофильность ионов определяет их подвижность при пересечении мембраны. Так, скорость движения в мембране растительного симпласта (**коэффициент проницаемости**) у катиона калия – 10^{-6} см/сек; у катиона натрия – 10^{-7} см/сек; у аниона хлора – 10^{-8} см/сек.

Простая диффузия эффективна для гидрофобных (липофильных) молекул и ионов.



Виды диффузии через биологические мембраны

Для гидрофильных ионов более эффективна диффузия с помощью **каналов** и **облегчённая диффузия (индуцированный транспорт)** с помощью **ионофоров**.

1. **Липопротеиновые каналы** специфичны для определённых ионов (натриевый канал, калиевый канал и др.). Это связано с «жёсткостью» канала. Например, калиевый канал имеет сечение 0,45×0,45 нм, а натриевый – 0,3×0,5 нм. Но эта специфичность не абсолютна. Более мелкие ионы могут пройти через канал для более крупного иона. Кроме того, некоторые ионы способны взаимодействовать со стенками канала. Ионы гидроксиламмония и метиламмония имеют одинаковые размеры 0,45×0,38×0,38 нм, однако группа -ОН гидроксиламмония образует водородную связь с молекулами поры, что уменьшает эффективный размер этого иона и обеспечивает его прохождение через натриевый канал. Слишком мелкие ионы (меньше 0,26 нм) напротив, плохо взаимодействуют с функциональными группами канала, поэтому их проницаемость мала. Например, относительная проницаемость лития в натриевом канале равна 0,93; а в калиевом – 0,02.

Каналы соответствуют размеру одного гидратированного иона. Поэтому движение ионов в каналах всегда однорядное и направлено по электрохимическому градиенту. Но скорость перемещения ионов нелинейно зависит от градиента. Ион, проходящий через канал, отталкивает от него одноимённо заряженные

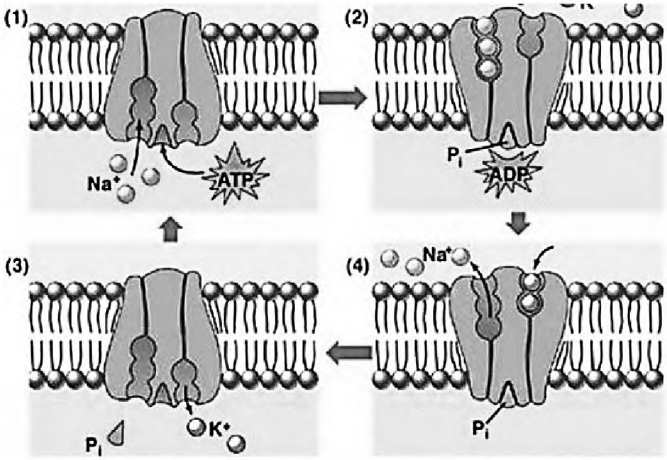
ионы, поэтому при повышении концентрации скорость переноса будет возрастать только до определённого предела (насыщения).

2. **Ионофоры** – это белковые структуры, встроенные в мембрану. При контакте с соответствующим ионом, они захватывают его и изменяют свою конформацию таким образом, что захваченный ион оказывается на другой стороне мембраны. **Индуцированный транспорт** посредством молекул-ионофоров как и транспорт через каналы, обеспечивает селективное поглощение элементов. Механизм селективности может быть различным. Например, для ионофора **монактина** «предпочтительность переноса»: $K^+ > Rb^+ >> Cs^+ > Na^+ >> Li^+$. Ионофор **валиномицин**, полностью дегидратирует K^+, образуя комплексное соединение. При этом карбонильные группы валиномицина извлекают ион калия из гидратной оболочки. Это происходит благодаря тому, что внутренняя полость валиномицина соответствует по размеру ионному радиусу K^+. У иона Na^+ ионный радиус меньше, поэтому расстояние его до карбонильных групп внутренней полости валиномицина слишком велико, и энергия связывания с карбонильными группами меньше, чем с диполями гидратной оболочки и недостаточна для дегидратации Na^+.

Перенос ионов через мембрану наиболее эффективен, когда молекулы ионофора связаны с ионным каналом. К таким **каналообразующим агентам** относятся грамицидин А, аламетицин, амфотерицин, моназомицин и полиеновые антибиотики.

3. **Активный транспорт ионов через мембрану**

Для того, чтобы перенести ионы против градиента электрохимического потенциала необходимо затратить энергию. Пример **активного транспорта**: Mg^{2+}-зависимая Na^+, K^+-стимулируемая АТФ-аза состоит из малой и большой субъединиц. Большая субъединица связывает 3 иона Na^+ на внутренней стороне мембраны, а малая связывает 2 иона K^+ с наружной стороны. Далее происходит конформация субъединиц и они обмениваются ионами. В результате K^+ перемещается в клетку, а Na выводится из нее. При этом дефосфорилируется молекула АТФ. Её энергия расходуется на обеспечение взаимодействия ионов и связывающих центров.



Натриево-калиевый насос

В митохондриях сначала происходит активный перенос протонов через протонный канал H^+-АТФазы, а потом созданный электрохимический потенциал расходуется на фосфорилирование молекул АДФ.

9.6. Биохимические аналоги питательных элементов.

В условиях техногенного загрязнения почвы серьёзной проблемой становится поступление в урожай тяжелых металлов и радионуклидов. Хотя растения способны селективно поглощать ионы, но при дефиците питательных элементов через мембрану могут проникать и сходные с ними ксенобиотики.

Биохимические аналоги питательных элементов – ионы похожие на них по размерам и химическим свойствам – поглощаются растением совместно и конкурируют друг с другом: для K^+ биохимическими аналогами являются Rb^+ и в меньшей степени Cs^+; для Ca^{2+} – Sr^{2+}; для Cl^- – Br^-; для SO_4^{2-} – SeO_4^{2-}; для Zn^{2+} – Cu^{2+} и другие. H^+ конкурирует с катионами, поэтому в кислых почвах уменьшается поглощение катионов, особенно одно- и двухвалентных, а в щелочных почвах, соответственно уменьшается поглощение анионов – конкурентов OH^-.

Нужно учитывать, что поглощение Fe, Al и Mn, напротив, в кислой почве увеличивается, пони отому что переходят из нерастворимых гидроксидов в растворимые соли. В переувлажненных почвах Fe уменьшает степень окисления и его соединения так же становится более растворимыми. Поэтому на заболоченных и кислых почвах эти элементы накапливаются в растениях в больших, токсичных для растений дозах.

В засоленных почвах в большом количестве содержатся хлориды, сульфаты и карбонаты. Они конкурируют с нитратами и фосфатами. Натрий конкурирует с калием и аммонием. На карбонатных и излишне известкованных почвах Mg, Fe и микроэлементы переходят в малорастворимые формы, поэтому растения страдают от их недостатка.

Эффективность переноса химических элементов через мембрану оценивают с помощью **коэффициента перехода** ($К_п$).

$$К_п = \frac{C_2}{C_1}$$

где C_1 – концентрация элемента до мембраны, C_2 – после мембраны.

Ионы щелочных металлов находятся в цитоплазме и клеточном соке в свободном состоянии. Если не происходит «накачка» их с помощью активного транспорта, то их концентрации в симпласте и в почвенном растворе практически одинаковы.

Поливалентные металлы после поглощения могут образовывать в цитоплазме прочные комплексные соединения, тогда концентрация их ионов в цитоплазме будет оставаться минимальной. Градиент концентрации их ионов между симпластом и почвенным раствором будет сохранятся. Диффузия будет продолжаться. В результате накопление этих элементов в растениях будет выше, чем в почве. Это явление особенно наглядно проявляется для **рассеянных элементов**, концентрации которых в почве очень малы.

Аккумуляцию рассеянных элементов в фитомассе оценивают с помощью **коэффициента накопления** ($К_н$).

$$К_н = \frac{C_ф}{C_п}$$

где $C_ф$ – концентрация элемента в сухой фитомассе растения (мг/кг сухой фитомассы), $C_п$ – содержание его в корнеобитаемом слое почвы (мг/кг почвы).

Ионам при их перемещении по растению необходимо преодолеть несколько мембранных барьеров:

- первый – в корне, в пояске Каспари;
- второй – на границе корня и побега в подсемядольном колене; здесь проводящие сосудистые пучки – **ксилема и флоэма** – «меняются местами»;
- третий – на границе побега и формирующегося плода.

Поэтому накопление биохимических аналогов неодинаково в различных органах растения. Тяжелые металлы и радионуклиды при корневом пути поступления в наибольшей степени накапливаются в корнях, в наименьшей – в генеративных органах (цветках и плодах). Однако, для некоторых элементов это правило не соблюдается. Так, концентрация хрома в нуклеопротеидах семян значительно выше, чем в остальной фитомассе. Кадмий, функция которого в растительном организме неясна, накапливается в растении очень хорошо. Его содержание в фитомассе в несколько раз больше, чем его содержание в почве. При этом кадмий способен одинаково легко передвигаться как в **акропетальном** (снизу-вверх), так и в **базипетальном** (сверху вниз) направлении. Остальные ксенобиотики обычно накапливаются в листьях и у многолетних растений удаляются во время листопада.

Для оценки избирательности поглощения химических элементов с целью прогнозирования уровня загрязнения урожая токсичными или радиоактивными биохимическими аналогами, и для планирования мероприятий для снижения такого загрязнения используют эмпирически установленные **коэффициенты дискриминации** ($К_д$).

Например, в сельскохозяйственной радиобиологии концентрация ^{90}Sr относительно его биохимического аналога Ca выражается в **стронциевых единицах:**

$$С.е. = \frac{C_{Sr}}{C_{Ca}}$$

где C_{Sr} – концентрация ^{90}Sr в пикоКюри на кг фитомассы или почвы, C_{Ca} – концентрация Ca в мг.

Для пары ^{137}Cs-K аналогичным образом рассчитывают **цезиевые единицы.**

Тогда отношение количества стронциевых (цезиевых) единиц после мембранного барьера к количеству стронциевых (цезиевых) единиц до барьера и называют **коэффициентом дискриминации** ($К_д = с.е._{после}/с.е._{до}$).

Чем меньше $К_д$, тем больше селективность поглощения, то есть, тем лучше растение различает необходимые ему элементы и их биохимические аналоги.

У разных видов и сортов сельскохозяйственных культур $К_д$ и $К_н$ могут различаться в несколько раз.

Например, при создании засухоустойчивых сортов картофеля селекционеры могут выбрать сеянцы двух фенотипов:

- растения с мощной корневой системой поглощает большое количество почвенного раствора, излишняя вода удаляется при транспирации, а растворенные вещества накапливаются в биомассе.

- растение формирует листья с сильным опушением, которое уменьшает транспирацию и, соответственно, снижает поглощение почвенного раствора. Такие растения накапливают значительно меньше балластных элементов на единицу биомассы. При загрязнении почв радиоактивными изотопами и токсичными элементами сортоизучение и селекция культурных растений в направлении повышения способности к дискриминации химических элементов может быть перспективным методом получения сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам.

9.7. Оптимизация элементного состава почвенного раствора

Формирование будущего урожая зависит от многих факторов: фотосинтетически активной радиации, температуры и суммы активных температур, количества доступной влаги в почве, содержания в ней питательных элементов и других условий. В каждый момент один из этих факторов является **лимитирующим**, то есть, ограничивающим развитие растения, цветение, плодоношение, накопление органических веществ в урожае, созревание плодов. При оптимизации этого фактора лимитирующим становится следующий фактор.

Основная задача агронома – так сбалансировать условия возделывания культуры, чтобы получить наибольший урожай при минимальных затратах на оптимизацию. Некоторые факторы, например, солнечную энергию, количество осадков, температуру воздуха оптимизировать в полевых условиях невозможно или неоправданно дорого.

Потенциальный урожай сорта, адаптированного к местным климатическим условиям, можно рассчитать исходя из ФАР и прогнозируемого количества влаги в почве в течение вегетационного периода. В зависимости от планируемой величины будущего урожая, необходимо обеспечить растения необходимым количеством элементов минерального питания.

Для этого нужно определить **вынос питательных элементов с планируемым урожаем**.

Допустим, потенциальный урожай зерна озимой пшеницы составляет около 4 т с гектара. Для обеспечения такого урожая растения должны получить 120 кг азота, 52 кг фосфора, 100 кг калия.

Примерный вынос N, P_2O_5 и K_2O с биомассой сельскохозяйственных культур на 1 тонну основной продукции, кг

Культура	N	P_2O_5	K_2O
Пшеница озимая	30	13	25
Пшеница яровая	35	12	25
Рожь озимая	25	12	26
Гречиха	30	15	40
Горох	66	12	20
Картофель	6	2	9

Примечание: *Содержание фосфора и калия определяют в золе растений, где эти элементы находятся в форме оксидов.*

Часть необходимых элементов растения получат из почвы. Зерновые культуры способны использовать 5-10% подвижного фосфора, 15-20% обменного калия, 30-50% биологического азота из

находящихся в почве. По результатам агрохимического анализа устанавливают фактическое содержание в почве доступных форм необходимых элементов и рассчитывают **уровень обеспеченности** ими. Недостающее количество должно быть внесено с удобрениями.

Органические удобрения (навоз, компост, торф и др.) постепенно разлагаются (**минерализуются**) бактериями и грибами и высвобождают соединения азота, фосфора, калия, кальция, магния и микроэлементов в доступной для растений форме. Углекислый газ, выделяемый микроорганизмами при биохимическом «горении», ассимилируется в процессе фотосинтеза.

В первый год после внесения навоза или компоста растения используют 20-30% азота, 30-50% фосфора, 50-80% калия. Во второй год использование питательных веществ из органических удобрений составляет 10-15%.

Органические удобрения быстро окисляются на воздухе, поэтому их вносят осенью под зяблевую вспашку. В большинстве случаев для оптимизации минерального питания растений вносят не более 100-150 т/га органических удобрений. При больших дозах урожай ограничивается другим лимитирующим фактором.

В пригородном овощеводстве в качестве органического удобрения могут применять осадок сточных вод. Однако бытовые сточные воды могут содержать кадмий, ртуть и другие токсичные элементы. Подвижность тяжелых металлов и доступность их для растений зависит от pH почвы, её физико-химических свойств и от других факторов. Поэтому при внесении в почву осадка сточных вод качество всей овощной продукции должно постоянно контролироваться.

Если лимитирующим фактором является азот, а обеспеченность почвы фосфором, калием и органическим веществом достаточно хорошая, то целесообразно применять **бактериальные удобрения**. Азотфиксирующие бактерии способны ассимилировать азот из атмосферного воздуха. Бобовые являются симбионтами азотфиксирующих клубеньковых бактерий и используют ассимилированный ими азот. Препаратами клубеньковых бактерий рода Ризобиум обрабатывают семена бобовых растений непосредственно перед посевом. Для повышения эффективности работы бактерий к препарату добавляют микроэлементы – бор и молибден.

Молибден входит в состав **нитрогеназы** – молибденоферропротеина с молекулярной массой около $2,2^{*}10^{5}$ в комплексе с ферропротеином (масса $5 \cdot 10^{4}$).

Содержание основных питательных элементов в органических удобрениях (%%)

Вид удобрения	N общий	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Органические вещества
Свежий навоз	0,5-0,8	0,2-0,25	0,5-0,6	0,2-0,4	0,1-0,15	20-30
Навоз после 4 мес. хранения	0,6-0,7	0,3-0,4	0,4-0,5	0,2-0,25	0,1-0,12	18-20
Торф	1,5-3,0	0,1-0,2	0,2-0,5	0,3-1,7	0,1-0,7	50
Птичий помет	0,6-1,0	0,5-1,5	0,5-1,0	0,7-2,4	0,3-0,7	25-30
Осадок сточных вод	2,0-4,0	2,0-4,0	0,01-0,2	3,0-5,0	1,0-6,0	50-70
Зеленая масса сидератов	0,53	0,12	0,21	0,50	не обнаружено	20-30

Для обработки семян зерновых и овощных культур, тепличных грунтов применяют препарат бактерии азотобактера**.** Азотобактер не является симбионтом, но также, как и клубеньковые бактерии, фиксирует атмосферный азот, синтезирует ауксины и гиббереллины, подавляет некоторые патогенные микроорганизмы.

Количество органических удобрений, которыми располагает хозяйство, обычно ограничено. Они разлагаются и теряют питательные вещества в процессе хранения, непригодны для оперативного регулирования минерального питания растений, так как медленно минерализуются.

Поэтому, для точной и оперативной оптимизации минерального питания растений используют **минеральные удобрения.** Они имеют постоянный состав, выдерживают длительное хранение, их удобно дозировать, они наиболее технологичны: легко транспортируются и вносятся в почву. Азотные и калийные удобрения быстро

растворяются и усваиваются растениями. Малорастворимые фосфаты постепенно растворяются в почвенном растворе при действии органических кислот, выделяемых корнями растений.

Для определения необходимой дозы внесения минеральных удобрений, рассчитывают, какое количество азота, фосфора и калия растения смогут получить из почвы и внесенного органического удобрения. Затем, зная, какое количество питательных элементов необходимо для получения запланированного урожая, определяют **дефицитность** каждого питательного элемента:

$$Д = В - (П \cdot К_п + О \cdot К_о)$$

где $В$ – вынос питательного элемента с урожаем (кг/га), $П$, $О$ – содержание элемента в почве и органическом удобрении (%), $К_п$, $К_о$ – коэффициенты использования питательного элемента из почвы и органического удобрения в первый год после внесения (%).

Далее рассчитывают необходимую дозу внесения минерального удобрения (**гектарную норму** – ГН):

$$ГН(кг/га) = 100Д/(М \cdot К_м);$$

где М содержание питательного элемента в минеральном удобрении, $К_м$ – коэффициент использования этого элемента из минерального удобрения.

Из минеральных удобрений растения способны использовать в первый год 50-70% азота, 20-25% фосфора, 70-80% калия.

Например, мочевино-формальдегидные удобрения содержат 38-40% азота, из которого 25% содержится в водорастворимой форме и быстро поглощается растениями, а 75% не растворяется в воде, но постепенно переходит в водорастворимую форму под действием соединений, находящихся в почве.

Минеральные удобрения классифицируют по их происхождению, составу и свойствам.

Собственно минеральные удобрения, получаемые из природных минералов. К ним относятся: апатит ($Ca_5[PO_4]_3(Cl, F, OH)$); индийская селитра (KNO_3); чилийская селитра ($NaNO_3$); сильвин (KCl); сильвинит (nNaCl + mKCl); доломит ($CaMg[CO_3]_2$). Они дешевы, но в их составе много балластных

элементов, которые могут неблагоприятно влиять на физико-химические свойства почв или быть токсичными для растений. Например, сильвинит или калийная соль имеет 25-85% примеси: галит (NaCl), карналлит ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ с примесью брома, рубидия и цезия), магнезит ($MgCO_3$) и другие. Избыток хлора и натрия неблагоприятен для растений. Кроме того, натрий защелачивает почву, образует с гуминовыми кислотами растворимые соединения и способствует осолонцеванию почв.

Отходы металлургического производства: мартеновский фосфатшлак, томасшлак. Тоже могут содержать примеси, токсичные для растений.

Простые искусственные удобрения – это обычно технически чистые вещества, имеют мало примесей. Но они содержат только один питательный элемент, который в виде катиона или аниона (NH_4^+, NO_3^-, K^+, H_2PO_4) хорошо поглощается корневой системой. Остальная часть молекулы (хлорид, сульфат, натрий, кальций) накапливается в почве и влияют на её физико-химические свойства. Катионы, которые не поглощаются растениями, защелачивают почвенный раствор, а анионы – закисляют. Поэтому, сульфаты и хлориды калия и аммония называют **физиологически кислыми удобрениями**, а нитраты натрия и кальция (селитры) – **физиологически щелочными**. Большинство удобрений являются солями и могут проявлять гидролитическую кислотность или щелочность. Поэтому, можно сбалансировать pH почвы, если правильно выбрать минеральное удобрение.

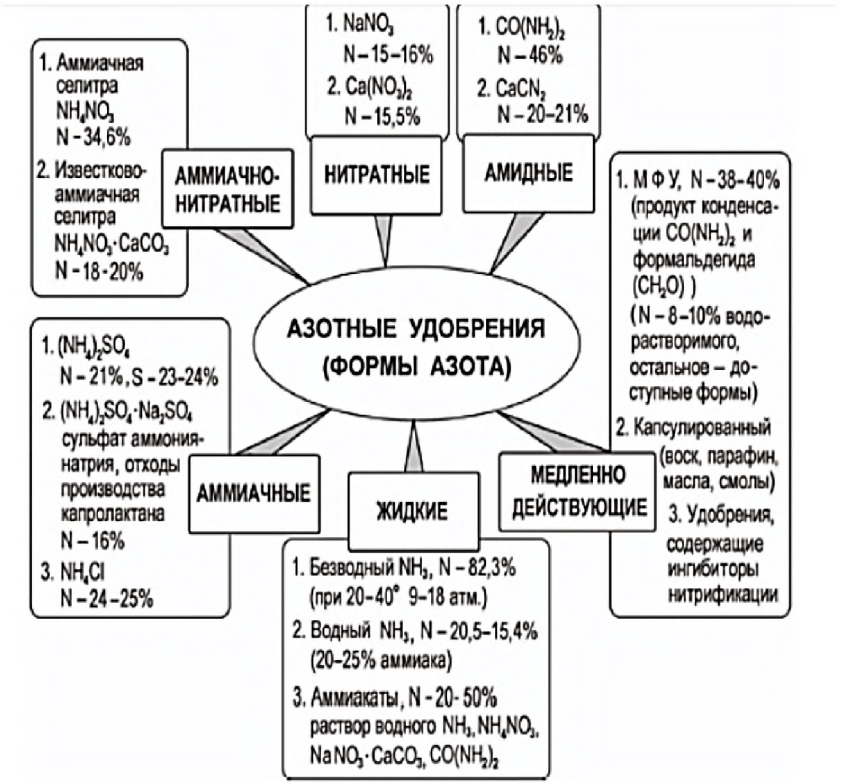
Учитывая природные условия, вредное действие некоторых ионов можно скомпенсировать. Например, хлориды калия вносят в почву осенью. Хлор частично вымывается дождевыми и талыми водами, а катионы калия аккумулируются в почвенном поглощающим комплексе.

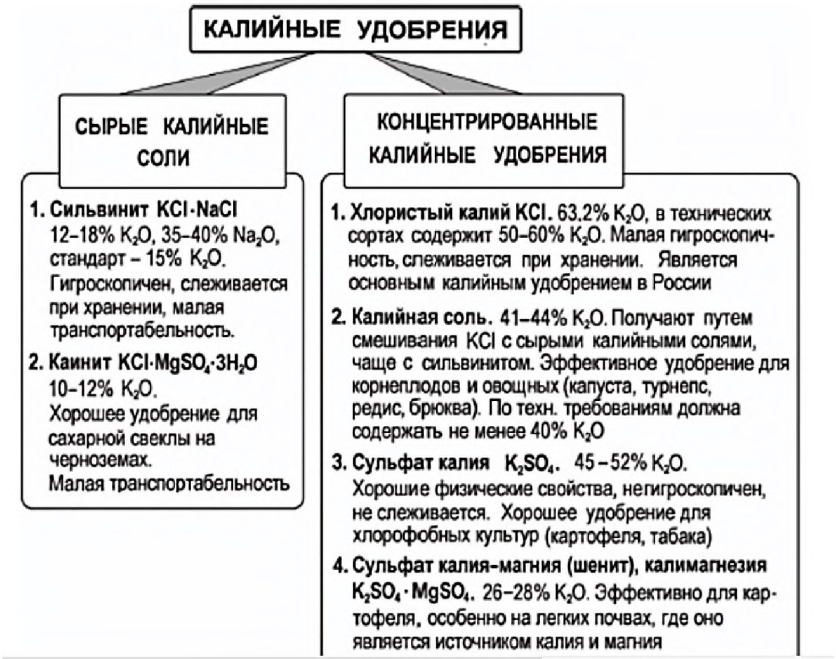
$$(\text{ППК})\begin{matrix}\text{Ca}\\\text{Ca}\end{matrix} + 2KCl \rightleftarrows (\text{ППК})\begin{matrix}\text{K}\\\text{K}\\\text{Ca}\end{matrix} + CaCl_2;$$

$$(\text{ППК})\begin{matrix}\text{H}\\\text{Al}\end{matrix} + 4KCl \rightleftarrows (\text{ППК})\begin{matrix}\text{K}\\\text{K}\\\text{K}\\\text{K}\end{matrix} + AlCl_3 + HCl.$$

Поглощение калия почвенным поглощающим комплексом (ППК)

Наиболее благоприятны для сохранения плодородия почв **сложные удобрения**: аммиачная и калиевая селитры (NH_4NO_3 и KNO_3), аммофос ($NH_4H_2PO_4$), диаммофос, магнийфосфат, фосфаты калия и аммония и другие. Сложные удобрения содержат в молекуле 2-3 питательных элемента в соотношениях оптимальных для определённых культур или почв. Например, в аммофосе 10-11% азота и 50-60% фосфора; в фосфатах мочевины – 30-35% азота и 20-30% фосфора. Сложные удобрения очень эффективны, но дороги. Их состав постоянен, а ассортимент невелик. Не всегда легко подобрать оптимальное соотношение питательных элементов для конкретных условий.




КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ
СЫРЫЕ КАЛИЙНЫЕ СОЛИ
КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ
1. Сильвинит KCl·NaCl 12–18% K_2O, 35–40% Na_2O, стандарт – 15% K_2O. Гигроскопичен, слеживается при хранении, малая транспортабельность.
2. Каинит $KCl·MgSO_4·3H_2O$ 10–12% K_2O. Хорошее удобрение для сахарной свеклы на черноземах. Малая транспортабельность
1. Хлористый калий KCl. 63,2% K_2O, в технических сортах содержит 50–60% K_2O. Малая гигроскопичность, слеживается при хранении. Является основным калийным удобрением в России
2. Калийная соль. 41–44% K_2O. Получают путем смешивания KCl с сырыми калийными солями, чаще с сильвинитом. Эффективное удобрение для корнеплодов и овощных (капуста, турнепс, редис, брюква). По техн. требованиям должна содержать не менее 40% K_2O
3. Сульфат калия K_2SO_4. 45–52% K_2O. Хорошие физические свойства, негигроскопичен, не слеживается. Хорошее удобрение для хлорофобных культур (картофеля, табака)
4. Сульфат калия-магния (шенит), калимагнезия $K_2SO_4·MgSO_4$. 26–28% K_2O. Эффективно для картофеля, особенно на легких почвах, где оно является источником калия и магния


ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ
ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ФОСФАТЫ
ФОСФАТЫ НЕРАСТВОРИМЫЕ В ВОДЕ
ФОСФАТЫ НЕРАСТВОРИМЫЕ В ВОДЕ И СЛАБЫХ КИСЛОТАХ
1. Суперфосфат простой $Ca(H_2PO_4)_2$ ~ 16–20% P_2O_5 (5–5,5% H_3PO_4, 40% гипса)
2. Суперфосфат двойной $Ca(H_2PO_4)_2$ ~ 45% P_2O_5 (до 2,5% H_3PO_4)
3. Суперфос ~ 38–40% P_2O_5
1. Преципитат $CaHPO_4·2H_2O$ ~25–35% P_2O_5
2. Томасшлак $Ca_4P_2O_9$ – не менее 14% P_2O_5
3. Термофосфаты фосфориты, сплавленные с содой и поташом ~18–34% P_2O_5
4. Обесфторенные фосфаты $Ca_3(PO_4)_2$ ~28–32% P_2O_5
5. Плавленый фосфат магния 20% P_2O_5, 12% MgO
1. Фосфоритная мука 25% P_2O_5 – высший сорт 22% P_2O_5 – первый сорт 19% P_2O_5 – второй сорт
2. Вивианит (болотная руда) фосфорнокислая закисная соль железа $Fe_3(PO_4)_2·8H_2O$ – 28% P_2O_5

Комплексные или комбинированные удобрения удобно применять для возделывания разнообразных культур на разных типах почв. В зависимости от дефицитности питательных элементов можно подобрать удобрение с их оптимальным соотношением. Например, **нитрофоска, её** получают разложением фосфоритов азотной кислотой с добавлением аммиака, хлорида калия и некоторых других веществ. В состав входят азот, фосфор и калий в соотношении 1:1:1 другие необходимые вещества и 50-60% балласта.

На нейтральных, щелочных, карбонатных и переизвесткованных почвах микроэлементы переходят в малорастворимые формы, недоступные для растений. Поэтому для обработки семян или некорневой подкормки применяют: **микроудобрения** – борную кислоту, сульфаты меди, цинка, марганца, кобальта, молибденовокислый аммоний. Ещё более эффективна обработка комплексными соединения металлов, например солями этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА).

9.8. Гидропонная культура

Метод выращивания растений без почвы, на водных растворах питательных элементов изобрели немецкие химики в 70-х годах 19 века. Этот метод широко использовал для изучения закономерностей минерального питания растений Климент Аркадьевич Тимирязев. Фридрих Артурович Цандер, пионер ракетной техники и один из создателей первой советской ракеты на жидком топливе был энтузиастом космических путешествий, разрабатывал методы выращивания овощей на древесном угле для будущих космонавтов. Свою первую работу о возможности выращивания съедобных растений на борту космического корабля он опубликовал в 1908 году. В 1929 году профессор Калифорнийского университета У. Ф. Герике разработал и внедрил принципы гидропоники для производственных условий.

Гидропоника это самый управляемый и прогнозируемый способ получения сельскохозяйственной продукции. Однако её практическое применение на первых порах сопровождалось серьёзными проблемами. Первая проблема заключалась в том, что растения не формировали полноценных корней, когда находились в вод-

ном растворе. Для нормального развития системы всасывания необходим контакт с твёрдым субстратом. Вторая проблема – необходимость постоянной аэрации раствора для обеспечения растений кислородом. Самая сложная проблема – ежедневная коррекция состава раствора. Корни растений выделяют в почву органические кислоты для увеличения растворимости соединений, в которых содержатся питательные элементы, а также другие продукты обмена веществ и отмирающие ткани. Питательные элементы быстро выносятся растениями из раствора и их необходимо регулярно пополнять. Некоторые элементы, например, железо, быстро переходит из растворимой формы в нерастворимую. Поэтому состав питательного раствора быстро изменяется, необходимо ежедневно проводить его химический анализ и ежедневно корректировать его pH (оптимум для большинства растений 6,3-6,5), а также еженедельно оптимизировать его химический состав. Каждые 1-1,5 месяца питательный раствор рекомендуют полностью заменять.

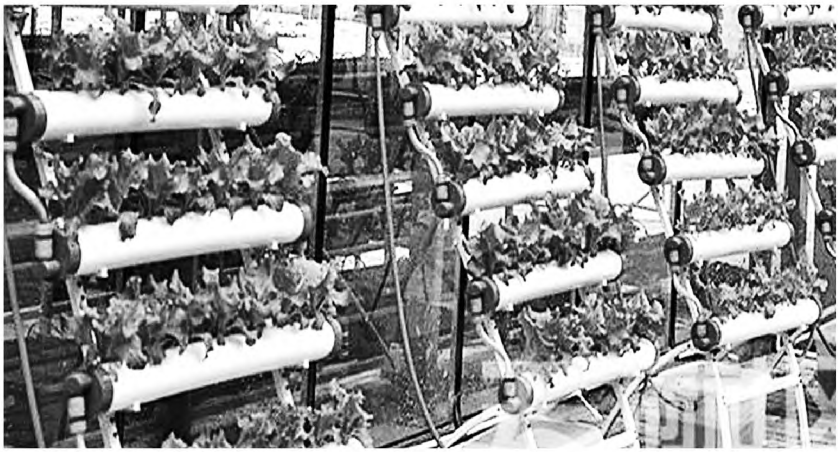
Оказалось, что экономически нецелесообразно пытаться воссоздать сложный комплекс физико-химических факторов, уже существующий в природных почвах, и сложившиеся в них механизмы равновесия. Гидропонную культуру применяли, если почвы были сильно заражены яйцами гельминтов, а также при отсутствии почвы: в длительном автономном плавании, в полярных экспедициях, и на орбитальных станциях.

Со временем, были найдены технологические и организационные решения, которые позволили создать экономически рентабельные технологии выращивания растений в искусственных условиях.

В настоящее время разработаны следующие методы гидропоники:

1. **Собственно гидропоника**. Корни растений помещены в водный раствор соединений необходимых элементов: нитратов K, Ca, NH_4^+; фосфата K; сульфатов Mg, Mn, Cu, Zn; хлорида или комплексоната Fe; борной кислоты. Согласно одной из этих рецептур в одном литре питательного раствора должно содержаться: 150 мг N, 30 мг P, 190 мг K, 150 мг Ca, 35 мг Mg, 2 мг Fe, 1 мг Mn, 0,2 мг B, 0,2 мг Zn, 0,02 мг Mo.

Для каждого вида культурных растений разработаны оптимальные рецепты питательных растворов. Основной недостаток этого метода – необходимость аэрации корней.



Гидропонная зеленная культура

2. **Агрегатопоника**. Растения выращивают на твердом химически неактивном инертном субстрате – керамзите, щебне, стекловате – периодически поднимая уровень питательного раствора для увлажнения субстрата. Необходимо ежемесячно промывать субстрат, так как на нём сорбируются выделения растений и микроорганизмов. Через 2-3 года субстрат полностью заменяют.



Выращивание салата на керамзите

3. **Аэропоника.** При использовании этого способа висящие в воздухе корни растений висят в воздухе и регулярно опрыскиваются питательным раствором. Недостаток этого метода – высокая влажность воздуха и разбрызгивание реагента.



Аэропоника

4. **Метод питательной пленки**. Растения закрепляют в закрытых желобах, по которым тонким слоем протекает питательная жидкость. Она собирается в резервуар, где очищается от нежелательных соединений, обогащается питательными элементами и вновь поступает в систему.



Метод питательной плёнки

9.9 Химические средства защиты растений

Химические средства, применяемые в растениеводстве, классифицируют в зависимости от выполняемых задач, химического состава, препаративной формы, избирательности действия и других параметров.

Наиболее часто применяются вещества из двух категорий: пестициды и регуляторы роста растений.

Пестициды – вещества уничтожающие нежелательные компоненты агроценоза: возбудителей болезней (**фитопаразитов**), вредителей (**фитофагов**), сорные растения (конкурентов).

Обычно именно пестициды называют химическими средствами защиты растений (ХСЗР). В зависимости от объекта применения и механизма действия пестициды разделяются на группы:

1. **Фунгициды.**

Болезни растений могут быть вызваны вирусами, микоплазмами, бактериями и грибами. Противовирусных препаратов для растений не разрабатывают. Для борьбы с вирусными болезнями применяют метод микроклонального оздоровления и размножения: из апикальной меристемы, куда вирусы не успевают проникнуть из-за её быстрого роста, в лабораторных условиях получают сначала микроскопические растения, а потом оздоровленный посадочный материал. Бактериальные и микоплазменные болезни встречаются относительно редко.

Наибольший ущерб урожаю наносят болезни, вызванные грибами.

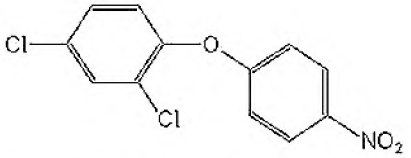


Колос ячменя, поражённый спорыньёй

В 1845-1847 гг. в Европе распространилась болезнь картофеля **фитофтороз**. Только в Ирландии от голода, вызванного неурожаем, погибло около миллиона человек. Завезённая из Северной Америки **мучнистая роса** уничтожила все европейские сорта крыжовника. Заболевания побегов –**антракноз** и **дидимелла** – могут погубить большую часть урожая малины. Наиболее тяжелые последствия несут **эпифитотии**, поражающие зерновые культуры: мучнистая роса, ржавчина, головня. **Спорынья** не только поражает зерновку, но и синтезирует сильнейший галлюциноген – **лизергиновую кислоту**.

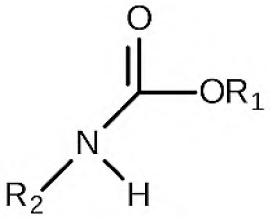
Фунгицидами называют препараты для борьбы с грибами – возбудителями заболеваний.

К первому поколению фунгицидов относят неорганические вещества: сера, препараты меди (бордосская смесь, хлорокись меди, медный купорос), а также органическое вещество нитрафен. Эти препараты до сих пор применяются в личных приусадебных хозяйствах, но их эффективность невелика.



Формула действующего вещества препарата Нитрафен

Второе поколение – соединения карбаминовой, тиокарбаминовой и дитиокарбаминовой кислот (карбаматы, тиокарбаматы и дитиокарбаматы). Это вещества **контактного действия**, они не проникают в растение, действуют только при непосредственном контакте с клетками гриба, смываются водой во время дождя или полива. Поэтому их необходимо применять до предполагаемого заражения растений.

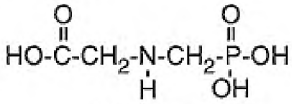


Принципиальная формула карбаматов

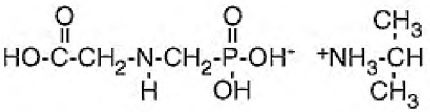
К третьему поколению относят **локально-системные** и **системные фунгициды,** которые способны проникать в ткани и сосудистую систему растения и уничтожать внедрившихся возбудителей заболевания. Ряд системных фунгицидов предназначен для обработки семян.

Биохимические особенности грибов значительно отличаются от метаболизма человека и животных. Поэтому современные фунгициды для них чаще всего малотоксичны. При длительном контакте с незащищённой кожей некоторые фунгициды могут оказать раздражающее действие. В настоящее время производят десятки видов действующих веществ для системных фунгицидов в разных препаративных формах и концентрациях. В коммерческие препараты добавляют различные вспомогательные вещества: консерванты, эмульгаторы, смачиватели и другие. В личных подсобных хозяйствах часто применяют ридомил, фундазол и некоторые другие фунгициды. В промышленном растениеводстве рекомендованы байлетон, тилт и их производные.

2. Пестициды, уничтожающие нежелательные растения делят на две группы. **Арборициды** используют для очистки территории от деревьев и кустарников, **гербициды** – от травянистых растений. Гербициды так же, как и фунгициды, могут быть контактными и системными. В настоящее время пользуются системными гербицидами – проникающими из надземной части в корни и корневища многолетних сорных растений. Некоторые гербициды вносят в почву для уничтожения прорастающих семян сорняков.



Глифосат
N-(фосфонометил)глицин



изопропиламиновая соль глифосата

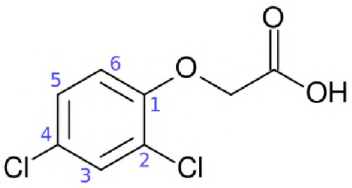
Гербициды могут быть на основе гетероциклических соединений (зенкор, вельпар, карагард, ленацил), фосфорорганических

(глифосат, циклофос, изофос), серусодержащих (бентазон), производных мочевины (малоран, дикуран, дозанекс), анилидов, галогенпроизводных углеводородов и других.

Важнейшее свойство гербицидов – избирательность действия. Препараты тотального действия уничтожают все виды растений, как сорные, так и культурные. Их применяют до появления всходов культурных растений. В приусадебном хозяйстве рекомендованы препараты на основе глифосата (раундап).

После появления всходов культурных растений для борьбы с сорняками используют только гербициды избирательного или **селективного действия**.

Избирательность гербицидов основана на морфологических и биохимических различиях растений разных видов. Один из первых гербицидов – раствор серной кислоты – скатывался с узких вертикальных листьев злаков и задерживался на широких горизонтальных листьях двудольных сорняков, обжигая их. Широко известные хлорфеноксиуксусные кислоты (2,4Д, 2М-4Х) являются биохимическими аналогами фитогормона роста ауксина – индолилуксусной кислоты (ИУК). Но в двудольных растениях они не разрушаются ИУК-оксидазой, долго сохраняются в растительных тканях и вызывают вытягивание и деление клеток, а также несбалансированный синтез белков и нуклеиновых кислот, в конечном итоге – угнетение и гибель растения.



2,4Д – (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота)

Хлорфеноксимасляная кислота (2,4ДМ) не токсична для растений, но во всех двудольных, кроме бобовых, подвергается бета-окислению, превращаясь в 2,4Д. Поэтому 2,4ДМ можно применять для уничтожения двудольных сорняков в посевах бобовых культур. Далапон уничтожает однодольные растения, изменяя конформацию мембранных белков и ферментов. Симазин обезвреживается в растениях кукурузы, но уничтожает все другие виды.

Разрешённые к использованию гербициды, малотоксичны, их ПДК в воздухе обычно не превышает 5,0 мг/м^3. (ПДК пуха гусей и уток, шерстяной пыли – 6,0 мг/м^3). При выявлении в экспериментах на животных, культурах клеток и тканей отдаленных последствий (канцерогенез, мутагенез) гербициды запрещают производить и применять. В некоторых случаях выявляется токсичное действие технологических примесей или продуктов метаболизма препарата в растительном или животном организме. США для уничтожения лесов во Вьетнаме применяли **дефолиант** (препарат, вызывающий опадение листьев) 2,4,5Т – трихлорфеноксиуксусную кислоту. Оказалось, что её коммерческий препарат содержит примесь тетрахлордибензодиоксина (ТХДД), наиболее опасного среди известных диоксинов. Атразин, который ранее применялся на кукурузных полях, попадая в растение превращается в мутагенные вещества. Препарат 2М-4Х изменяет вкус лютиков, ядовитых для скота, и животные не могут отличить это растение от съедобных.

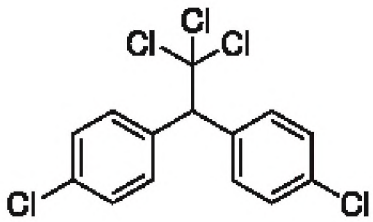
3. **Инсектициды** – это препараты для уничтожения насекомых. Кроме инсектицидов для борьбы с беспозвоночными вредителями в растениеводстве применяют: **нематоциды** (уничтожают нематод), **лиманциды** (против слизней и других моллюсков), **акарициды** (против клещей). Используют также вещества нелетального действия: для отпугивания от посевов (**реппеленты**), привлечения насекомых в ловушки (**аттрактанты**), для стерилизации (**стерилянты**), лишающие аппетита (**антифиданты**).

Метаболизм беспозвоночных животных различается меньше, чем метаболизм растений. Поэтому механизм действия инсекто-акарицидов может быть сходным, а пути проникновения в организм – разными. Этим и обеспечивается селективность их действия. Например, препараты контактного действия применяют против тех беспозвоночные, которые на всех стадиях своего развития живут открыто. Против грызущих фитофагов используют контактные препараты кишечного действия. Сосущие фитофаги питаются соком растений и мало передвигаются. Поэтому против них необходимо применять системные препараты, проникающие в сосудистые пучки проводящих тканей. Запасы зерна и почву окуривают фумигантами, которые проникают в промежутки между зерновками или структурными агрегатами почвы. Пары токсичного вещества проникают в органы дыхания почвенных обитателей или складских вредителей.

Первый опыт применения химического вещества в качестве инсектицида – цианистый калий. Цианиды блокируют цепь переноса электронов у всех существ, получающих энергию в процессе дыхания. Они относятся к чрезвычайно токсичным веществам, поэтому их применяли только для уничтожения насекомых, не контактирующих с пищевыми продуктами. В частности, садоводы использовали цианистый калий для уничтожения осиных гнёзд. В полеводстве применяли соединения мышьяка, ртути, нитрофенола, сульфат никотина. В начале 20 века в качестве инсектицида испытывали порошок далматской ромашки – пиретрум.

Собственно инсектициды первого поколения, как средства уничтожения насекомых, были созданы в середине 20 века.

В 1944 году швейцарский химик Пауль Мюллер разработал первый хлорорганический инсектицид – дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ).



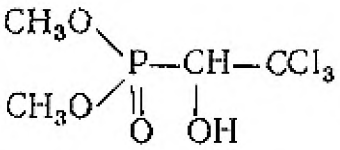
ДДТ – (дихлордифенилтрихлорэтан)

Широко известный ДДТ, принес Паулю Мюллеру Нобелевскую премию. Первоначально ДДТ использовали для уничтожения вшей (переносчиков сыпного тифа). Затем стали широко применять против малярийных комаров, обрабатывали пригородные леса от клещей и широко использовали в сельском хозяйстве. Универсальный инсектоакарицид эффективно поражает нервную систему членистоногих, но безопасен для млекопитающих и человека. Ряд эпидемиологов связывает резкое снижение распространения педикулёза в европейских странах с тем, что кровь человека из-за накопления в ней ДДТ стала токсичной для вшей. Были опубликованы материалы исследований, согласно которым в грудном молоке женщин ФРГ содержание ДДТ было в четыре раза выше, чем ПДК для коровьего молока. Несмотря на это не описано случаев отравления человека ДДТ. ДДТ практически не разлагается микроорганизмами, химически стоек и долго сохраняется в природной среде. (Период

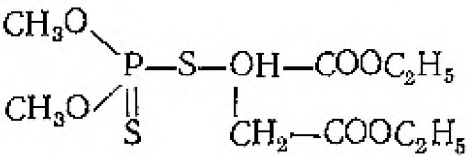
полуразложения ДДТ в природных условиях более 10 лет). Он плохо разрушается в организмах животных и растений, переходит по пищевым цепям, и в теле консументов высокого порядка накапливается в огромных количествах. В морских экосистемах, где цепи питания очень длинные, в жировой ткани птиц содержание ДДТ могло превышать 2,5 г/кг. При таких дозах у птиц могут нарушаться репродуктивные функции и кальциевый обмен. При разложении препарата в организме теплокровных могут образовываться токсичные продукты, в частности дихлордифенилэтилен (ДДЭ). В коммерческих препаратах часто обнаруживаются токсичные примеси. Многие виды рыб оказались чувствительными к хлорорганическим соединениям. В начале 1970-х этот дешевый и эффективный препарат был запрещен почти во всех странах и в настоящее время не применяется.

Последующие поколения инсектицидов создавались с учётом требования ограниченного существования в природной среде (**персистентности).** Персистентность инсектицидов не должна была превышать двух сезонов. При этом препарат не должен накапливаться в товарной части сельскохозяйственных растений.

В конце 1950-х годов были синтезированы инсектициды второго поколения – карбаматы и фосфорорганические соединения.



Хлорофос



Карбофос

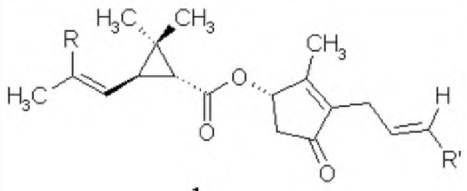
Эти вещества нестойки и быстро разрушаются в природной среде, но высокотоксичны для млекопитающих и человека. Они нарушают передачу нервных импульсов, поражают печень.

В настоящее время в магазинах и отделах бытовой химии можно увидеть упаковки с надписью «Хлорофос», «Дихлофос», но в действительности они содержат инсектициды третьего поколения. Оно было создано в 70-х годах на основе синтетических пиретроидов – аналогов природных, содержащихся в далматской ромашке (Pyrethrum cinerariaefolium) и некоторых других видах растений семейства Сложноцветные (Астровые).

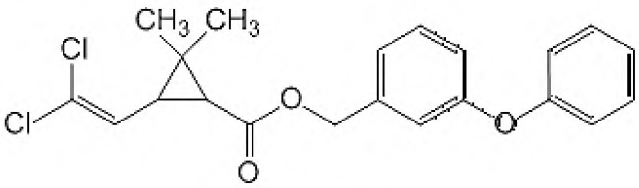


Далматская ромашка Pyrethrum cinerariaefolium Trev

Природные пиретроиды

Общая формула	Пиретрин	R	R'
 1	Пиретрин I	-CH_3	-$CH=CH_2$
	Цинерин I		-CH_3
	Жасмолин I		-C_2H_5
	Пиретрин II	-$COOCH_3$	-$CH=CH_2$
	Цинерин II		-CH_3
	Жасмолин II		-C_2H_5

К 1978 году в мире было синтезировано более 5 тысяч пиретроидов – производных хризантемовой кислоты и ее аналогов. Пиретроиды дольше сохраняются в природной среде, чем пиретрин, их эффективность может быть в 1500-2000 раз выше. Они более токсичны для беспозвоночных, чем препараты второго поколения, лучше проникают через хитиновые покровы. Пиретроиды хорошо разрушаются ферментами печени млекопитающих, не накапливаются в их организме, поэтому почти все они практически нетоксичны для человека и сельскохозяйственных животных. Препараты на основе перметрина применяют при лечении педикулёза даже у детей.

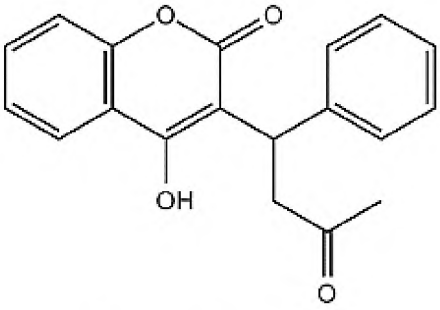


Перметрин

В быту и личном приусадебном хозяйстве широко применяют Инта-вир на основе циперметрина и другие аналогичные препараты. В полеводстве применяют амбуш, ровикурт, корсар, цимбуш, рипкорд и другие препараты.

Ведутся работы по синтезу и применению аналогов гормонов насекомых и других вредителей. Гормоны регулируют фазы превращений, свойственные отдельным группам беспозвоночных. Было обнаружено, что личинки клопов не превращаются в имаго, если выращивать их на бумаге, изготовленной в США. Оказалось, что в древесине, из которой производилась бумага, содержался **ювабион** биохимический аналог ювенильного гормона. Растение Агератум, напротив, синтезирует соединения, которые подавляют образование ювенильного гормона у насекомых и вызывают преждевременное превращение личинок в неполноценных стерильных имаго. Многие растения образуют аналоги гормонов линьки. Разрабатываются также **пропестициды** – вещества, не обладающие биоцидным действием, но превращающиеся в токсичные метаболиты в организме некоторых фитофагов.

4. **Родентициды** применяют для борьбы с грызунами. Некоторые препараты, например, фосфид цинка, чрезвычайно токсичны для человека и домашних животных. Мыши и крысы не едят много незнакомой пищи, а если она вызвала у попробовавшего животного недомогание, никто из стаи больше не съест приманку. Поэтому рекомендуют использовать малотоксичные, не вызывающие быстрой реакции, но постепенно накапливающиеся вещества. Длительное время с успехом применяли Варфарин (зоокумарин) – [4-гидрокси-3-(3-оксо-1-фенилбутил) кумарин].



Формула Варфарина

В личных хозяйствах разрешен препарат гельцин (трифенацин – смесь дифенацина (не менее 70%), этилфенацина и диэтилфенацина. Эти препараты снижают свёртываемость крови и вызывают внутренние кровотечения.

5. В растениеводстве применяют также фитогормоны, которые регулируют рост и развитие сельскохозяйственных культур. **Ретарданты** –ингибиторы роста – вызывают образование коротких и прочных неполегающих побегов. Для зерновых культур использовали хлорхолинхлорид (другие названия: тур, ХХХ, ССС), плодовые культуры и декоративные растения обрабатывают даминозидом (аларом) для формирования укороченных и прочных побегов, повышения их жизнестойкости и транспортабельности плодов. **Сениканты** ускоряют старение растений, переход органических веществ из листьев в корни или клубни.

Коммерческие препараты химических средств защиты растений кроме действующего вещества включают наполнители, эмуль-

гаторы, стабилизаторы, поверхностно активные вещества (смачиватели). Готовый коммерческий препарат может иметь разные **препаративные формы**:

- **дусты** – порошки, предназначенные для **опыливания**. Предназначены для применения в личных хозяйствах или для авиаобработки посевов. Сухие порошки неравномерно распределяются, сносятся ветром, плохо удерживаются на поверхности растений;

- **смачивающиеся порошки, концентраты эмульсий, таблетки, концентрированные растворы** применяют для **опрыскивания** в виде водного раствора или **суспензии**. Для авиаобработок рекомендуют **масляные эмульсии**, так как вода при опрыскивании испаряется;

- для внесения в почву используют **гранулированные препараты**;

- для большей безопасности пестициды заключают в микрокапсулы, разрушающиеся в природных условиях и высвобождающих действующее вещество – **микрокапсулированные препараты**;

- родентициды выпускают в виде **отравленных приманок**.

Министерство сельского хозяйства разрабатывает «**Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации**», который ежегодно пересматривается и утверждается. Наиболее токсичные и недостаточно эффективные препараты запрещаются или их применение ограничивается. Информация о средствах и методах защиты растений публикуется в журнале «**Защита и карантин растений**».

Контрольные вопросы

1. Что такое активная температура?
2. Как влияет энергия солнечного света на рост и развитие растений?
3. Каким образом энергия фотонов преобразуется в энергию химических связей в органических соединениях?
4. Какие химические реакции происходят в световую фазу фотосинтеза?
5. Какие химические элементы называют макроэлементами?
6. Какую роль в биохимии растений играет углекислый газ?
7. Что такое световая депрессия фотосинтеза?
8. Какое значение для растений имеет вода?
9. Какое значение для растений имеет азот?
10. Какое значение для растений имеют мезо и микроэлементы?

11. Опишите пути поступления ионов из почвенного раствора в апопласт.

12. Как оценивают эффективность переноса биохимических аналогов питательных элементов через мембрану?

13. Как оценивают возможность растения избирательно поглощать ионы из почвенного раствора?

14. Как рассчитывают необходимое количество минеральных удобрений для получения запланированного урожая?

15. В каком случае целесообразно использовать бактериальные удобрения?

16. Какие достоинства и недостатки имеют разные группы минеральных удобрений?

17. Опишите основные виды гидропоники.

18. Для чего применяют фунгициды? Какие группы фунгицидов вам известны?

19. Какие пестициды применяют для уничтожения нежелательных растений?

20. Какие пестициды применяли для уничтожения беспозвоночных вредителей? Почему от них отказались?

21. Охарактеризуйте современные инсектициды.

22. Какие препаративные формы пестицидов применяются в настоящее время?

Тема 10. Химия почв

10.1. Минеральная основа почв

Согласно теории Большого взрыва, в первые 3 минуты жизни нашей Метагалактики образовались элементарные частицы и два простейших элемента – водород и гелий. До сих пор в звёздах происходит термоядерная реакция синтеза ядер гелия из водорода. В мощных магнитных полях звёздных пятен и сверхновых звёзд синтезируются литий, берилий и бор, а в самых массивных звёздах образуются углерод, кислород, азот, магний, кремний, сера, серебро, кальций. Самые тяжелые атомы рождаются в «железных» звёздах и в космических катастрофах большой мощности. Основная масса вещества Метагалактики – водорода (75%) и гелий (24%). Более тяжелые элементы составляют около 1% вещества, но именно из них формируются тела планет.

Атомы самых тяжелых элементов «тонут» в расплаве мантии планеты. Более лёгкие атомы кислорода и кремния «всплывают», образуя литосферу. Кислород занимает около 91% всего объёма земной коры, в его пустотах находятся атомы кремния и других лёгких элементов.

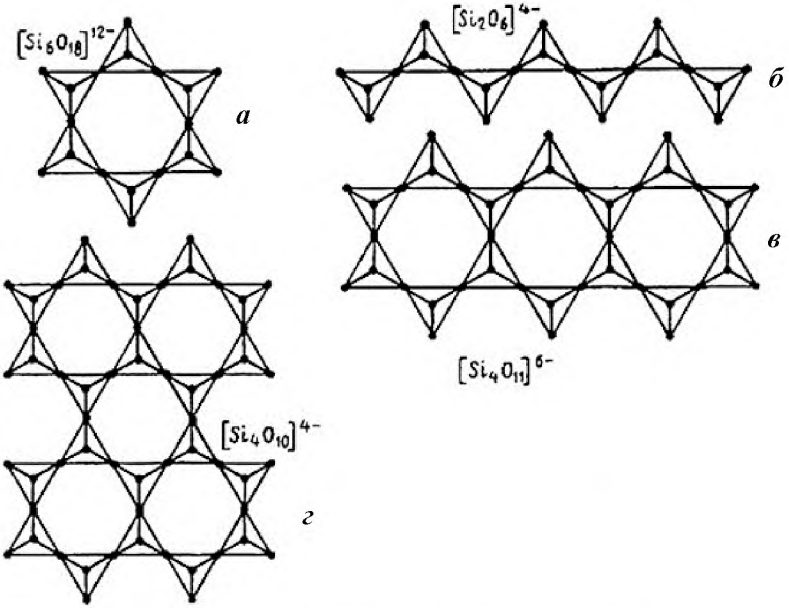
Кремний с четырьмя атомами кислорода $(SiO_4)^{4-}$ образует тетраэдры, подобные метану. Но, поскольку кислород двухвалентен, каждый отдельный тетраэдр имеет по четыре свободных валентных электрона, которые могут связывать его с другими тетраэдрами. При этом краевые электроны остаются свободными и активными. Поэтому комплексы кремнекислородных тетраэдров называют **кремнекислородными радикалами.**

Поскольку свободные валентности кислорода могут связываться с водородом и металлами, их можно считать кислыми солями кремниевой кислоты – **силикатами**. В кремнекислородных тетраэдрах может происходить замещение кремния на алюминий и железо. В этом случае говорят о солях ферриалюмокремниевой кислоты – **ферриалюмосиликатах**.

В зависимости от количества кремнекислородных тетраэдров и формы их соединения различают островные, цепочечные, ленточные, листоватые и каркасные радикалы.

Островные радикалы состоят из одного, двух, или нескольких тетраэдров (до 8), связанных в кольцо. Они сохраняют большую

часть валентностей кислорода свободными и способными вступать в химические реакции. Минералы с островными радикалами наиболее химически активны и быстро разрушаются. В почве и почвообразующей породе обычно встречаются продукты их разрушения (выветривания или гипергенеза). К числу этих минералов относят: оливины, гранаты, циркон и другие.



Структура кремнекислородных радикалов:
а – кольцевая; б – цепочечная; в – ленточная; г – листоватая

Цепочечные и ленточные радикалы встречаются у минералов группы пироксенов и амфибол, также **листоватые образуют** слюды и гидрослюды. Эти минералы более прочны, меньше подвержены выветриванию, и часто образуют глинистую фракцию в почве.

Минералы с **каркасными радикалами** наиболее устойчивы, у них все валентности кислорода образуют прочные внутренние связи. Чистый оксид кремния – кварц – практически инертен. При образовании минерала некоторые четырехвалентные атомы кремния замещаются трехвалентными, атомами алюминия или железа.

Они почти равны кремнию по размеру, но трёхвалентны. Недостающий электрон минерал может получить от щелочных или щелочноземельных металлов. Многие распространённые минералы, например, **полевые шпаты**, с химической точки зрения являются солями алюмокремниевой или ферриалюмокремниевой кислот: $Na(AlSi_3O_8)$ – альбит, $K(AlSi_3O_8)$ – ортоклаз, $Ca(Al_2Si_2O_8)$ – анортит и другие. Эти минералы несколько более активны химически, чем кварц, но вместе с кварцем образуют песчаную фракцию в почвах.

При формировании горных пород сначала образовались **первичные (гипогенные) минералы** литосферы, но за сотни миллионов лет они подверглись разрушению (**выветриванию** или **гипергенезу**).

Монолитная порода на поверхности скалы растрескивается из-за суточных и сезонных колебаний температуры. В микротрещины проникает вода и оказывает на них капиллярное давление. При замерзании вода в трещинках расширяется, и порода ещё больше растрескивается. Эти процессы называют **физическим выветриванием**. Вода частично растворяет минералы, при её испарении растворённые вещества могут кристаллизоваться. Кристаллы и кристаллогидраты, растущие в трещинах, также раскалывают породу.

Химическое выветривание превращает первичные (гипогенные) минералы во **вторичные (гипергенные)** в результате нескольких типов реакций с водой, воздухом и растворёнными в воде веществами, например:

Окисление:

$$\mathbf{FeS_2+O_2+H_2O \rightarrow Fe_2(SO_4)_3+Fe(OH)_3}$$

(пирит)

Гидролиз:

$$\mathbf{KAlSi_3O_8+H_2O \rightarrow HAlSi_3O_8+KOH}$$

(ортоклаз)

Гидратация:

$$\mathbf{Fe_2O_3+H_2O \rightarrow 2Fe_2O_3*3H_2O}$$

(гематит) (лимонит)

Обменные реакции:

$$\mathbf{CaCO_3+NaCl \rightarrow CaCl_2+Na_2CO_3}$$

(кальцит)

Оксиды углерода, азота, серы присутствующие в атмосфере являются ангидридами кислот и при соединении с водой образуют кислоты:

$$CO_2+H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

и тоже вступают в химические реакции с минералами.

Минералы и горные породы также подвергаются **биологическому выветриванию**: растущие корни растений и гифы грибов раздвигают мелкие трещины, выделяют органические кислоты. Некоторые бактерии способны выделять азотную и серную кислоту, другие агрессивные соединения. Деятельность животных и их выделения тоже играют определенную роль в процессе выветривания.

Выветривание – это не только разрушение первичных гипогенных минералов изверженных магматических пород, но и рождение вторичных, гипергенных минералов.

Гипергенные минералы, образующиеся в результате химических реакций с компонентами окружающей среды, подразделяют на несколько видов:

1. **Простые соли**: карбонаты, фосфаты, нитраты, сульфаты, хлориды и другие. Легкорастворимые соединения вместе с дождевой водой переходят в грунтовые воды, и сбрасываются в океан по системе родников и рек. В отсутствие стока при испарении воды соли накапливаются и вызывают засоление почвообразующей породы и почвы. Например, Третичное море оставило отложения солей на территории Зауралья.

2. **Оксиды и гидроксиды** кремния, алюминия, железа и марганца образуют минеральные коллоиды, обладают амфотерными свойствами и могут растворяться в щелочной или кислой среде.

3. **Глинистые минералы** – важнейший компонент, определяющий многие физико-химические свойства почвы. Они формируются в основном при выветривании листоватых силикатов (слюд). В зависимости от состава породы и условий гипергенеза образуются минералы групп монтмориллонита, каолинита, гидрослюд, аллофаноидов и другие. **Монтмориллонитовая группа** представляет собой листоватые кремнекислородные радикалы, которые объединены попарно атомами алюминия в подобие «сэндвича», обе наружные поверхности заряжены отрицательно за счет свободных валентностей кислорода, то есть являются гигантским анионом. Алюминий, связывающий пластины, может замещаться магнием, медью, цинком, железом, никелем и другими металлами. Катионы, заместившие

алюминий, связываются очень прочно. Это явление называют **интрамицеллярным поглощением**, оно обеспечивает очищение почвенного раствора от техногенных радионуклидов и от некоторых металлов. Например, ^{137}Cs, попавший в почву в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции, очень быстро перешёл в прочносвязанную, недоступную для растений форму. Минералы группы монтмориллонита обладают высокой ёмкостью поглощения не только катионов, но и воды. Отдельные пакеты – «сэндвичи», несущие отрицательный заряд, отталкиваются друг от друга, поэтому между ними легко проникают диполи воды. При этом монтмориллонитовая глина набухает, её объём может увеличиться до 10 раз. Поэтому глинистые почвы очень хорошо удерживают воду, но очень плохо пропускают её. Размеры отдельных частиц не превышают 0,001 мм, а 60% частиц – 0,0001 мм, то есть они обладают свойствами коллоида. Группы **гидрослюд** и **вермикулита** имеют сходные свойства с минералами монтмориллонитовой группы.

У минералов **каолинитовой группы** пластинки одинарные. Отрицательный заряд несёт только одна сторона, поэтому пластинки не отталкиваются, а слипаются в относительно крупные водо- и воздухонепроницаемые пакеты. Каолинит при смачивании водой не набухает, поглощение катионов из почвенного раствора происходит только за счёт электростатического взаимодействия с отрицательно заряженной поверхностью – **экстрамицеллярное** –непрочное.

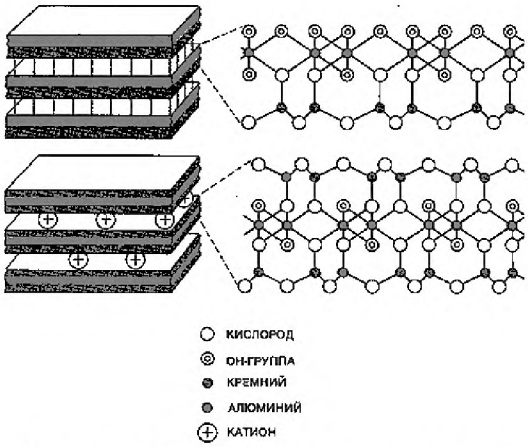
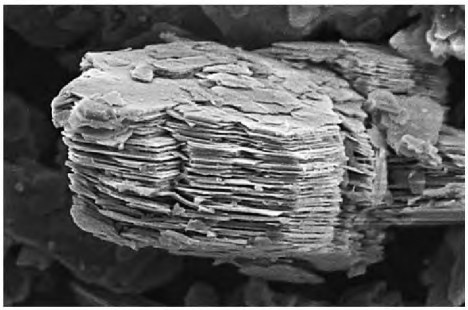


Схема строения глинистых минералов; каолинита и монтмориллонита



Структура каолинита под электронным микроскопом.

4. К **биогенным минералам** относят фосфориты, селитры, кремнистые породы (опал, яшма, халцедон,), карбонатные породы (доломит, мел, известняк) и другие. Они образовались из накопившихся останков живых организмов (кремниевых оболочек диатомовых водорослей, раковин моллюсков, костей позвоночных).

Минералы с каркасными кремнекислородными радикалами (кварц, полевые шпаты) относительно прочны, их удельная поверхность даже после растрескивания невелика, они меньше подвергаются гипергенезу, поэтому сохраняются в почвообразующей породе и почве в неизменном виде. Обломки первичных минералов и вторичные минералы образуют осадочные породы.

Молодые осадочные породы, образовавшиеся с начала четвертичного периода, рыхлые, водо- и воздухонепроницаемые, обладают хорошей водоудерживающей и поглотительной способностью. Они находятся на поверхности, не перекрыты более поздними отложениями и являются **почвообразующими породами**.

Почвообразующая порода определяет свойства твердой фазы почвы: её минералогический и **гранулометрический** состав. Гранулометрический состав – это соотношение минеральных частиц разного диаметра (**фракций**). **Скелетная фракция** – это частицы крупнее 1 мм. Они практически не принимают участия в физико-химических реакциях в почве.

Физический песок имеет диаметр от 0,01 мм до 1 мм, **физическая глина** – менее 0,01 мм. Соотношение песка и глины определяет физические свойства почвы (водо- и воздухопроницаемость) и её поглотительную способность.

Легкие почвы – песок, супесь, лёгкий суглинок – содержат до 30 % физической глины. Они хорошо пропускают воду и воздух, быстро прогреваются, поэтому их называют тёплыми.

Тяжелые почвы – тяжелый суглинок, глина – обладают высокой поглотительной способностью и большой влагоёмкостью, но медленно прогреваются, их называют холодными.

В среднесуглинистых почвах сочетаются достоинства лёгких и тяжелых почв, поэтому они наиболее плодородны. Содержание физической глины в них от 30% до 45%.

10.2. Органические вещества почвы

На ионно-молекулярном уровне протекают **элементарные почвенные процессы первого порядка – микропроцессы**: растворение и кристаллизация; окисление и восстановление; испарение и конденсация; сорбция, диффузия. Активность процессов регулируется внешними условиями: минералогическим составом твердой фазы, химическим составом почвенного раствора, характером растительного опада, аэрацией, водным режимом и так далее. Преобладание тех или иных микропроцессов определяет тип **мезопроцесса второго порядка** в результате которого формируются специфические почвенные слои – **генетические горизонты.**

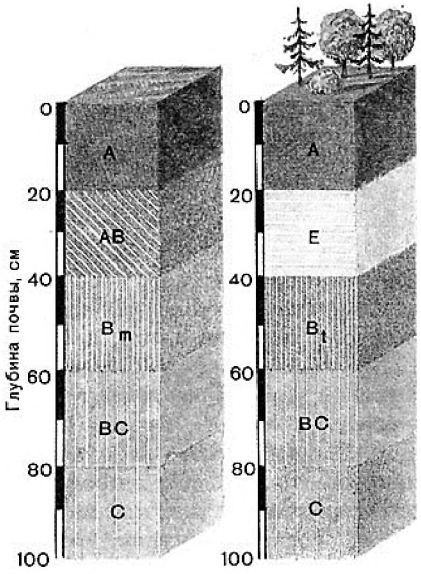
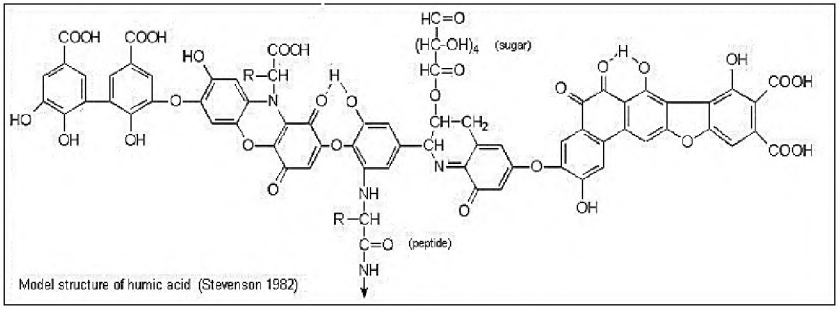


Схема строения почвенного профиля при травянистой и деревянистой растительной формации

Горизонт А – **гумусовый** или **перегнойно-аккумулятивный**. В этом горизонте образуется и накапливается органическое вещество почвы – гумус. Он образуется в результате **минерализация** растительного опада и поликонденсации образовавшихся низкомолекулярных органических веществ. Растительный опад – это отмершие части растений. Количество и качество опада зависит от растительной формации.

Травянистая растительная формация образует наибольшее количество опада. Ежегодный прирост биомассы травянистых растений степей, прерий и лугов составляет 100-140 ц/га. Ежегодно отмирает и поступает в опад практически 100% травянистой биомассы. Примерно половину опада составляет корневая система, расположенная близко к поверхности почвы. Опад травянистой растительной формации содержит много **зольных элементов** и мало органических кислот. Состав опада и режим увлажнения в степной зоне благоприятны для почвенных бактерий, которые в процессе поликонденсации образуют большое количество гуминовых кислот и нерастворимого гумина. Крупные фрагменты белков, полисахаридов, лигнина образуют группу гумусовых веществ. Отдельные фрагменты могут включаться в уже сформированные молекулы гумуса, этот процесс называют **фрагментарным обновлением.**

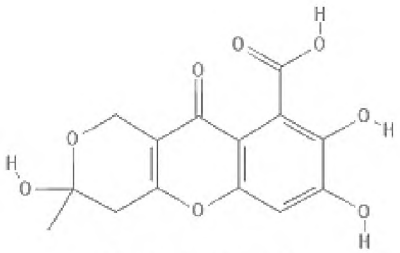


Гуминовая кислота

В степных почвах, формирующихся в условиях непромывного водного режима, перемещения малорастворимых веществ по профилю почвы не происходит. В горизонте АВ и горизонте В гумусовый слой постепенно переходит в почвообразующую породу С, поэтому их называют **переходными горизонтами**.

Деревянистая формация в умеренных широтах формирует 50-70 ц/га прироста ежегодно. В опад попадает 80-90% прироста лиственного леса. В хвойных лесах опад значительно меньше. Корневая система дерева практически не отмирает и не образует опада, а, листья и ветви остаются на поверхности почвы в аэробных условиях, где очень быстро минерализуются. Условия увлажнения более благоприятны для грибов, чем бактерий, Поэтому поликонденсация слабая и в почву поступает сравнительно мало органического вещества в виде низкомолекулярных водорастворимых фульвокислот. Опад деревянистой растительной формации, особенно у хвойных пород, содержит много органических кислот и мало зольных элементов.

Растворимые фульвокислоты перемещаются с дождевой водой вниз по профилю почвы. При этом они растворяют и вымывают из почвообразующей породы соединения металлов, в том числе – малорастворимые железо и алюминий. Под **дерново-перегнойным** горизонтом A_1 формируется горизонт **вымывания (элювиальный)**, обозначаемый A_2 или Е. Здесь практически нет гумуса и очень мало железа и алюминия. Высвободившийся после **выщелачивания** железа и алюминия кремнезем SiO_2 придает горизонту A_2 цвет золы. Поэтому его называют также **подзолистым** горизонтом, а процесс выщелачивания металлов – **оподзоливанием**.



Фульвокислота

Металлы, которые образуют в основном растворимые соединения, уходят в грунтовые воды. А фульваты железа и алюминия, переместившись в горизонт В, переходят в нерастворимую форму. В подзолистых почвах горизонт В содержит много перемытого железа и имеет «ржавый» цвет, поэтому его называют **рудяковым** горизонтом, или горизонтом **вымывания,** или **иллювиальным.**

Если почвы засолены преимущественно солями натрия, то его карбонаты создают щелочную среду, в которой в реакции с гуминовыми кислотами образуются растворимые гуматы натрия. Поэтому верхний почвенный слой А, из которого растворимые гуматы вымываются дождевой или поливной водой называют **перегнойно-элювиальным**, а нижележащий B_1, где вымываемые гуматы соединяются с ионами Ca^{2+} и вновь становятся нерастворимыми – **солонцовым**. Процесс перемывания гуматов вниз по профилю почвы называется **осолонцеванием**.

В засоленных почвах выделяют также *карбонатный* ($B_к$) и *солевой* ($B_с$) горизонты.

В болотных и тундровых почвах, с застойным водным режимом, растительный опад очень скудный и он не минерализуется, а консервируется масляной, уксусной, молочной кислотами, образующимися при разложении органического вещества под водой в анаэробных условиях. В результате формируется **торфяный** горизонт $A_т$. Оксиды железа в анаэробных условиях в присутствии микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности (H_2, H_2S, органические кислоты) восстанавливаются из окисной формы в закисную (двухвалентную). Горизонт, содержащий закисное железо – **глей** – называют **глеевым** и обозначают, как G.

В почве содержатся также неспецифические органические вещества – продукты жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов.

10.3. Химические свойства почвы

Почва имеет исключительно сложный химический состав и все её компоненты находятся в динамическом равновесии. Постоянно происходит множество химических реакций обмена химическими элементами и соединениями между почвенным раствором, почвенным воздухом, ППК и почвенными обитателями.

Почвенный воздух – это производное атмосферного воздуха. Но атмосферный воздух благодаря свободному перемешиванию имеет относительно постоянный состав, его локальные изменения, связанные с выделением или поглощением отдельных компонентов, выбросом вулканических газов или техногенных веществ и другими явлениями, быстро нивелируются благодаря движению

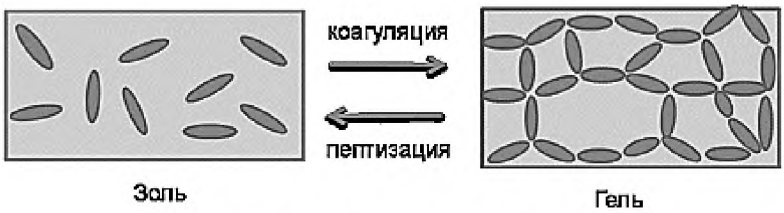
воздушных потоков. Почвенный воздух находится между почвенными структурными агрегатами и внутри капилляров, если они не заполнены водой. Движение воздуха в порах почвы незначительно и локальные изменения его состава, связанные с дыханием корней, разложением растительного опада, метаболизмом почвенных животных и микроорганизмов, могут быть очень значительными и постоянными. Фотосинтез в почве невозможен, хотя у некоторых растений часть корня или клубня, находящаяся над поверхностью почвы на свету формирует хлоропласты и способна фотосинтезировать. Из-за дыхания животных, корней растений и аэробных микроорганизмов концентрация кислорода в почвенном воздухе, по сравнению с атмосферным, снижается примерно в 10 раз, а концентрация углекислого газа повышается более, чем в 100 раз по сравнению с атмосферным воздухом. В почвенном воздухе содержится много паров воды. Углекислый газ, взаимодействуя с водой, образует слабый раствор угольной кислоты, которая вступает в реакцию с катионами почвенного раствора или ускоряет выщелачивание металлов из минералов. В результате в почве образуются гидролитически щелочные карбонаты и бикарбонаты.

Химические элементы, высвобождаются и при минерализации опада, и при выветривании первичных и вторичных минералов. Вода в той или иной степени растворяет все вещества, находящиеся в почве, однако концентрации легкорастворимых веществ и их влияние на химические свойств почв значительно выше.

Практически все нитраты, нитриты, хлориды металлов, а также сульфаты натрия, калия, магния и карбонаты натрия и калия легкорастворимы. При промывном водном режиме эти вещества в первую очередь вымываются из почвы и уходят с грунтовыми водами. При выпотном водном режиме они перемещаются с капиллярно подпертой водой в поверхностные слои почвы и там кристаллизуются, засоляя почву. К среднерастворимым солям относят сульфат кальция (гипс). К труднорастворимым – карбонаты кальция и магния, фосфаты. Очень труднорастворимы алюмо- и феррисиликаты, гуматы (за исключением гумата Na).

Таким образом, в почвенном растворе в наибольшем количестве содержится: катионы H^+, K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+; анионы CO_3^{2-}, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_2^-, NO_3^-, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$; растворимые органические кислоты, спирты, сахара, аминокислоты и другие соединения; коллоиды.

Коллоиды почвы могут быть минеральными. Это аморфные гидроксиды кремния, железа, алюминия и других металлов. Коллоидами называют также минеральную фракцию (менее 0,0001 мм). Чаще всего это глинистые минералы групп монтмориллонита, гидрослюд и каолинита. Органические коллоиды – это чаще всего крупные молекулы полимеров и поликонденсатов: белки, углеводы, гуминовые кислоты. Обычно органические и минеральные коллоиды почвы прочно связаны в глиногумусовый комплекс. Коллоиды способны находится в состоянии золя и геля. **Коллоидный золь** – это псевдораствор в воде крупных молекул или агрегатов молекул. Золь отличается от истинного раствора способностью рассеивать свет, более высокой вязкостью и способностью превращаться в псевдотвердое тело – **коллоидный гель**. Гель отличается от золя высокой упорядоченностью молекул, его называют раствором **дальнего порядка**. В псевдорастворе **ближнего порядка** (золе) молекулы или агрегаты молекул свободно перемещаются, не оседают даже при высоком удельном весе и находятся во взвешенном состоянии за счет броуновского движения. Взаимодействуют друг с другом только близко расположенные частицы. Наиболее известные природные золи: белок птичьего яйца, белок молока. При изменении внешних условий (температура, pH, концентрация, добавление поливалентных ионов и др.) конформация молекул изменяется, они сцепляются друг с другом за счет электростатического взаимодействия, образуя трехмерный каркас, в который внедрены молекулы растворителя. Раствор дальнего порядка по своим свойствам напоминает твердое тело (белок вареного яйца, творог). Переход золя в гель называют **коагуляцией**, из геля в золь – **пептизацией**.



Переход из раствора ближнего порядка (золь) в раствор дальнего порядка (гель) и обратно

Гумус – сложный продукт минерализации растительного опада. Масса отдельных молекул может достичь сотен тысяч Дальтон. Точный химический анализ и идентификация всех гумусовых веществ практически невозможны, поэтому их классифицируют по физико-химическим свойствам.

Гумин, или гумусовый уголь – нерастворимая (**неэкстрагируемая**) часть гумуса, представленная полуразложившимися, утратившими анатомическое строение растительными остатками. Он наиболее прочно связан с глинистыми минералами в глиногумусовый комплекс.

Гуминовые кислоты – высокомолекулярные вещества, слабые кислоты, экстрагируются из почвы щелочным раствором. Гуминовые кислоты образуются при поликонденсации органических соединений минерализованного опада. В большом количестве образуются и накапливаются в черноземах, которым придают характерную черно-бурую окраску.

Фульвокислоты – экстрагируемые водой низкомолекулярные кислоты, способные к образованию комплексонатов металлов (Fe, Al и др.) Принимают активное участие в процессе оподзоливания, преобладают в подзолистых почвах, в сероземах и придают им серовато-желтую окраску.

Гиматомелановые кислоты – экстрагируются полярными органическими растворителями, по свойствам близки к гуминовым.

И гумусовые вещества, и минеральные коллоиды обычно несут на поверхности множественные отрицательные заряды. Они могут связываться друг с другом поливалентными металлами, чаще всего алюминием или железом, потому их комплекс в растворе тоже представляют собой огромный многоосновный анион, в результате образуется **почвенный поглощающий комплекс (ППК)**. Отрицательно заряженные карбоксильные группы вытесняются на поверхность гранулы ППК (**мицеллы**) и образуют **потенциалопределяющий слой**, к которому притягиваются катионы из почвенного раствора. Эти катионы образуют **неподвижный слой компенсирующих ионов** и **диффузный слой** слабосвязанных ионов, способных вступать в обменные реакции. Многовалентные катионы полнее компенсируют отрицательный заряд анионов, сильнее притягиваются и прочнее удерживаются ППК. Две-три свободных валентности могут быть использованы на связывание мицелл ППК между собой с образованием раствора дальнего

порядка. Поэтому, если ППК заполнен катионами Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, то почвенные коллоиды находятся в состоянии геля и прочно удерживаются в почве. Одновалентные катионы, имеющие заряд +1, не полностью компенсируют отрицательный заряд ядра мицеллы. Поэтому, если ППК заполнен ионами K^+, Na^+, то мицеллы взаимно отталкиваются, образуя золь – раствор гумуса, который вымывается из пахотного горизонта почвы и перемещается в более глубокие слои.

Итак, в присутствии двух- и трехвалентных катионов происходит коагуляция и накопление гумуса, а в присутствии одновалентных, в щелочной среде – пептизация и вымывание гумуса.

Гуматы и фульваты щелочных металлов и аммония, хорошо растворимые в воде образуются в содовых солончаках и солонцах. Стекая под действием силы тяжести из гумусового элювиального горизонта, они вступают в реакцию с расположенными ниже по профилю карбонатами кальция и магния. В результате обменной реакции

$$ППК\text{-}Na + Ca^{2+} \rightarrow ППК\text{-}Ca + Na^+$$

образуются нерастворимые гуматы Ca u Mg, которые цементируют солонцовый горизонт.

Активность поглощения ионов почвенным поглощающим комплексом и их коагулирующая способность в целом зависит от величины заряда и массы иона, хотя, в различных условиях и при разных концентрациях ионов эта закономерность может быть нарушена. К.К. Гедройц расположил катионы в зависимости от их энергии поглощения и коагулирующей способности в следующем порядке:

$$Li^+ < Na^+ < NH_4^+ < K^+ < Mg^{2+} < H^+ < Ca^{2+} < Ba^{2+} < Al^{3+} < Fe^{3+}$$

Катионы могут также образовывать комплексные соединения с гумусовыми веществами, входя в состав аниона ППК. Многие катионы могут быть необменно поглощены глинистыми минералами, входящими в состав ППК (интрамицеллярное поглощение).

Максимальное количество обменных катионов, удерживаемых почвой, называют **емкостью катионного обмена (ЕКО)**. В песчаных дерновоподзолистых почвах ЕКО составляет 3-6 мг-экв на 100 г почвы, в тяжелосуглинистых типичных черноземах – 30-70 мг-экв.

Все катионы, кроме, H^+ и Al^{3+} образуют гидроксиды с основными свойствами: NaOH, $Ca(OH)_2$ и т.д., поэтому их называют **обменными основаниями**, а почвы, содержащие только эти обменные катионы, называют почвами, **насыщенными основаниями**. Al^{3+} образует гидролитически кислые соли, поэтому ионы Al^{3+}, а также H^+, придают почвенному раствору кислую реакцию. Почвы, содержащие Al^{3+}и H^+ в обменном состоянии, называют **почвами ненасыщенными основаниями**. Ионы H^+ находящиеся в почвенном растворе и экстрагируемые дистиллированной, а в природных условиях – дождевой водой обуславливают **активную** или **актуальную кислотность** почвы. Находящиеся в диффузном слое ППК обменные ионы Al^{3+} и H^+ обуславливают **пассивную или потенциальную кислотность.** Эти слабосвязанные ионы вытесняются в почвенный раствор или экстрагируются в результате обменной реакции с нейтральными солями (чаще всего, в качестве экстрагента используют 0,1 нормальный водный раствор KCl). Эта реакция обуславливает **обменную потенциальную кислотность**. Более прочно связанные ионы экстрагируются гидролитически щелочной солью. Такой вид кислотности называют **гидролитической потенциальной кислотностью.**

Агронома интересует прежде всего, как изменится общая кислотность почвенного раствора при внесении минеральных удобрений, являющихся чаще всего нейтральными солями (KCl – калийная соль, KNO_3 – калийная селитра). Поэтому агрохимический анализ почвы включает определение **pH солевой вытяжки** – кислотности раствора ионов экстрагированных 0,1 н раствором KCl. pH солевой вытяжки объединяет актуальную и обменную потенциальную кислотности.

Кроме Al^{3+}и H^+ в солевую вытяжку могут переходить и другие катионы. Na^+ и K^+ в почвенном растворе образуют гидролитически щелочные соли, почва богатая Na^+ и K^+ имеет щелочную реакцию. Высокие и низкие значения pH угнетающе действуют на цитоплазму растений, инактивируют ферменты, нарушают процессы мембранного транспорта. В щелочной среде многие микроэлементы переходят в малорастворимые, недоступные растениям формы ($Fe(OH)_3$), а в кислой среде эти элементы накапливаются в растении в токсичных количествах (Fe, Al). Ионы H^+ являются конкурентами K^+ и NH_4^+, а ионы OH^- – конкуренты NO_3^- и $H_2PO_4^-$. Для

большинства растений бореального и суббореального поясов оптимальное значение pH – 5,5-6,5.

Излишне кислую почву нейтрализуют с помощью физиологически щелочных удобрений ($NaNO_3$) или вносят карбонаты кальция: мел, известь, известняк, доломит. В результате взаимодействия с почвенным раствором и ППК последний насыщается кальцием:

$$ППК\text{-}H + CaCO_3 \rightarrow ППК\text{-}Ca + H_2CO_3$$

и образуется угольная кислота, которая быстро распадается на углекислый газ и воду. Известкование проводят один раз в несколько лет. Если почвы имеют реакцию близкую к нейтральной 6,6-6,8, известкование проводить не нужно. В южных районах, там, где почвы могут быть засолены, а ППК содержит обменные Na и K – известкование недопустимо, так как ионы Ca^{2+} более активно поглощаются ППК, чем щелочные металлы и вытесняют их в почвенный раствор:

$$ППК\text{-}Na + CaCO_3 \rightarrow ППК\text{-}Ca + Na_2CO_3$$

Тогда в результате реакции с карбонатом образуется сода и затем гидроксид натрия – токсичное для растений вещество, сильно защелачивающее почву:

$$Na_2CO3 + H_2O \rightarrow NaOH + H_2CO_3 \rightarrow NaOH + H_2O + CO_2$$

В щелочные почвы необходимо вносить физиологически кислые удобрения (KCl, $(NH_4)_2SO_4$) или гипс:

$$ППК\text{-}Na + CaSO_4 \rightarrow ППК\text{-}Ca + Na_2SO_4$$

Гидролитически нейтральная соль Na_2SO_4 не защелачивает почву и при поливе быстро вымывается в грунтовые воды.

Кроме обменного поглощения катионов, почве свойственна **молекулярная сорбция** молекул воды, некоторых газов, органических соединений (в том числе пестицидов) на поверхности твердых почвенных частиц. Повышение концентрации неорганических анионов в слое молекулярно сорбированной воды называют **отрицательной сорбцией**.

Крупные молекулы или мелкие частицы, взаимодействуют с поверхностью капиллярных пор, застревая в них. Такой вид поглощения К.К. Гедройц назвал **механическим**.

К **химическому поглощению** или **хемосорбции** относят различные виды реакций с образованием малорастворимых соединений или комплексов с органическими и минеральными коллоидами почвы.

Поглощение веществ из почвенного раствора корням растений, микроорганизмами и животными называют **биологическим.**

В результате различных процессов поглощения, почвенный раствор освобождается от растворенных веществ, в том числе ксенобиотиков, переходящих в связанное, малоподвижное состояние. Иногда это явление называют «самоочищением» почвы. Необходимо помнить, что поглощенные радионуклиды и токсичные химические элементы не исчезают, а депонируются в почве на многие годы, превращаясь в «бомбу замедленного действия», и могут переходить в подвижные формы при изменении условий.

10.4. Биогеохимические аномалии

Континенты сложены в основном из лёгких алюмосиликатных пород. Тяжелые металлы и радионуклиды «тонут» в мантии планеты. Однако на некоторых участках территории они оказываются на поверхности и попадают в почвообразующие породы и почвы.

В мантии Земли происходит конвективное течение вещества, разогретого и расплавленного вследствие радиоактивного распада. Восходящие потоки магмы расходятся в разные стороны и, оказавшись под материковой плитой, силой своего движения разрывают её на части. Это явление называют **спрединг**ом. На суше в расширяющейся трещине – **рифте** – образуется акватория – будущий океан – и выдавливается магма. В океане изливающаяся в рифте магма превращается в базальтовое океаническое дно. В районе подводных рифтовых расщелин выделяется и концентрируется комплекс соединений тяжелых металлов, серебра, золота, урана с солями морской воды. Образуется комплекс отложений полиметаллических руд. Такое рудное месторождение формируется сейчас в Красном море. За несколько тысяч лет там накопились десятки

миллионов тонн полужидкой руды, толщина залежей которой достигает 100 м. Геологи предполагают, что в докембрии, девонском, ордовикском, позднеюрском, позднепермском и позднеэоценовом периодах в океане повышалась концентрация урана, поступавшего в морскую воду из рифтов. Это привело к гибели большей части видов живых существ (великие вымирания).

Когда конвекционные потоки магмы оказываются в верхней части мантии, они охлаждаются и опускается вниз, а находящиеся над ними материковые плиты сталкиваются, коробятся и сминается в складки. Так на месте столкновения материков образуются горы. Океанические донные отложения увлекаются мантийными потоками под континент, где под влиянием высокого давления и температуры они метаморфизируются и превращаются в гранит и другие метаморфические породы, которые при извержении вулканов и через трещины в материковой коре могут поступать на поверхность в форме гранитных **экструзий**.

Так океанические отложения полиметаллических солей оказываются на суше. В процессе выветривания горной породы уран и тяжёлые металлы высвобождаются и в виде растворимых солей или осколков гипергенных минералов разносятся водой на значительные расстояния. Формируется **биогеохимическая аномалия** – территория для которой характерны необычно высокие концентрации этих элементов в природной среде: воде, почве, растениях и животных.

Примером формирования биогеохимических аномалий комплекса элементов может служить Зауралье. На территории Зауралья такие процессы повторялись несколько раз. Формирование Урало-Охотского подвижного пояса, по-видимому, началось около 2 миллиардов лет назад. Период с 1,8 до 0,57 миллиардов лет до нашей эры так и называют рифеем (или поздним протерозоем) по древнему названию Урала (Рифейские горы). В эпоху рифея появились первые многоклеточные организмы. Считают, что накопление отложений рифея началось около 1770 миллионов лет назад. В Башкирии и на Южном Урале ещё сохранились рифейские отложения. Один из слоёв называют ашинским (по названию города Аша).

В позднем рифее Урало-Охотский подвижный пояс раскололся и на его месте появился рифт, а затем Доуральский океанический бассейн. Около 650-550 миллионов лет назад древние материки надвинулись друг на друга, края их сминались и возникали

так называемые байкальские складчатые структуры. Доуральский океан закрылся, и из его смятых берегов сформировались горные образования – предки Уральских гор.

Около 500 миллионов лет назад в раннем ордовикском периоде произошел ещё один раскол по восточному краю Восточно-Европейской платформы и образовался Уральский палеоокеан, который существовал примерно 200 миллионов лет до середины каменноугольного периода. В конце силура произошло ещё одно сминание, относящееся к этапу каледонской складчатости и вулканическое извержение базальтов.

В начале пермского периода, примерно 300 миллионов лет назад дрейфующий Сибирский континент столкнулся с Восточной Европой и Казахстанским материком. При сближении материков Уральский океан окончательно закрылся и вновь появилась горная страна.

В мезозойскую эру, начавшуюся с появлением первых рептилий и закончившуюся «Великим вымиранием» мезозойской биоты, когда с лица Земли исчезло 18% семейств и 45% родов организмов, разломы в Урало-Охотском поясе были уже небольшими: образовалось только несколько грабенов, в том числе Челябинский грабен, заполнившийся со временем многими слоями бурого угля общей толщиной 2-3 километра. Мезозойская кора выветривания содержит большое количество железа и никеля.

В юрском периоде началось опускание Западно-Сибирской плиты, сопровождающееся вулканической деятельностью. На изверженных гранитных интрузиях расположен и город Челябинск. От горной страны осталась узкая полоса складок, надвинутых на Европейскую континентальную плиту – собственно Уральский хребет. В конце мелового периода на территории Зауралья разлилось континентальное море.

В середине древнетретичного периода (палеогена) 45-50 миллионов лет назад это море достигло наибольшего развития, соединяясь с Арало-Каспийской впадиной. Поэтому его называют Третичным морем, а территорию, которую оно занимало – Третичной равниной.

Третичное море омывало восточный склон Уральского хребта, сглаживало рассеченный рельеф. Эта **абрадирующая** деятельность морских волн в сочетании с водной эрозией горных склонов разрушила часть гор и создала волнисто-увалистый, всхолмленный

рельеф **абразионно-эрозионной** платформы, занимающей широкую полосу, протянувшуюся с севера на юг Челябинской области.

Третичное море постепенно отступало на восток, оставляя за собой пересыхающие соленые озера и мощные морские отложения, обогащенные солями. Современные почвообразующие породы – это результат выветривания горных пород восточной части Уральского хребта, происходившего в кайнозое.

Климат в кайнозойскую эру был тропическим, а начиная с неогена (25 млн. лет) влажным субтропическим, затем, в плиоцене (5 млн. лет) влажность нарастала, а температура снижалась, что привело к оледенению.

На территории Европейского континента в четвертичном периоде насчитывают 6 оледенений. На Сибирской платформе, где климат был более сухим – пять оледенений: Шайтанское, Самаровское, Тазовское, Ермаковское и Сартанское. После Сартанского оледенения, 10 тысяч лет назад наступил голоцен или послеледниковый период.

На Среднем и Южном Урале ледниковые отложения не встречаются: их южная граница проходит через Тюмень, но влияние оледенений на формировавшиеся в то время почвы Зауралья очень велико.

Сейчас на этой территории можно выделить следующие геолого-почвенные зоны:

1. Хребтовая полоса. Её граница проходит рядом с Миассом, Верхним Уфалеем, Кыштымом. На глубине 4-5 километров в ее западной части могут быть протерозойские, рифейские, а затем более поздние отложения. Центральная часть Уральского хребта – палеозойские отложения – глинистые и вулканогенные породы, кремнистые сланцы, известняки. Все эти породы подвергаются выветриванию, а затем водной эрозии на горных склонах. На элювиальных (неперемытых) и делювиальных (перемытых) отложениях горных пород образуются щебенчатые или пылевато-суглинистые почвы небольшой мощности. Характер гумусового горизонта определяется климатом и растительной формацией. Хвойные леса горнолесной зоны дают небольшое количество растительного опада, богатого органическими кислотами. В условиях повышенной влажности при промывном водном режиме из такого опада образуются легкорастворимые фульвокислоты. Накопление гумуса (3-6%) происходит в маломощном (6-15см.) горизонте A_1. В A_2 – элювиальном

горизонте – содержание гумуса 1-1,5%. Мощность этого горизонта 10-30 см. Это подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные почвы. Они кислые (pH = 4,5), малоплодородные, сильно подверженные водной эрозии

2. Абразионно-эрозионная платформа. Западная ее часть, на которой находится предгорная лесостепь – Верхнеуральский, Уйский, Чебаркульский, Кунашакский, Аргаяшский районы — не была засолена третичным морем. Почвы здесь формируются на элювии и делювии местных кристаллических пород, обнажившихся интрузиях гранита. Донные отложения третичного моря были смыты, а на элювиально-делювиальных отложениях в тропическом и субтропическом климате происходила сильная ферраллитизация – вымывание силикатов и накопление оксидов железа и алюминия. В окрестностях Челябинска на поверхности или небольшой глубине встречаются малиново-розовые глины, красноцветные латеритообразные остатки коры выветривания, железные конкреции миоценового периода. Большая часть этих отложений тоже была смыта водно-эрозионными процессами.

В северной части предгорной лесостепи формируются серые лесные и оподзоленные почвы. Растительный опад здесь в основном травянистый и лиственный, он более обильный и менее кислый, чем в хвойных лесах. Содержание гумуса в почве 4-8%. Южнее Челябинска преобладают тучные черноземы с зернистой структурой и содержанием гумуса до 12-15%, не уступающие по плодородию лучшим почвам нашей страны. Оптимальное количество осадков позволяет получить на этих землях самые богатые урожаи.

3. Восточная часть абразионно-эрозионной платформы и третичная равнина, западная граница которой проходит по линии Челябинск-Карталы, находится на территории Челябинского грабена с юрскими угленосными пластами, и прилегающими отложениями мелового периода на третичных морских осадочных породах. В доледниковую эпоху здесь, вероятно, существовали солончаковые почвы. Ледники образовывались, а затем таяли и оставляли флювиогляциальные отложения, которые перекрывали русла рек, текущих на север. Реки, разливались по третичной равнине и промывали засоленные почвы. Затем реки прорывали ледниковые заграждения и уносили в Северный Ледовитый океан растворённые соли. В межледниковые сухие периоды соленые грунтовые

воды, поднимаясь и испаряясь, выносили растворимые соли из более глубоких слоев на поверхность, после чего вновь наступал ледниковый период и почвы вновь промывались ледниковыми водами.

Постепенно, на месте солончаков образовались солонцы, а затем солонцеватые черноземы. Черноземы третичной равнины, сформировались из реградировавших солонцов на глинистых морских отложениях, поэтому имеют непрочную комковатую структуру, тяжелый механический состав и повышенное содержание натрия. В солонцах и солонцеватых черноземах почвенные коллоиды перемываются из горизонта А в горизонт B_1. Горизонт А беден гумусом, он рыхлый, часто бесструктурный. Горизонт B_1 во влажном состоянии вязкий, липкий, с трудом обрабатывается сельскохозяйственными орудиями. Высыхая, он распадается на крупные агрегаты, создавая неблагоприятный для растений водно-воздушный режим. В горизонте B_2 и С встречаются кристаллы растворимых солей (сульфатов, хлоридов), отложения карбонатов.

В 20-30 годы в степной зоне Челябинской области еще сохранялись ковыльные и разнотравно-ковыльные степи. Для подъема пласта однолемешным плугом была необходима упряжка из 5 пар волов и двух лошадей. С появлением совхозов и машинно-тракторных станций все целинные земли, за исключением солончаково-солонцовых, были распаханы.

Не совсем обычное происхождение почвообразующих пород Южного Урала обусловило такую проблему, как биогеохимические аномалии.

На территории, занимаемой Уралом, по меньшей мере дважды находились рифтовые трещины и один раз – вулканический пояс. Последующие сминания подняли на поверхность образовавшийся в рифтах полиметаллический рудный комплекс. На абразионно-эрозионной платформе и хребтовой полосе он не был перекрыт осадочными породами, или же эти породы были смыты. На третичной равнине во время межледниковья сухая и жаркая погода вызывала подъем по капиллярам грунтовых вод, их испарение, и концентрацию растворенных соединений в верхних слоях материнской породы и почвы. Поэтому почвообразующие породы и формирующиеся на них почвы содержат очень большие количества урана, тория, меди, цинка, свинца, кобальта, мышьяка, ртути, железа, титана, ванадия, хрома, вольфрама, ниобия, тантала, олова, циркония, берил-

лия, платиноидов. Содержание этих элементов в почвах может превышать предельно допустимые концентрации в 5-150 раз. Гамма-активность полей развития радиоактивных пород может достигать 800 мкР/час. Содержание йода в лесостепной зоне недостаточно. В степной зоне наблюдается недостаток Co и Mn.

При образовании черноземных почв металлы прочно связываются глиногумусовым комплексом и накапливаются в пахотном слое. Содержание их в почве может быть на 40-50 % выше, чем в почвообразующей породе. При внесении минеральных удобрений, и выпадении кислых дождей металлы могут переходить в почвенный раствор, поглощаться растениями и загрязнять урожай. Особенно опасен кадмий. Этот элемент может передвигаться по растению, минуя естественные барьеры как акропетально так и базипетально (сверху вниз). Его концентрация в плодах растений может быть в несколько раз выше, чем в почве. Металлы связывают -SH и другие активные группы белков. Структура белка при этом изменяется, и он теряет свои ферментные свойства. Например, свинец блокирует синтез гемоглобина сразу на нескольких стадиях, вызывая анемию. Видоизмененные белки принимаются организмом за чужеродные антигены и вызывают аллергические реакции. Некоторые металлы имеют канцерогенные свойства. Металлы могут также увеличивать чувствительность организма к другим неблагоприятным факторам. Многие металлы могут вызывать специфические эндемические заболевания, например бериллиевый рахит, стронциевый рахит (уровская болезнь), хромовый рак, молибденовый токсикоз, марганцевый рахит, медный гиперхроматоз, кадмиевая протеинурия, меркуриализм (при интоксикации ртутью) уровезикальная гематурия и сатурнизм (при интоксикации свинцом), урановый нефрит и другие.

К естественным аномалиям добавляется техногенное загрязнение: металлургические предприятия Челябинской области длительное время выбрасывали в атмосферу за год около 23 тонн оксида ванадия, 810 тонн марганца, 220 тонн шестивалентного хрома, 143 тонны свинца, 54 кг ртути и другие токсичные вещества. Работа комбината ПО «Маяк», производившего оружейный плутоний, привела к загрязнению части территории техногенными радионуклидами.

До сих пор не разработаны эффективные и экономически рентабельные способы защиты почвы или очистки ее от промышленных загрязнений. В особенно опасных случаях, например, в итальянском городе Севезо, при загрязнении диоксином, или на комбинате «ПО Маяк» при взрыве емкости с радиоактивными отходами, самый загрязненный верхний слой почвы снимали и вывозили на захоронение.

Практически вся центральная и западная Европа была загрязнена радиоактивными изотопами в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции. На территории России особенно сильное радиоактивное загрязнение произошло в Тульской области (в особенности – Плавское пятно).

Территории с загрязнением более 1 Ки/км^2 есть в 15 субъектах Российской Федерации. Кроме Тульской области наиболее загрязнены Орловская, Брянская, Калужская, Рязанская области.

При радиоактивном загрязнении почву глубоко перепахивали, перемещая загрязненную её часть из верхнего корнеобитаемого слоя на глубину 40-50 см. Такое перемешивание не уменьшает количество опасного вещества, но ухудшает плодородие почвы. Рекомендуют также вносить большое количество органических удобрений. Образующийся из них гумус прочно связывает металлы и радионуклиды, однако при изменении условий (кислотности почвенного раствора, его химического состава и так далее) загрязняющие вещества снова переходят в подвижную форму. Особенно активно переходят в почвенный раствор под влиянием кислотных дождей алюминий, ртуть, свинец.

Снизить поступление радиоактивных изотопов в товарную часть урожая позволяет внесение минеральных удобрений элементов – биохимических аналогов радионуклидов.

В долгосрочной перспективе решением проблемы радиоактивного и загрязнения почв может быть селекция по признаку пониженного накопления радионуклидов растениями.

Разработка эффективных и рентабельных методов получения на территории биогеохимических аномалий высококачественной сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам – это важная и актуальная задача.

Контрольные вопросы

1. Какими свойствами обладают кремнекислородные радикалы различных типов?
2. Какие химические процессы происходят во время гипергенеза первичных минералов?
3. Какие химические свойства имеют гипергенные минералы?
4. Почему минералы группы монтмориллонита лучше поглощают катионы, чем минералы группы каолинита?
5. Какое значение для свойств почвы имеет её гранулометрический состав?
6. Какие вещества входят в состав гумуса?
7. Как формируются и какие свойства имеют почвенные генетические горизонты?
8. Почему состав почвенного воздуха отличается от атмосферного?
9. Что входит в состав почвенного раствора?
10. Какие свойства имеют почвенные коллоиды?
11. Как устроена мицелла почвенного поглощающего комплекса?
12. Как происходит поглощение и обмен катионов в ППК?
13. Чем обусловлена кислотность почвы и как она определяется?
14. Опишите методы оптимизации кислотности и щёлочности почвы.
15. Что такое биогеохимические аномалии? Как они формируются? Какую опасность представляют?
16. Какие методы применяют для снижения поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию?

Глоссарий

Абсорбция – поглощение газа или пара жидкостью.

Аденозинтрифосфат (АТФ) – основной переносчик энергии для клеток и организма в целом.

Адсорбция – концентрирование вещества на поверхности раздела фаз.

Аллотропия – существования химического элемента в виде нескольких модификаций простых веществ.

Амфотерность – способность химических соединений проявлять кислотные и основные свойства.

Атом – наименьшая часть химического элемента, являющаяся носителем его химических свойств

Ауксины – вырабатываемые в клетках растений фитогормоны, стимулирующие ростовые процессы

Биогенные элементы – химические элементы, входящие в состав организмов, на долю которых приходится более 95 % от общего числа.

Валентность – способность образовывать химические связи количество химических связей, которые образовал атом в данном соединении.

Водородная связь – связь между атомами водорода одной молекулы и сильно электроотрицательными элементами (O, N, F) другой молекулы. Возможно образование внутримолекулярной водородной связи.

Водородный показатель – отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода, выраженный в моль/л.

Восстановление – принятие электронов окислителем во время окислительно-восстановительной реакции или электролиза.

Гетерогенная реакция – реакция, протекающая на границе раздела фаз, или на границе двух несмешивающихся жидкостей, или двух твердых веществ.

Гибридизация – изображение электронной орбитали, образованной при спаривании электронов разных подуровней.

Гидратация – реакция присоединения воды.

Гидрогенизация (гидрирование) – присоединение водорода к различным веществам.

Гидролиз – обменная реакция между веществом и водой.

Гомологи – вещества, сходные по строению и обладающие близкими химическими свойствами, отличающиеся на группу атомов $–CH_2$.

Горение – окислительно-восстановительная химическая реакция, сопровождающаяся выделением большого количества тепла и пламенем.

Граница раздела фаз – плоскость, проходящая по границе между двумя веществами, находящимися в разных агрегатных состояниях.

Двойная связь – ковалентная связь двух атомов в молекуле с помощью двух общих электронных пар

Дегидратация – реакция отщепления воды от молекулы вещества.

Дегидрогенизация (дегидрирование) – отщепление молекул водорода от основного вещества.

Десорбция – удаление из жидкости или твердых тел веществ, поглощенных при адсорбции (абсорбции).

Диполь – электронейтральная частица, у которой имеются два заряда – положительный и отрицательный.

Диссоциация – распад вещества на ионы при растворении или расплавлении.

Закон Авогадро – в равных объемах различных газов при одинаковых физических условиях содержится одинаковое число молекул или атомов.

Закон действующих масс – скорость химической реакции при постоянной температуре пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ.

Закон объемных отношений – объемы вступающих в реакцию газов при одинаковых условиях (температуре и давлении) относятся друг другу как простые целые числа.

Закон сохранения массы веществ – масса веществ, вступивших в реакцию, равна массе веществ, образовавшихся в результате реакции.

Изомерия – явление, при котором существуют несколько веществ с одинаковой формулой и молекулярной массой, но различающихся по строению и свойствам.

Изотопы – разновидности атомов одного элемента с одинаковым зарядом ядра, но разными массовыми числами.

Ингибитор – вещество, замедляющее скорость химической реакции.

Индикатор – химическое вещество, изменяющее окраску, люминесценцию или образующее осадок при изменении концентрации того или иного компонента в растворе. Наиболее часто окраска индикатора зависит от pH раствора – концентрации ионов водорода или гидроксид-ионов.

Ионная связь – тип химической связи, которая образуется при взаимодействии атомов, сильно различающихся по электроотрицательности. При ионной связи происходит передача пары связанных электронов более электроотрицательному атому.

Ионные реакции – химические процессы, протекающие между ионами в водном растворе или в расплаве.

Ион – атом или часть молекулы, получившая электрический заряд вследствие получения или потери электронов. Заряд иона может быть положительным (катион) или отрицательным (анион).

Ионофоры –Химические вещества, повышающие проницаемость биологических или искусственных липидных мембран для определенных ионов.

Катализатор – вещества, ускоряющие химическую реакцию, но сами при этом не расходуются.

Каталитические реакции – реакции, протекающие под воздействием катализатора.

Кислотные оксиды – оксиды, образующие кислоту при взаимодействии с водой.

Ковалентная неполярная связь – химическая связь, возникающая за счет общей электронной пары между атомами с одинаковыми или близкими значениями электроотрицательности.

Ковалентная полярная связь – химическая связь, возникающая за счет общей электронной пары между атомами с разными значениями электроотрицательности. Электронное облако смещается в сторону атома с большей электроотрицательностью.

Конденсация – переход вещества из газообразного состояния в конденсированное – жидкое или твердое; фазовый переход первого рода. Возможна только в результате охлаждения или сжатия пара.

Концентрация – относительное количество вещества в системе (смеси, растворе, расплаве).

Коррозия металла – физико-химическое разрушение металла в результате окислительно-восстановительных реакций с водой, воздухом и другими компонентами окружающей среды.

Кратность связи – число общих электронных пар, участвующих в образовании ковалентной химической связи. Различают одинарные связи (кратность связи – 1, например, F-F), двойные связи (кратность связи – 2, например, O=O), тройные связи (кратность связи – 3).

Лакмус – используется для определения pH-среды кислотно-основной индикатор. Получают лакмус из некоторых видов лишайника.

Ле-Шателье принцип – если на систему, находящуюся в динамическом равновесии оказать воздействие (изменить давление, температуру или концентрацию веществ), то равновесие системы смещается в сторону, ослабляющую это воздействие.

Макроэргические связи – это ковалентные связи, которые гидролизуются с выделением значительного количества энергии: 40 кДж/моль и более

Металлическая связь – связь, которую осуществляют относительно свободные электроны между ионами или атомами металлов в кристаллической решетке.

Металлы – простые вещества, обладающие высокими значениями электро- и теплопроводности, способностью хорошо отражать световые волны (блеск и непрозрачность), пластичностью.

Метилоранж – спиртовой раствор метилового оранжевого используется как кислотно-основный индикатор.

Молекула – наименьшая частица данного вещества, которая обладает всеми его химическими свойствами.

Моль – количество вещества, содержащее столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в 12 г изотопа углерода с массовым числом 12. Число структурных единиц в 1 моль равно числу Авогадро.

Молярная масса – величина, равная отношению массы вещества к его количеству(М). Имеет размерность г/моль.

Молярный объем газа – объем, занимаемый одним молем газа или смеси газов при нормальных условиях, численно равный 22,4 л.

Направленность ковалентной связи – обуславливает пространственное строение молекул. Зависит от того, какую форму и направление имеют электронные облака в пространстве.

Насыщенность связи – способность атомов образовывать ограниченное количество ковалентной связи. Благодаря такой способности молекулы имеют строго определенный состав.

Неметаллы – простые вещества, не обладающие химическими и физическими свойствами металлов.

Необратимые реакции – химические реакции, протекающие в одном направлении до полного расходования исходных веществ.

Нормальные условия – для газа давление P_0=101.325 кПа и температура T_0=0 °С или T_0=273.2 °К. ГОСТ на топливные газы принято утверждать при температуре T_{20}=+20 °С и P_0=101.325 кПа (760 мм рт. ст.), в связи с этим эти условия называют стандартными.

Обратимые реакции – реакции, способные протекать во взаимно противоположных направлениях.

Окислитель – вещество, принимающее электроны при окислительно-восстановительно реакции.

Окислительно-восстановительная реакция – реакции, в ходе которых изменяются степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ.

Периодический закон Д. И. Менделеева – свойства химических элементов и образованных ими простых и сложных веществ находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов этих элементов.

Периодическая система элементов – классификация химических элементов; графическое выражение Периодического закона Д.И. Менделеева.

Пиролиз – разложение органического соединения при высокой температуре (несколько сот градусов).

Пирометаллургия – способы получения металлов из руд с помощью реакций восстановления, проводимых при высоких температурах. В качестве восстановителей используют уголь, оксид углерода, водород, метан.

Пластичность – свойство тел подвергаться деформации под действием внешних сил без разрывов.

Поликонденсация – синтез полимера, сопровождающийся выделением низкомолекулярного продукта (воды, спирта, водорода и др.).

Полимеризация – получение высокомолекулярного соединения полимера из одинаковых низкомолекулярных соединений, обладающих двойными связями без выделения низкомолекулярного продукта.

Радикал – это группа атомов, переходящих без изменения из одного соединения в другое.

Равновесные реакции – обратимые реакции, прямая и обратная скорости которых равны между собой.

Радикал свободный – частица с неспаренным электроном на внешней атомной или молекулярной орбитали.

Растворы – гомогенные системы переменного состава, состоящие из двух и более компонентов и продуктов их взаимодействия.

Растворимость – способность вещества образовывать с другими веществами растворы.

Реагент – вещество, вступающее в реакцию.

Реактив – регламентированный по составу свойствам препарат, применяемый для научных исследований и химического анализа как реагент.

Реакции –

1) соединения реакции, в результате которых из двух простых и (или) сложных веществ образуется одно более сложное вещество;

2) разложения – реакции, в результате которых их одного более сложного вещества образуется несколько простых и (или) сложных веществ;

3) замещения – реакции, при которых атомы простого вещества замещают атомы в сложном веществе;

4) обмена – реакции, при которых сложные вещества обмениваются своими составными частями;

5) этерификации – реакции образования эфиров из спирта и кислоты;

6) нейтрализации – реакция обмена между кислотой и щелочью, при которой образуется соль и вода;

7) гомогенные – реакции, протекающие между веществами в одинаковом агрегатном состоянии;

8) гидратации – реакции с присоединением воды;

9) дегидратации – реакции с отщеплением воды;

10) гидрирование – присоединение водорода;

11) дегидрогалогенирования – отщепление галогеноводорода от моногалогенпроизводного под действием спиртового раствора щелочи.

Реакция качественная – реакция, характерная для данного химического соединения (или его функциональной группы), позволяющая обнаружить присутствие данного соединения среди других соединений.

π-Связь – связь, возникающая между атомами, когда перекрывание электронных облаков происходит вне линии, соединяющей ядра обоих атомов.

σ-Связь – наиболее прочная химическая связь, когда перекрывание электронных облаков происходит по линии, соединяющей оба ядра атомов.

Свободные радикалы – атомы или группы связанных между собой атомов, характеризующиеся наличием неспаренных электронов.

Синтез – соединение атомов, молекул или других частиц в новое вещество.

Скорость реакции – количественное выражение интенсивности реакции.

Сольватация – взаимодействие растворенных частиц с молекулами растворителя. В случае водных растворов – гидратация.

Сплав – система, состоящая из нескольких металлов или металлов и неметаллов, обладающих свойствами, присущими металлическому соединению.

Структурное звено – многократно повторяющиеся группы атомов в полимере.

Степень полимеризации – показывает, сколько молекул мономера взаимно соединились в процессе полимеризации или сколько структурных звеньев содержит молекула полимера.

Сублимация – переход твердого вещества в газовое состояние, минуя жидкую стадию. Например, при нагревании йода, нафталина, камфары. Применяется для очистки веществ.

Таутомерия – подвижное равновесие между взаимопревращающимися структурными изомерами (таутомерами).

Твердость – сопротивление твердого тела вдавливанию или царапанию.

Токсичность – свойство веществ вызывать отравление организма. Характеризуется дозой вещества, вызывающей ту или иную степень отравления.

Фенолфталеин – кислотно-основной индикатор, приобретающий малиновый цвет в щелочной среде (pH = 8,2-10).

Ферменты (энзимы) – биологические катализаторы белковой природы, ускоряющие химические реакции в живых организмах.

Фиксанал – стеклянные ампулы, содержащие вещества в строго определенных количествах. Предназначены для приготовления растворов точно известной концентрации.

Фитогормоны – низкомолекулярные органические вещества, вырабатываемые растениями и выполняющие регуляторные функции.

Фитохром – семейство хромопротеинов, чувствительных к красному и дальнему красному свету.

Фотосистема – белковый суперкомплекс, который осуществляет первичные фотохимические реакции фотосинтеза

Функциональная группа – атом или группа атомов, которые, являясь структурными фрагментами разных химических соединений, проявляют специфические химические свойства.

Химическая номенклатура – правила наименования химических веществ.

Химическая реакция – процесс превращения одних веществ в другие, отличающиеся от исходных, составом и свойствами, при условии, что при этом не происходит изменения строения атомных ядер.

Царская водка – смесь концентрированных соляной и азотной кислот в объемном соотношении 3:1.

Цветные сплавы – сплавы, не содержащие железа.

Цикл Кальвина – восстановительный пентозофосфатный цикл – серия биохимических реакций, осуществляемая при фотосинтезе растениями (в строме хлоропластов).

Цикл Кребса – сложная серия химических реакций, которые производят углекислый газ и аденозинтрифосфат (АТФ), соединение, богатое энергией.

Черные сплавы – сплавы на основе железа (чугун и сталь).

Чугун – сплав железа с углеродом, содержащий более 2,2% углерода и примеси различных металлов и неметаллов.

Щелочи – гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов.

Щелочные металлы – металлы 1 группы главной подгруппы Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева.

Щелочно-земельные металлы – металлы 2 группы главной подгруппы Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева.

Экзотермические реакции – реакции с выделением тепловой энергии.

Эквивалент – равнозначное, равносильное, равноценное чего-либо одного чему-либо другому.

Электролиз – окислительно-восстановительные реакции, протекающие на электродах, если через раствор/расплав электролита пропускают постоянный электрический ток.

Электролитическая диссоциация – распад вещества на ионы в растворе или в расплаве.

Энтальпия – мера энергии, накапливаемая веществом при его образовании.

Эндотермические реакции – реакции, протекающие с поглощением тепловой энергии.

Этиолированные растения – растения, выросшие при недостатке света или в темноте.

Ядерные реакции – превращения атомных ядер, обусловленные их взаимодействием с другими ядрами или элементарными частицами.

Рекомендуемая литература

1. Алимов, А. М. Экологическая химия : учебное пособие / А. М. Алимов, Т. М. Ахметов, А. Х. Волков, Н. Р. Касанова. – Казань : Казанская академия ветеринарной медицины, 2021. – 162 с.

2. Бакаева, Н. П. Органическая химия : учебное пособие / Н. П. Бакаева. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2024. – 146 с.

3. Бакаева, Н. П. Химия : учебное пособие / Н. П. Бакаева, О.Л. Салтыкова, Л. В. Запрометова. – Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – 206 с.

4. Бакаева, Н. П. Химия : учебное пособие / Н. П. Бакаева. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2024. – 200 с.

5. Бочкарев, А. В., Химия воды : учебное пособие / А. В. Бочкарёв, Н. Л. Багнавец, А. В. Жевнеров, И. И. Дмитревская, С. Л. Белопухов. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 102 с.

6. Брель, А.К. Химия биогенных элементов : учебное пособие / А. К. Брель, С. В. Лисина, Е. А. Клочкова, С. В. Тремасова. – Волгоград : Волгоградский государственный медицинский университет, 2023. – 248 с.

7. Вилкова, Н. Г. Химия: основные вопросы общей химии : учебное пособие / Н. Г. Вилкова, О. Я. Беляева, И. А. Шентенкова, [и др.]. – Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2022. – 132 с.

8. Габибов, М.А. Агропочвоведение : учебное пособие / М. А. Габибов, Д. В. Виноградов, Н. В. Бышов. – Рязань : РГАТУ, 2018. – 326 с.

9. Глинка Н. Л. Общая химия : учебное пособие для вузов. Под ред. В. А. Рабиновича. – Л. : Химия, 1983. – 704 с.

10. Ермаков А. И. Квантовая механика и квантовая химия. Часть 2. Квантовая химия : учебное пособие. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 402 с.

11. Казаченок, Н. Н. Геоэкология техногенных радиоактивных изотопов : монография / Н. Н. Казаченок. – Могилёв : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 283 с.

12. Красицкий, В.А. Общая химия. Типовые расчетные задачи : учебное пособие / В. А. Красицкий, А. В. Зураев, А. Н. Богатиков. – Минск : Белорусский государственный университет, 2022. – 119 с.

13. Мартынова, Т.В. Неорганическая химия : учебное пособие / Т. В. Мартынова, И. И. Супоницкая, Ю. С. Агеева. – Москва : Инфра-М, 2023. – 348 с.

14. Новикова, Г. В., Казаченко А.С. Общая и неорганическая химия. Химия элементов : в 3-х частях ; Часть 1 : учебное пособие / Г. В. Новикова, А. С. Казаченко. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2022. – 108 с.

15. Салихова Г. Г. Химия для агрономов : учебное пособие. Уфа : Башкирский государственный аграрный университет, 2022. – 172 с.

16. Троц, Н. М. Агрохимия : учебное пособие / Н. М. Троц, М. А. Габибов, Д. В. Виноградов. – Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2021. – 165 с.

17. Уваров, Н. Ф. Химия твердого тела : учебное пособие / Н. Ф. Уваров, Ю.Г. Матейшина. – Новосибирск : Новосибирский государсвенный технический университет, 2022. – 108 с.

18. Щур, А. В. Сельскохозяйственная экология / А.В. Щур, Н. Н. Казаченок, Д. В. Виноградов, [и др.]. – Рязань : ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. – 224 с

Учебное издание

Казачёнок Нина Николаевна, Виноградов Дмитрий Валериевич,
Троц Наталья Михайловна, Щур Александр Васильевич

ХИМИЯ

Учебное пособие

Подписано в печать 2.06.2025. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 10,7; печ. л. 11,5.
Тираж 500. Заказ № 142.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр 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 общеобразовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Н. А. Ермакова

БОТАНИКА

Методические указания

Кинель
2025

УДК 580(07)
ББК 28.5
Е72

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Ермакова, Н. А.
Е72 Ботаника: методические указания /Н. А. Ермакова – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2025. – 25 с.

Учебное издание предназначено для студентов агрономического факультета, обучающихся по направлениям 35.03.05 «Садоводство», профиль подготовки «Декоративное садоводство и ландшафтный дизайн», 35.03.04 «Агрономия» профиль подготовки «Полеводство» и «Селекция и семеноводство», 35.03.01 «Лесное дело» профиль подготовки «Лесное хозяйство» при прохождении ознакомительной практики по ботанике

Методические указания включают сведения о гербаризации, определении видов растений и методы геоботанического обследования территории. Изложены правила техники безопасности и поведения при выполнении работ. Представлены правила оформления отчёта о практике.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2025
© Ермакова Н. А., 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 4
1. Общие положения 5
2. Содержание ознакомительной практики 6
2.1. Изучение правил техники безопасности и поведения на практике 6
2.2. Материалы и инвентарь, необходимый для проведения учебной практики 7
2.3. Методики сбора и высушивания растительных образцов, оформления гербария, определения видов, проведения геоботанических исследований 8
3. Оформление результатов ознакомительной практики .. 17
Приложения 20
Рекомендуемая литература 24

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания разработаны с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) третьего поколения по направлениям подготовки 35.03.05 Садоводство, 35.03.04 Агрономия, 35.03.01 Лесное дело на основании рабочих программ ознакомительной практики по ботанике. Целью учебного издания по прохождению ознакомительной практики является формирование у обучающихся компетенций по распознаванию по морфологическим признакам родов, видов травянистых форм растений и готовности к оценке фитоценозов.

Задачами учебного издания по прохождению ознакомительной практики являются:

- закрепить и углубить знания по морфологии и систематике растений;
- познакомиться с методами проведения полевых геоботанических исследований;
- формировать знания об основных видах местной флоры;
- научиться правильно собирать, определять и сушить растения;
- закрепить навыки монтирования гербария по морфологии и систематике растений;
- вести фенологические наблюдения в природе;
- познакомиться с разнообразием жизненных форм и экологическими группами растений в районе проведения практики;
- изучить набор фитоценозов района практики и их основные показатели (флористический состав, структуру, обилие, фенологические фазы, жизненность),
- изучить закономерности распределения растительных сообществ, взаимосвязи между растениями в разных фитоценозах, взаимозависимости между различными компонентами биогеоценоза;
- сформировать умения отличать основные типы растительного покрова, ботанически грамотно характеризовать их в описаниях, зарисовках и других материалах;
- формировать навыки проведения самостоятельных исследований в полевых условиях.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Используя методические указания на ознакомительной практике по ботанике для обучающихся по направлениям подготовки 35.03.05 Садоводство, 35.03.04 Агрономия, 35.03.01 Лесное дело обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения и общепрофессиональные компетенции (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП).

Необходимыми условиями для освоения практики:

Знание: морфологии, систематики, а также закономерностей распределения растительных сообществ по поверхности Земного шара. Знать местообитание растений. Растительность, флору, растительные ассоциации, классификацию фитоценозов. Знать методику сбора растений во время экскурсий.

Умение: распознавать культурные и дикорастущие растения, использовать навыки, полученные в результате освоения дисциплины в профессиональных целях, работать различать между собой разные типы вегетативных и генеративных органов растений, а также их видоизменений. Уметь проводить геоботанические исследования методом пробных площадок, уметь заполнять дневник практики.

Владение навыками: сбора растений во время экскурсий, определения растений, морфологического описания растений; определения основных сельскохозяйственно-важных семейств растений; различать главнейшие порядки и семейства, важнейших представителей, а также учитывать хозяйственное значение.

Учебная практика по дисциплине «Ботаника» является предшествующей для следующих дисциплин: физиология растений, генетика, микробиология, дендрология, овощеводство, плодоводство.

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

- Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий.

Тип практики – ознакомительная.

Объем практики – 108 ч.

Форма проведения – дискретно.

Способ проведения –полевой и стационарный.

2. СОДЕРЖАНИЕ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ

2.1. Изучение правил техники безопасности и поведения на практике

Перед началом практики обучающиеся в обязательном порядке проходят инструктаж по технике безопасности и правилам поведения на практике. Цель вводного инструктажа – разъяснить правила поведения по соблюдению производственной и трудовой дисциплины, ознакомить со спецификой работы, общими условиями безопасности труда, основными положениями законодательства об охране труда.

Инструктаж проводит руководитель практики от академии с обязательной подписью каждого обучающегося в журнале регистрации инструктажа по мерам безопасности, пожарной безопасности при проведении практик студентов.

Правила поведения на практике и техника безопасности:

1. На практику необходимо приходить в соответствующей одежде (брюки, рубашки с длинным рукавом, удобная обувь на низком каблуке, головной убор).

2. С собой иметь репелленты против насекомых, дневник и ручку для записей.

3. Нельзя пробовать на вкус незнакомые объекты исследования и биологические материалы.

4. Необходимо бережно относиться к природе и её растительным ресурсам.

5. Запрещается оставлять мусор на территориях прохождения практики.

6. Необходимо держаться группой и не расходиться, если этого не требуется для выполнения конкретного задания.

7. Нельзя разводить костры, бросать окурки в лесных и др. зонах прохождения практики.

8. В случае травмы уметь оказать первую помощь, при необходимости вызвать скорую помощь по телефону экстренной службы 112 или 103.

9. При укусе клеща обратиться в медучреждение для оказания помощи.

10. Необходимо иметь с собой материалы и инструменты для прохождения практики.

11. По окончании практики сдать материалы и инвентарь на кафедру.

Во время прохождения практики в аудиториях академии студенты обязаны:

– находиться на своих рабочих местах, выполняя работу согласно индивидуальному заданию;

– соблюдать дисциплину, не покидать группу без разрешения руководителя практики;

– бережно относиться к имуществу университета;

– не открывать дверцы электрических распределительных щитов;

– не высовываться в окна и вставать на подоконники.

Обучающийся допускается к работе после проверки усвоения правил техники безопасности и поведения на практике.

2.2. Материалы и инвентарь, необходимый для проведения учебной практики

Каждый обучающийся 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.

2.3. Методики сбора и высушивания растительных образцов, оформления гербария, определения видов, проведение геоботанических исследований

Сбор растений для определения видов и высушивание для гербария

Растения для гербария и определения видов лучше собирать днем в сухую погоду. Мокрые и влажные растения могут загнить и изменить цвет. С деревьев и кустарников срезают только отдельные боковые побеги. Отмечают высоту растения, форму кроны, особенности стволов. Не следует брать поврежденные, угнетенные и уродливые экземпляры. По возможности брать побеги с цветами или плодами.

Закладывают побеги в гербарный лист и вкладывают черновую этикетку. На ней карандашом отмечают: место сбора (область, район, населенный пункт, дендрарий, ботанический сад и др.); дату сбора (число, месяц, год); фенологическую фазу (цветение, плодоношение и др.); фамилию, имя обучающегося.

Растения, предназначенные для гербаризации, необходимо высушить, чтобы сохранить их естественную окраску. Побеги внимательно рассматривают и расправляют на гербарном листе. Между гербарными листами прокладывают 2-3 сухих листа газеты. Помещают гербарий в гербарную сетку, перетягивают шпагатом и подвешивают в проветриваемом месте. Ежедневно необходимо менять проложенные газеты.

Оформление гербария

Высушенные растения монтируют на листе плотной белой бумаги размером 30×40 см. Растения можно пришить нитками или приклеить скотчем. В нижнем правом ряду размещается постоянная этикетка. Она должна содержать: латинское и русское название семейства, латинское и русское название вида, место сбора, дата сбора.

Место обитание – место произрастания, экологическое понятие под этим термином понимают совокупность условий, в которых

встретилось данное растение (например, пойма реки «Большой Кинель» или балка «Каменный овраг»).

Работа с определителями

Изучение флоры связано с определением составляющих ее растений. Определить растение – это значит установить его точное видовое название и принадлежность к более крупному таксону. Определение можно проводить как непосредственно в природе, не повреждая растения, так и в лаборатории (что приходится делать в случаях, когда необходимо пользоваться оптикой) по свежему или гербарному материалу. Определяют растения с помощью определителя.

Определитель состоит из таблиц для определения. Обычно первой помещают таблицу для определения семейств, вслед за ней идут таблицы, по которым находят принадлежность растений к роду и виду в пределах рода. В ботанических определителях и «флорах» таблицы строятся обычно по дихотомическому (вильчатому) принципу: они состоят из пронумерованных ступеней, каждая из которых включает два взаимоисключающих диагноза – тезу и антитезу. Выбор одного из этих диагнозов в соответствии с признаками искомого растения и составляет сущность определения.

Ошибки в определении чаще всего происходят от невнимательного выбора диагноза без детального анализа всех указанных им признаков. Чтобы избежать таких ошибок, надо следовать следующим правилам:

1) перед определением анализируют все признаки растения;

2) в ходе определения внимательно и до конца прочитывают диагнозы, тезы и антитезы каждой ступени, учитывая весь комплекс, а не один признак;

3) встретившись с незнакомым термином, следует выяснить его значение.

Последовательность определения растений (памятка для обучающихся):

- Определение всегда начинать с первой ступени. Внимательно прочитать тезу и антитезу и сравнить признаки, приведенные в них, с гербарием определенного растения.

- Если подходит теза, то следует перейти к той ступени, номер которой стоит после описания признаков тезы, если же признаки

растения схожи с антитезой, то переходят к ступени, номер которой указан после антитезы.

- В указанной ступени опять сравнивать признаки растения с тезой и антитезой. Выбирают одну из них и переходят к другой ступени, куда вас отсылают.

- Если после тезы и антитезы нет цифры, указывающей переход к следующей ступени, а стоит название растения, то определение растения на этом заканчивается.

- Найдя видовое название растения, надо точно вписать бинарное название вида (русское и латинское) в этикетку гербарного образца.

Методика проведения геоботанического обследования территории

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.

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.

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 – темнокрасного 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, 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. 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 четырехбальной 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: cop3, cop2, cop1, 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 м2, взяв несколько таких площадок.

6) 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.

3. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ

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 в примере. 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.

Каждый студент в течение практики ведет дневник, в котором ежедневно записываются:

- тема, место проведения работ и основные задачи;

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 30 видов растений (для очной формы обучения), хорошо высушенных, правильно определенных, с правильно и аккуратно написанными этикетками. (прил. 4.). Растения в гербарии систематизированы по семействам, а семейства расположены в эволюционном порядке (согласно определителю);

2) отчета по пройденной практике.

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 ознакомительной практике должен содержать:

- титульный лист (прил. 1);
- индивидуальное задание на практику (прил. 2);
- основные разделы отчета;

Зачет проводится в форме собеседования, студент должен знать все собранные в гербарий растения, (русское и латинское название) и знать ответы на следующие вопросы:

1. Перечислить группы растений по отношению к воде.
2. Жизненная форма и классификация жизненных форм.
3. Понятие о растительности и флоры.
4. Что такое фитоценоз и ассоциация.
5. Признаки растительного сообщества.
6. Методика геоботанических исследований.
7. Признаки фитоценоза.
8. Растения лугов и их экологические особенности.
9. Типы лугов.
10. Характеристика и классификация лугов района практики.
11. Растения степей и экологические особенности.
12. Типы степей.
13. Характеристика и классификация лугов района практики.
14. Растения леса и их экологические особенности.
15. Растительные яды и их действие на организм человека и животных.
16. Ядовитые растения естественных лугов.
17. Ядовитые растения лесных лугов.
18. Ядовитые растения степных участков.
19. Растения индикаторы.
20. Вредные растения.
21. Сорные растения.
22. Классификация сорных растений.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец оформления титульного листа отчета об ознакомительной практике

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

Кафедра «Садоводство и селекция»

ОТЧЕТ

об ознакомительной практике по ботанике

Направление подготовки:
Профиль подготовки:

Выполнил:
Ф.И.О._____
Курс_____
Группа_____

Кинель 20_

Приложение 2

Образец оформления индивидуального задания на практику и плана (графика) прохождения практики

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

Факультет «Агрономический»
Кафедра «Садоводство и селекция»
Специальность (направление)

ЗАДАНИЕ

На Ознакомительную практику по ботанике
Обучающегося _____
(фамилия, имя, отчество полностью, № группы)
Место прохождения практики Кафедра «Садоводство и селекция» ФГБОУ ВО Самарский ГАУ_____
(наименование организации)
Срок прохождения практики с_____20___г. по_____20___г.
Содержание задания на практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов): изучить морфологические особенности и систематическое положение основных видов местной флоры используя геоботанические методы. Оформить гербарий, дневник, отчет.

Индивидуальное задание:
1. Описать строение поймы реки Большой Кинель и балки «Каменный овраг». 2. Описать луговую и степную растительность и экологические особенности. 3. Описать типы лугов и степей. 4. Собрать, определить, высушить растения и смонтировать гербарий. 5. Написать дневник и оформить отчет.

Дата выдачи задания «___» _____ 20___г.
Руководитель практики _____ / _____ /
подпись И.О. Фамилия
Принял к исполнению _____ / _____ /
подпись И.О. Фамилия (обучающегося)

«___» _____ 20___г.

Приложение 3

План (график)
Прохождения практики
Ознакомительная практика по ботанике

№	Наименование этапов прохождения практики	Сроки выполнения
1	Подготовительный	
2	Основной	
3	Заключительный	

Обучающийся _____ / _____ /
подпись И.О. Фамилия (обучающегося)
Руководитель практики
от университета _____ / _____ /
подпись И.О. Фамилия

Приложение 4

Образец оформления этикетки гербария

ФГБОУ ВО «Самарский государственный
аграрный университет»
Кафедра «Садоводство и селекция»

Семейство (русское и латинское название): _____
Название вида (по – русски): _____
Название вида (по – латыни):_____
Местообитание: _____

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. Жуковский, П. М. Ботаника. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1982. – 623.

4. Корягина, Н. В. Ботаника / Ю. В. Корягин, Н. В. Корягина .– Пенза : РИО ПГАУ, 2018 .– 247 с.

5. 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.

6. Садчиков, А. П. Гидроботаника: Прибрежно-водная растительность: учебное пособие для вузов / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с.

7. 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.

Учебное издание

Ермакова Наталья Александровна

БОТАНИКА

Методические указания

Авторская редакция

Подписано в печать 12.02.2025. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 1,45; печ. л. 1,56
Тираж 50. Заказ №. 31.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 89397540486 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru

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

Кафедра «Садоводство и селекция»

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2024

УДК 633 : 631.52 (07)
ББК 41.3
С16

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Салтыкова, О. Л.
С16 Производственная практика : методические указания / О. Л. Салтыкова, Е. Х. Нечаева, И. А. Володина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 34 с.

В методических указаниях представлены требования к содержанию отчетов по производственным практикам, организуемым кафедрой «Садоводство и селекция», рекомендации по их выполнению и подготовке к защите. Учебное издание рекомендовано для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, для профиля подготовки «Селекция и семеноводство».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2024
© Салтыкова О. Л., Нечаева Е. Х.,
Володина И. А., 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 4
1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК..... 5
2. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ ПРАКТИК..... 9
3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИКАХ..... 15
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА..... 17
4.1. Цель и задачи практики..... 17
4.2. Место технологической практики в структуре ОПОП ВО..... 17
4.3. Структура и содержание технологической практики..... 18
4.4. Порядок подготовки отчета по технологической практике..... 18
5. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА..... 20
5.1. Цель и задачи практики..... 20
5.2. Место научно-исследовательской работы в структуре ОПОП ВО..... 20
5.3. Структура и содержание научно-исследовательской работы..... 21
5.4. Порядок подготовки отчета по научно-исследовательской работе..... 21
6. ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА..... 23
6.1. Цель и задачи практики..... 23
6.2. Место преддипломной практики в структуре ОПОП ВО 24
6.3. Структура и содержание преддипломной практики..... 24
6.4. Порядок подготовки отчета по преддипломной практике..... 25
7. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ОТЧЕТОВ О ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ. КРИТЕРИИ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ..... 27
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... 30
ПРИЛОЖЕНИЯ..... 31

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические рекомендации по производственной практике разработаны в соответствии с положением о практической подготовке обучающихся ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, с учебным планом подготовки, программой практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, разработанной в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия.

Производственная практика обучающихся является составной частью основной профессиональной образовательной программы высшего образования и представляет собой одну из форм организации учебного процесса, заключающуюся в профессионально-практической подготовке студентов на базах практики.

Основным принципом проведения производственной практики является интеграция теоретической и профессионально-практической, учебной и научно-исследовательской деятельности обучающихся.

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 35.03.04 Агрономия, профиль подготовки «Селекция и семеноводство» предусмотрено прохождение обучающимися трех производственных практик: технологическая, научно-исследовательская работа (НИР) и преддипломная.

Целью учебного издания является методическая помощь обучающимся при прохождении производственных практик, подготовке и защите отчетов и как следствие формирование соответствующих компетенций в области профессиональной деятельности.

В методических указаниях отражены общие требования к организации и проведению производственных практик, оформлению отчетов о производственных практиках, сформулированы цели и задачи, основные этапы прохождения практик, объем и виды учебной нагрузки.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК

Производственная практика проводится в целях получения профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности и служит для формирования профессиональных навыков у обучающихся.

Способы проведения производственной практики: стационарная и выездная:

- стационарной является практика, которая проводится в университете либо в профильной организации г. о. Кинель или в г. о. Самара;

- выездной является практика, которая проводится вне г. о. Кинель или г. о. Самара.

Выездная производственная практика может проводиться в полевой форме в случае необходимости создания специальных условий для её проведения.

Сроки проведения практик устанавливаются в соответствии с учебным планом, годовым календарным учебным графиком с учетом теоретической подготовленности обучающихся, сезонного характера выполняемых работ, возможностей учебно-производственной базы практической подготовки.

При организации практической подготовки профильные организации создают условия для реализации компонентов образовательной программы, предоставляют оборудование и технические средства обучения в объеме, позволяющем выполнять определенные виды работ, связанные с будущей профессиональной деятельностью обучающихся.

При организации практической подготовки обучающиеся и работники университета обязаны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка профильной организации (в структурном подразделении университета, в котором организуется практическая подготовка), требования охраны труда и техники безопасности.

При наличии в профильной организации или университете (при организации практической подготовки в университете) вакантной должности, работа на которой соответствует требованиям к практической подготовке, с обучающимся может быть заключен срочный трудовой договор о замещении такой должности.

При организации практической подготовки, включающей в себя работы, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), обучающиеся проходят соответствующие медицинские осмотры (обследования) в соответствии с Порядком проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Практическая подготовка обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов организуется с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

Для руководства практической подготовкой, проводимой в профильной организации, назначаются руководитель (руководители) практической подготовкой из числа лиц, относящихся к профессорско-преподавательскому составу университета и ответственное лицо, которое обеспечивает организацию реализации компонентов образовательной программы в форме практической подготовки со стороны профильной организации.

Организацию практической подготовки обучающихся и контроль за ее прохождением осуществляют отдел практической подготовки и трудоустройства, деканаты факультетов, руководители от кафедр.

Организация практической подготовки осуществляется на основе договора.

В подборе баз практик и заключении договоров с профильными организациями принимают участие деканаты факультетов, ответственные кафедры, начальник отдела практической подготовки и трудоустройства.

Приказы о направлении на производственную практику обучающихся университета составляются по единым требованиям, подписываются ректором, согласуются проректором, курирующим данный вопрос, начальником отдела практической подготовки и трудоустройства и деканами факультетов.

Изменение места прохождения практики обучающимся, после утверждения приказа, не допускается. При невозможности прохождения практики в организации указанном в приказе, в течение 15 дней с начала практики издается новый приказ во изменение преды-

дущего, подготовленный на основании личного заявления обучающегося, с указанием причин, подписанного деканом, согласованного с руководителем практической подготовки от кафедры и при наличии нового договора с профильной организации.

Руководитель практической подготовки в виде практики от университета:

- составляет задания для обучающихся, выполняемые в период прохождения практики;

- осуществляет контроль за соблюдением сроков проведения практической подготовкой и соответствием её содержания требованиям, установленным ОПОП;

- оказывает методическую помощь обучающимся при выполнении ими индивидуальных заданий, а также при сборе материалов к выпускной квалификационной работе в ходе преддипломной практики.

Руководитель практической подготовки от профильной организации:

- предоставляет рабочие места обучающимся;

- обеспечивает безопасные условия прохождения практической подготовкой обучающимся, отвечающие санитарным правилам и требованиям охраны труда;

- проводит инструктаж обучающихся по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка.

Обучающиеся в период прохождения практической подготовки обязаны:

- выполнять индивидуальные задания, предусмотренные рабочими программами практической подготовки;

- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка;

- соблюдать требования охраны труда и пожарной безопасности;

- своевременно подготовить отчет по результатам практики, оформленный согласно требованиям, и представить его руководителю практической подготовки от университета.

Продолжительность рабочего дня обучающихся во время практической подготовки составляет не более 36 часов в неделю для лиц, не достигших 18 лет, и не более 40 часов для обучающихся старше 18 лет.

С момента зачисления студентов в качестве практикантов на рабочие места на них распространяются правила охраны труда и нормы внутреннего распорядка, действующие в профильной организации.

При организации практической подготовки профильные организации создают условия для реализации компонентов образовательной программы, предоставляют оборудование и технические средства обучения в объеме, позволяющем выполнять определенные виды работ, связанные с будущей профессиональной деятельностью обучающихся.

При организации практической подготовки структурные подразделения университета, предназначенные для практической подготовки, предоставляют оборудование и технические средства обучения в объеме, позволяющем выполнять определенные виды работ, связанные с будущей профессиональной деятельностью обучающихся.

При наличии в профильной организации или структурном подразделении университета, предназначенном для практической подготовки, вакантной должности, работа на которой соответствует требованиям к практической подготовке, с обучающимся может быть заключен срочный трудовой договор о замещении такой должности. Оплата труда в данном случаи осуществляется в порядке, предусмотренном действующим законодательством.

За обучающимися, получающими предусмотренные законодательством Российской Федерации стипендии, сохраняется право на получение указанных стипендий, независимо от получения ими заработной платы по месту прохождения практической подготовки.

В качестве основной формы и вида отчетности устанавливается письменный отчет. Форма контроля прохождения производственных практик – дифференцированный зачет (устанавливается учебным планом и рабочей программой практики с учетом требований ОПОП).

По окончании практики обучающийся составляет письменный отчет и сдает его руководителю практической подготовки от университета. Отчет должен содержать сведения о конкретно выполненной работе в период практики.

По окончании практики обучающийся не позднее одного месяца с начала учебного семестра (согласно экзаменационной сессии), следующего за практикой, защищает свой отчет комиссии, назначенной заведующим кафедрой

Обучающиеся, не выполнившие рабочие программы практики по уважительной причине, направляются на практику повторно по индивидуальному плану. Обучающиеся, не выполнившие рабочие программы практики без уважительной причины или не прошедшие промежуточную аттестацию, считаются имеющими академическую задолженность.

2. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ ПРАКТИК

Прохождение производственных практик (технологическая, научно-исследовательская работа (НИР), преддипломная) по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности направлено на формирование следующих профессиональных компетенций:

ПК-1. Готов участвовать в проведении агрономических исследований, статистической обработке результатов опытов, формулировании выводов.

Знает: направления поиска научно-технической информации в области селекции, отечественного и зарубежного опыта создания новых сортов сельскохозяйственных растений; основы проведения статистической обработки результатов с использованием специализированного программного обеспечения; методы построения, расчета и анализа системы показателей; основы методологии лабораторного исследования.

Умеет: анализировать результаты расчетов и обосновывать полученные выводы; проводить статистическую обработку результатов опытов с использованием специализированного программного обеспечения; осуществлять выбор лабораторных методов обработки данных в соответствии с поставленной задачей; анализировать и интерпретировать данные селекционных экспериментов.

Владеет: навыками применения полученной информации при выборе направления селекционной работы, лабораторной обработки полученных результатов, использовании их в процессе селекции; навыками проведения статистической обработки результатов с использованием специализированного программного обеспечения; современными методиками построения и анализа показателей, характеризующих селекционные эксперименты. методологией экономико-лабораторного исследования.

ПК-2. Способен разработать технологии возделывания сельскохозяйственных культур и ухода за ними.

Знает: требования, предъявляемые к сортам и гибридам сельскохозяйственных культур, а также методы их оценки по наиболее важным хозяйственно-биологическим признакам.

Умеет: оценить и провести агроэкологическую экспертизу адаптивных мероприятий в растениеводстве; распознавать сельскохозяйственные культуры по морфологическим признакам на всех этапах развития; использовать данные почвенных и агрохимических исследований, прогнозы развития вредителей и болезней, справочных материалов.

Владеет: навыками разработки адаптивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

ПК-3. Способен организовать испытания селекционных достижений.

Знает: основы и достижения селекции и семеноводства; степень влияния погодных условий на качество семенного материала и основные принципы проведения лабораторного и полевого контроля при апробации полевых культур; методы и методики проведения селекционного процесса самоопыляющихся и перекрестноопыляющихся культур; основные принципы и технологии культивирования клеток и тканей высших растений; молекулярно-генетические методы и методы культуры клеток и тканей растений *in vitro* в практике селекции растений и семеноводстве.

Умеет: организовать испытания селекционных достижений в селекционном процессе и семеноводстве; оценить состояние семенных посевов и скорректировать элементы технологии в зависимости от погодных условий, организовать и провести отбор растительных образцов с использованием современных методов; использовать методы и методики проведения селекционного процесса самоопыляющихся и перекрестноопыляющихся культур; применять

биотехнологические методы размножения сельскохозяйственных растений для решения конкретных задач в области растениеводства; применять на практике молекулярно-генетические методы и методы культуры клеток и тканей растений in vitro в практике селекции растений и семеноводстве.

Владеет: основами организации селекционных испытаний в селекционном процессе и семеноводстве; методами оценки сортовых посевов в складывающихся условиях и навыками отбора и обработки полученных данных при проведении апробации полевых культур; навыками использования методов и методик проведения селекционного процесса самоопыляющихся и перекрестноопыляющихся культур. биотехнологическими методами размножения сельскохозяйственных растений. навыками использования молекулярно-генетических методов и методов культуры клеток и тканей растений in vitro в практике селекции растений и семеноводстве.

ПК-4. Способен применять основные методы селекции сельскохозяйственных культур; обосновать подбор сортов и гибридов сельскохозяйственных культур с учетом их агробиологических особенностей; использовать современные технологии производства высококачественного семенного и посадочного материала сельскохозяйственных культур.

Знает: основные методы селекции для создания сортов сельскохозяйственных культур; современные методы в производстве высококачественного семенного и посадочного материала на основе знания принципов селекции полевых культур; систему правового регулирования семеноводства в РФ; требования к семенам и посадочному материалу плодово-ягодных культур; требования к подготовке, способы хранения семян и посадочного материала, необходимые условия и режимы хранения семян и посадочного материала.

Умеет: применять основные методы селекции для создания сортов сельскохозяйственных культур, современные методы в производстве высококачественного семенного и посадочного материала на основе знания принципов селекции полевых культур; разрабатывать технологию производства семян сельскохозяйственных культур для различных агроландшафтных условий; проводить оценку качества семян и посадочного материала; обоснованно подбирать режимы хранения партий семян и посадочного материала,

исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.

Владеет: навыками применения основных методов селекции для создания сортов сельскохозяйственных культур; современными методами в производстве высококачественного семенного и посадочного материала на основе знания принципов селекции полевых культур; методами обоснования выбора сортов сельскохозяйственных культур для конкретных условий региона и уровня интенсификации земледелия; навыком определения чистоты, подлинности, всхожести и энергии прорастания семян, оценки качества посадочного материала плодовых культур, клубней картофеля, земляники; навыком расчетов при послеуборочной обработке и размещении семян на хранение.

ПК-5. Способен распознавать по морфологическим признакам представителей животного мира, признаки повреждений растений; определять симптомы заболеваний растений и их возбудителей.

Знает: основных вредителей и возбудителей болезней, их биологические особенности; вредоносность; современные методы защиты растений; биологию развития вредных организмов, повреждающих полевые культуры; экономические пороги вредоносности вредных организмов; методики обследования угодий и культур с целью их выявления и прогнозирования их численности.

Умеет: устанавливать видовую принадлежность вредителей и болезней; обосновать целесообразность и способы применения защитных мероприятий; проводить оценку фитосанитарного состояния посевов и посадок; применять основные методы защиты полевых культур; принимать решение о проведении защитных карантинных мероприятий.

Владеет: навыками разработки интегрированной системы и применения средств и приемов защиты растений согласной фитосанитарной ситуации в агроценозах.

ПК-6. Способен разработать экологически обоснованные интегрированные системы защиты растений и агротехнические мероприятия по улучшению фитосанитарного состояния посевов.

Знает: основных вредителей и возбудителей болезней, их биологические особенности; вредоносность; современные методы защиты растений; биологию развития вредных организмов, повреждающих полевые культуры; экономические пороги вредоносности

вредных организмов; методики обследования угодий и культур с целью их выявления и прогнозирования их численности.

Умеет: устанавливать видовую принадлежность вредителей и болезней; обосновать целесообразность и способы применения защитных мероприятий; проводить оценку фитосанитарного состояния посевов и посадок; применять основные методы защиты полевых культур; принимать решение о проведении защитных карантинных мероприятий.

Владеет: навыками разработки интегрированной системы и применения средств и приемов защиты растений согласной фитосанитарной ситуации в агроценозах.

ПК-7. Способен комплектовать почвообрабатывающие, посевные и уборочные агрегаты, агрегаты для внесения удобрений и борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений, определять схемы их движения по полям, проводить технологические регулировки.

Знает: назначение, конструкцию и технические характеристики посевных и посадочных машин для выполнения технологических операций посева (посадки) сельскохозяйственных культур и ухода за ними.

Умеет: выбирать оптимальные схемы движения по полю посевных и посадочных машин для выполнения технологических операций посева (посадки) сельскохозяйственных культур и ухода за ними.

Владеет: навыками настройки и проведения технологических регулировок посевных и посадочных машин для выполнения технологических операций посева (посадки) сельскохозяйственных культур и ухода за ними.

ПК-8. Способен разрабатывать системы воспроизводства почвенного плодородия.

Знает: основные виды мелиораций; современные методы обработки почв с учетом водных, воздушных, тепловых свойств почв.

Умеет: определять необходимость применения мелиоративных мероприятий.

Владеет: основными понятиями в области мелиорации почв, знаниями общих закономерностей формирования почв и ландшафтов, проблемами их мелиорации.

ПК-9. Способен определять качество посевного материала с использованием стандартных методов.

Знает: понятия и термины семеноведения; современные методы исследования семян; экологические и агротехнические условия выращивания семян с высокими урожайными свойствами.

Умеет: заполнять всю необходимую документацию по партиям и образцам.

Владеет: навыками проведения лабораторных опытов по определению посевных качеств семян сельскохозяйственных растений.

ПК-10. Способен изучать отечественный и зарубежный опыт.

Знает: отечественный и зарубежный опыт генетических и селекционных исследований.

Умеет: находить и анализировать современную информацию по тематике исследований.

Владеет: навыками анализа достижений в генетике и селекции.

ПК-11. Способен использовать современные генетические методы в селекционном процессе.

Знает: методы при создании сортов и гибридов устойчивых к болезням и вредителям; генетические системы, контролирующие хозяйственно-биологические признаки у основных сельскохозяйственных культур.

Умеет: применять современные генетические методы при создании сортов и гибридов устойчивых к болезням и вредителям; использовать генетические системы, контролирующие хозяйственно-биологические признаки у основных сельскохозяйственных культур.

Владеет: современными генетическими методами при создании сортов и гибридов устойчивых к болезням и вредителям; навыками использования генетических систем, контролирующих хозяйственно-биологические признаки у основных сельскохозяйственных культур.

3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИКАХ

При оформлении отчета о практике следует придерживаться рекомендаций и требований, изложенных в настоящих методических указаниях.

Текст отчета набирается в текстовом редакторе со следующими установками: размер бумаги – А4 (210×297); поля страницы (см) верхнее – 1,5, нижнее – 2, правое – 1, левое – 3; стиль – обычный; шрифт – Times New Roman, размер – 14; междустрочный интервал – полуторный; режим выравнивания – по ширине; расстановка переносов – автоматическая.

Каждый раздел отчета должен начинаться с нового листа, а подраздел – с новой строки. Название раздела необходимо располагать по центру строки без точки в конце, без подчеркивания и записывать в виде заголовков прописными буквами. Переносы в заголовках не допускаются. Заголовок отделяют от текста снизу пустой строкой.

Страницы отчета нумеруют арабскими цифрами, начиная с титульного листа до последнего листа записки.

На титульном листе номер не ставят. Номер страницы проставляют в нижней части листа по центру.

Иллюстрации обозначаются «Рис.» и нумеруются последовательно арабскими цифрами сквозной нумерацией. Подписи под иллюстрациями должны составляться так, чтобы их основное содержание было понято без чтения текста, в конце подписи точки не ставят. Шрифт подрисуночной надписи – 14, интервал – 1, выравнивание по центру без абзацного отступа.

Таблицы приводятся непосредственно после текста, в котором они упоминается впервые или на следующей странице. Нумерация таблиц должна быть сквозной по всему тексту отчета. Порядковый номер таблицы проставляется в правом верхнем углу над ее названием после слова «Таблица». Название таблицы печатается в середине следующей строки (точка после названия таблицы не ставится). Шрифт внутри таблицы – 13, интервал одинарный. В отдельных случаях при большом объеме данных, приводимых в таблице, допускается 12 шрифт. Таблицы, имеющие много граф, печатаются в альбомной ориентации на отдельной странице.

Таблицы, имеющие количество строк больше, чем может поместиться на странице, переносятся на другую (другие) страницу, при этом в таблицу вводится дополнительная служебная строка с нумерацией граф, начиная с 1. На каждой следующей странице вместо шапки таблицы печатается строка с нумерацией граф, а перед ней в правом верхнем углу делается указание «Продолжение таблицы 1» или «Окончание таблицы 1», если она заканчивается.

Формулы в отчете (если их более одной) нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках. Формулы, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам. Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (-), умножения (×) и деления (:). При переносе формул знаки действий и равенства ставятся дважды.

В тексте не допускаются сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, пунктуации (т. е. – то есть, гг. – годы и т. п.), а также соответствующими государственными стандартами. Использование символов (% – процент, °С – градус и др.) допустимо только при цифрах: 30%, 18°С. Без цифр по тексту они пишутся словами, например: «... выражали в процентах», «... несколько процентов», «... на несколько градусов».

При использовании в тексте работы дословного цитирования, статистических данных, таблиц и т.п. ссылка на первоисточник обязательна. При ссылках по тексту указывается порядковый номер по списку использованной литературы и источников. Номер источника указывается в квадратных скобках. Если дается ссылка на несколько источников, то их номер указывается следующим образом: [1, 2] или [1-3, 5, 8-11].

Каждый раздел должен завершать вывод, обобщающий изло-

женный материал и служащий логическим переходом к следующему разделу.

Список литературы и источников рекомендуется оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 71-2003.

В приложения помещаются материалы справочного характера, таблицы, примеры производственных инструкций и документации, фотографии с мест практики и иные материалы, которые при включении в основную часть отчета загромождают текст.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

4.1. Цель и задачи практики

Целью производственной технологической практики является развитие системы компетенций и получение практических навыков по применению современных технологий в области селекции и семеноводства, а также анализ деятельности предприятия направленный на закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося.

Задачами технологической практики являются:

- анализ почвенно-климатических условий и производственно-экономической базы организации;
- изучение методов проведения генетических и селекционных исследований в организации;
- освоение селекционного процесса создания сортов или гибридов сельскохозяйственных культур;
- освоение и разработка схемы отбора селекционного материала по сельскохозяйственной культуре;
- проведение научных исследований по проблеме выпускной квалификационной работы (ВКР).

4.2. Место технологической практики в структуре ОПОП ВО

Технологическая практика (Б2.О.06(П)) относится ко второму блоку Практика, Обязательная часть, предусмотренного учебным планом бакалавриата по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, профиль подготовки «Селекция и семеноводство». Проводится в 6 семестре 3 курса. Форма контроля – зачет с оценкой.

4.3. Структура и содержание технологической практики

Практическая подготовка обучающихся по технологической практике осуществляется в структурных подразделениях университета, соответствующих направленности образовательной программы или профильных организациях и предприятиях, с которыми заключены двусторонние договоры на проведение практики обучающихся; в соответствии с календарным учебным графиком.

Общая трудоемкость технологической практики составляет 18 зачетных единиц, 648 часов.

Прохождение практики включает в себя следующие этапы:

1. Организационный этап практики включает в себя: организационное собрание по распределению по местам практики и ознакомления с целью и задачами практики. Вводный инструктаж по технике безопасности. Получение индивидуального задания на практику. Ознакомление с методическими материалами и структурой отчета по практике под руководством руководителя практики от университета.

2. Подготовительный этап практики включает в себя: оформление на работу; ознакомление с предприятием; инструктаж на рабочем месте.

3. Основной этап практики включает в себя: характеристику почвенно-климатических условий и производственно-экономической базы организации; изучение методов проведения генетических и селекционных исследований в организации; участие в селекционном процессе создания сортов или гибридов сельскохозяйственных культур; разработку схемы отбора селекционного материала по сельскохозяйственной культуре; проведение научных исследований по проблеме.

4. Заключительный этап практики включает в себя: написание и оформление отчёта по технологической практике.

4.4. Порядок подготовки отчета по технологической практике

По итогам технологической практики обучающийся составляет отчет, содержащий результаты выполненных заданий.

Цель отчета – показать степень освоения профессиональных знаний, умений, навыков и опыта профессиональной деятельности, а также навыков научно-исследовательской работы.

Отчет о технологической практике оформляется объемом 25-30 страниц компьютерного набора и должен содержать:

1. титульный лист (прил. 1);
2. задание на практику (прил. 2);
3. план (график) прохождения практики (прил. 3);
4. характеристика (отзыв) с места прохождения практики руководителя практики от организации (оценивает деятельность обучающегося в период прохождения практики и дает рекомендацию по оценке производственной практики);
5. оглавление;
6. введение;
7. основная часть (в соответствии с заданием на практику);
8. выводы и предложения;
9. список использованной литературы;
10. приложения.

Во введении следует сформулировать цель и задачи практики, обобщить собранные материалы и раскрыть основные вопросы и направления, которыми занимался обучающийся при прохождении практики.

Рекомендуется, чтобы в основной части отчета были отражены следующие вопросы касающиеся базы практики:

1. анализ производственно-экономической деятельности;
2. характеристика почвенно-климатических условий;
3. методы проведения генетических и селекционных исследований в организации;
4. схема генетического анализа или селекционного процесса, или семеноводства сельскохозяйственной культуры, применяемые в организации;
5. технологические операции по селекции и семеноводству сельскохозяйственной культуры в соответствии с календарным сроком;
6. исследования для написания ВКР по изучаемой проблеме.

Выводы и предложения формулируются кратко, даются рекомендации по возможным путям повышения эффективности деятельности предприятия.

Список использованной литературы должен включать всю литературу, на которую были сделаны ссылки в отчете.

5. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

5.1. Цель и задачи практики

Научно-исследовательская работа (НИР) способствует закреплению и углублению теоретических знаний обучающихся, полученных при обучении, умению ставить задачи, анализировать полученные результаты и делать выводы, предполагает участие обучающегося в фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследованиях и приобретению научно-исследовательских навыков, обучающихся в области агрономии, а также адаптации к рынку труда.

Целью научно-исследовательской работы является выполнение научно-исследовательской работы для подготовки обучающихся к самостоятельной научно- исследовательской деятельности в области агрономии.

Задачи практики:

- закрепление и расширение теоретических знаний по изученным дисциплинам;
- обобщение данных научно-исследовательской работы, статистический анализ, формулирование выводов и предложений;
- анализ и критическое осмысление отечественной и зарубежной научно-технической информации по тематике выпускной квалификационной работы;
- написание разделов выпускной квалификационной работы;
- закрепление умений и навыков подготовки научных выступлений и публикаций;
- закрепление умений и навыков самостоятельной работы.

5.2. Место научно-исследовательской работы в структуре ОПОП ВО

Научно-исследовательская работа (Б2.О.07(П)) относится ко второму блоку Практики, Обязательная часть, предусмотренного учебным планом бакалавриата по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, профиль подготовки «Селекция и семеноводство». Проводится в 7 семестре 4 курса. Форма контроля – зачет с оценкой.

Научно-исследовательская практика базируется на теоретических знаниях, умениях и навыках приобретенных обучающимися при изучении всех дисциплин и практик предусмотренных учебным планом по направлению 35.03.04 Агрономия.

5.3. Структура и содержание научно-исследовательской работы

Тема и содержание научно-исследовательской работы определяются совместно с научным руководителем и являются частью направления научных исследований выпускающей кафедры.

Научно-исследовательская работа должна включать в себя выполнение всех видов научно-исследовательских работ, осуществляемых в рамках подготовки выпускной квалификационной работы.

Общая трудоемкость научно-исследовательской работы составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Научно-исследовательская работа осуществляется в структурных подразделениях ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, в научно-исследовательских, научно-производственных, проектных организациях; консультационных центрах по маркетингу в агропромышленном комплексе; предприятиях АПК различных форм собственности по производству продукции растениеводства.

Прохождение практики включает в себя следующие этапы:

1. Подготовительный. Общее инструктивно-методическое собрание с целью информирования обучающихся о всех действующих в университете правилах организации практики и особенностях проведения практики. Знакомство каждого обучающегося с его предстоящим рабочим местом и обеспечение прохождения всех обусловленных законодательством инструктажей по безопасности. Оформление индивидуального задания на практику.

2. Основной. Выполнение заданий по научно-исследовательской работе. Изучение литературных источников, проведение лабораторных анализов почвенных и растительных образцов, оценка качества продукции селекции и семеноводства.

3. Заключительный. Анализ результатов эксперимента. Оформление отчета.

5.4. Порядок подготовки отчета по научно-исследовательской работе

Оформление отчета производится в соответствии с требованиями по оформлению отчетов о производственных практиках.

Общий объем отчета должен составлять 25-30 страниц текста компьютерного набора. Приложения не входят в объем отчета.

Отчет по НИР имеет следующую структуру:

1. титульный лист (прил. 1);

2. задание на практику (прил. 2);

3. план-график прохождения практики (прил. 3);

4. характеристика (отзыв) с места прохождения практики руководителя практики от предприятия (оценивает деятельность обучающегося в период прохождения практики и дает рекомендацию по оценке производственной практики);

5. оглавление;

6. введение (актуальность, цели, задачи исследований, новизна и практическая значимость);

7. основная часть (в соответствии с заданием на практику);

8. выводы и предложения;

9. список использованной литературы;

10. приложения.

В введении содержится краткое описание актуальности научно-исследовательской работы и дано обоснование темы НИР, опираясь на степень изученности проблемы и предлагаемых наукой и практикой путей ее решения. Формулируется цель исследований и задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели.

Основная часть включает в себя условия и методику проведения исследований, результаты исследований.

Результаты исследований оформляют в виде таблиц, математических зависимостей, графиков, диаграмм, гистограмм, фотографий, схем, рисунков и других иллюстрированных материалов. Для каждой таблицы или рисунка дается пояснительный текст. Таблицы и рисунки не должны преобладать над текстом, так как это затрудняет восприятие материала.

Для объективной оценки полученных результатов проводится статистический анализ. Все результаты исследований, в том числе и отрицательные, должны быть описаны с изложением собственной точки зрения исследователя.

Стиль изложения должен быть литературным и научным. Научный стиль изложения предполагает точность, ясность и краткость. Раздел необходимо закончить краткими выводами и предложениями производству.

Выводы представляют собой пронумерованные, четко сформу-

лированные ответы на поставленные цель, задачи НИР и проведенные исследования.

В списке использованной литературы следует указать все источники литературы, которые были использованы при подготовке отчета.

Приложения могут включать карты территории, климатическую характеристику местности, результаты обработки данных методами математической статистики, рисунки, фотографии, копии актов проведенных инспекторских проверок, заключений, программ, гербарии, коллекции и т.д.

6. ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА

6.1. Цель и задачи практики

Цель практики: на основе теоретических знаний, практических умений и навыков, предусмотренных компетенциями ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, профилю подготовки «Селекция и семеноводство» бакалавриата выполнение выпускной квалификационной работы для подготовки обучающихся к практической самостоятельной деятельности.

Задачи преддипломной практики:

- закрепление и расширение теоретических знаний по изученным дисциплинам;
- обобщение данных научно-исследовательской работы, статистический анализ, формулирование выводов и предложений;
- анализ и критическое осмысление отечественной и зарубежной научно-технической информации по тематике выпускной квалификационной работы;
- написание разделов выпускной квалификационной работы;
- закрепление умений и навыков подготовки научных выступлений и публикаций;
- закрепление умений и навыков самостоятельной работы.

6.2. Место преддипломной практики в структуре ОПОП ВО

Преддипломная практика (Б2.В.01(П)) относится ко второму блоку Практики, Часть формируемая участниками образовательных, предусмотренного учебным планом бакалавриата по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, профиль подготовки «Селекция и семеноводство». Проводится в 8 семестре 4 курса очной формы обучения. Форма контроля – зачет с оценкой.

6.3. Структура и содержание преддипломной практики

Преддипломная практика является разновидностью производственной практики, завершающим этапом теоретического и практического обучения. Предшествует подготовке и написанию выпускной квалификационной работы (дипломная работа).

Способ проведения преддипломной практики: стационарный.

Руководство преддипломной практикой осуществляется преподавателями кафедры «Садоводство и селекция», как правило, руководителями выпускных квалификационных работ.

Общая трудоемкость преддипломной практики составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Основные этапы прохождения преддипломной практики:

1. Подготовительный этап практики включает в себя: организационное собрание по ознакомлению с целью и задачами практики; вводный инструктаж по технике безопасности; получение индивидуального задания на практику; ознакомление с методическими материалами и структурой отчета по практике.

2. Основной этап практики включает в себя: выполнение заданий по практике; анализ литературных источников по теме выпускной квалификационной работы; статистическая обработка, анализ и обобщение результатов эксперимента; написание основной части содержания выпускной квалификационной работы (в соответствии с тематикой).

3. Заключительный этап практики включает в себя: формулировку выводов и предложений производству; оформление отчета.

6.4. Порядок подготовки отчета по преддипломной практике

Общий объем отчета должен составлять 25-30 страниц компьютерного набора. Приложения не входят в объем отчета. Отчет по преддипломной практике имеет следующую структуру:

1. титульный лист (прил. 1);
2. задание на практику (прил. 2);
3. план-график прохождения практики (прил. 3);
4. характеристика (отзыв) с места прохождения практики руководителя практики от предприятия (оценивает деятельность обучающегося в период прохождения практики и дает рекомендацию по оценке производственной практики);
5. оглавление;
6. актуальность, цели и задачи исследований;
7. обзор литературных источников;
8. основная часть (в соответствии с заданием на практику);
9. выводы и предложения;
10. список использованной литературы и источников;
11. приложения.

Введение к отчету должно содержать краткое освещение актуальности темы и направлений исследований практики, цели и задачи исследований.

Обзор литературных источников – объективный критический анализ современной отечественной и зарубежной научной, научно-технической, справочной и др. литературы по исследуемому вопросу. В нем освещается степень изученности вопроса. Раздел необходимо закончить краткими выводами о состоянии изученности вопроса.

Основная часть включает в себя следующие разделы:

1. Характеристика места исследований. В данном разделе могут быть описаны почвенно-климатические условия, рельеф местности, гидрология и естественная растительность и животный мир зоны, в которой проводились научно-исследовательская работа.

2. Материалы и методики исследований. В данном разделе описываются методики исследования для практического решения поставленных задач.

3. Результаты исследований. В разделе приводятся результаты

практических научных исследований. Обобщение полученных результатов в контексте раннее накопленных в науке знаний и формулирование выводов и практических рекомендаций на основе полученных результатов исследований.

4. Разработка практических рекомендаций по охране окружающей среды и безопасности жизнедеятельности на производстве. В зависимости от темы исследований в разделе делается описание разработки типовых природоохранных мероприятий, могут быть приведены результаты оценки воздействия планируемых сооружений или иных форм хозяйственной деятельности на окружающую среду. Приводится описание практических рекомендаций по охране природы.

Описываются основные принципы охраны труда при производстве растениеводческой продукции (работа с пестицидами и агрохимикатами; почвообрабатывающими, посевными и уборочными агрегатами и пр.). Раскрывается обеспечение противопожарной безопасности, предлагается план мероприятий по улучшению условий труда на производстве.

В заключение должны быть сделаны выводы по проделанной работе, даны предложения по использованию полученных результатов. Выводы должны быть пронумерованы, сформулированы кратко в виде тезисов. Выводы должны соответствовать материалу, изложенному в работе.

В списке использованной литературы следует указать все источники, которые были использованы при прохождении практики и подготовке отчета.

Приложения могут включать карты территории, первичные данные по проведенным исследованиям, результаты обработки данных методами математической статистики, рисунки, фотографии, и т. д.

Завершающим этапом преддипломной практики является защита подготовленного обучающимся отчета. Зачет по практике служит для оценки сформированности общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций 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.

7. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ОТЧЕТОВ О ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ. КРИТЕРИИ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ

Защита отчётов проводится по графику, в специально отведенное время. Организует защиту руководитель практики от университета. В состав комиссии включаются: заведующий выпускающей кафедры (председатель комиссии), ответственные от кафедры за организацию и проведение практики.

Защита проводится в виде доклада обучающихся по основным разделам отчета (до 8 мин.) и ответов на вопросы членов комиссии и присутствующих (до 10 мин). Защита может проводиться с применением мультимедийного оборудования. Обучающийся (по согласованию с руководителем) может представить презентацию по материалам отчета в виде слайдов.

Подготовка к защите сводится к написанию тезисов доклада и оформлению иллюстративных материалов (презентации). Для иллюстрации доклада обучающимися могут быть использованы графические материалы отчета, фотографии с места прохождения практики, а также специально подготовленные плакаты или слайды. При подготовке доклада и презентации следует придерживаться общих требований, принятых в академии.

Рекомендуется следующая последовательность изложения: сведения о месте прохождения практики; постановка задач и проблемы; анализ состояния анализируемых вопросов; работа, выполненная на практике, выводы и предложения.

Членам комиссии рекомендуется оценивать отчеты по производственной практике по следующим критериям:

- соответствие содержания и задания на практику;
- полнота раскрытия и уровень выполнения представленных вопросов;
- достоверность представленных материалов;
- практическая ценность представленных материалов отчета и возможность их дальнейшего использования;
- применение информационных технологий при анализе;
- качество оформления и соответствие требованиям;
- качество доклада;
- правильность и полнота ответов на вопросы;

- наличие и содержание производственной характеристики организации.

При оценке итогов работы обучающегося принимается во внимание характеристика, данная ему руководителем практики от предприятия, учреждения или организации. По результатам защиты отчета руководитель практики выставляет обучающемуся оценку.

Оценка складывается из интегрированной оценки, включающей в себя оценку содержания отчета, оценку за выполнение индивидуального задания и оценку результатов собеседования (защиты отчета по практике). Оценка результатов прохождения практики в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных компетенций проводится по 4-х бальной шкале оценивания во время зачета.

Оценка «отлично» выставляется, если обучающийся выполнил в срок и на высоком уровне весь намеченный объем работы в соответствии с индивидуальным заданием на практику; продемонстрировал в ходе практики высокий уровень обладания всеми, предусмотренными требованиями к результатам практики, сформированности компетенций; оформил отчет в соответствии с требованиями и в установленный срок; проявил самостоятельность, творческий подход и высокий уровень подготовки по вопросам профессиональной деятельности, организации работы коллектива, самоорганизации в ходе защиты отчета; в ходе защиты отчета продемонстрировал умение излагать материал в логической последовательности, систематично, аргументировано, грамотным языком.

Оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся полностью выполнил задание по прохождению практики, однако допустил незначительные недочеты при расчетах и написании отчета, в основном технического характера; письменный отчет о прохождении практики подготовил в установленный срок в соответствии с требованиями, но с незначительными недочетами. Оценка «хорошо» предполагает при устном отчете обучающегося по результатам прохождения практики ответы на вопросы преподавателя, с незначительными недочетами, которые не исключают сформированности у обучающегося соответствующих компетенций, а также умение излагать материал в основном в логической последовательности, систематично, аргументировано, грамотным языком.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучаю-

щийся затруднялся с решением поставленных перед ним задач и допустил существенные недочеты в расчетах и в составлении отчета; отчет составлен с недочетами. В ходе защиты отчета обучающийся продемонстрировал использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы, но испытывал затруднения, которые не исключают сформированности у обучающегося соответствующих компетенций на необходимом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся не выполнил задание практики, не смог в ходе практики продемонстрировать сформированности компетенций, предусмотренных требованиями к результатам практики; письменный отчет не соответствует установленным требованиям. Оценка «неудовлетворительно» предполагает, что в ходе защиты отчета обучающимся не были даны ответы на вопросы комиссии, не продемонстрировано умение излагать материал в логической последовательности, аргументировано, грамотным языком.

Обучающимся, получившим неудовлетворительную оценку при защите отчета, назначается дата повторной защиты, после устранения замечаний.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Березкин, А. Н. Нормативно-правовые основы селекции и семеноводства: учебное пособие [Электронный ресурс] / А.Н. Березкин, А.М. Малько, Е.Л. Минина [и др.] – СПб.: Лань, 2023.

2. Васина, Н. В. Растениеводство: методические указания / Н. В. Васина. В. Г. Васин. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 24 с.

3. Долгодворова, Л. И. Селекция полевых культур на качество: учебное пособие / Л. И. Долгодворова, В. В. Пыльнев, О. А. Буко [и др.] – СПб.: Лань, 2022.

4. Коновалов Ю. Б. Общая селекция растений: учебник / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хупацария, В. С. Рубец. – СПб.: Лань, 2023.

5. Кутилкин, В. Г. Методология научных исследований : учебное пособие / В. Г. Кутилкин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 137 с.

6. Нечаева, Е. Х. Селекция и семеноводство полевых культур : методические указания / Е. Х. Нечаева; И. А. Володина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 40 с.

7. Пыльнев, В. В. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур / В. В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария, О. А. Буко, А. Н. Березкин и др. – СПб.: Лань, 2014.

8. Степанова, Ю. В. Генетика : методические указания. – Кинель : ИБЦ Самарский ГАУ. 2024. – 36 с.

10.Ториков, В. Е. Производство семян и посадочного материала сельскохозяйственных культур: учебное пособие / В. Е.Ториков, О. В. Мельникова, С. А. Бельченко, Н. С. Шпилев – СПб.: Лань, 2023.

11. Частная селекция полевых культур: Учебник/ Под ред. В. В. Пыльнева. – СПб.: Издательство «Лань», 2022. – 544 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Пример оформления титульного листа отчёта о практике

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

Агрономический факультет

Кафедра «_____»

ОТЧЕТ

о прохождении _____ практики
(название практики)

_____
(период прохождения практики)

Направление подготовки 35.03.04 Агрономия
Профиль подготовки «Селекция и семеноводство»

Обучающийся __ курса __ группы
_____
(фамилия, имя, отчество)
Руководитель практики от университета
_____
(фамилия, имя, отчество)

_____
(подпись)

Отчет защищен «____» _____ 20___ г.
с оценкой «_____»

Кинель 20__

Приложение 2

Пример оформления индивидуального задания

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

Факультет _____
Кафедра _____
Направление подготовки _____

ЗАДАНИЕ

на практику _____
(название/вид практики)
обучающегося _____
(курс, группа, фамилия, имя, отчество)

Наименование базовой организации
_____
_____

Срок прохождения практики _____
Содержание задания на практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов):
_____
_____
_____
Индивидуальное задание_____
_____
_____
Дата выдачи задания _____
Руководитель практики _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия)*
Ознакомлен _____ _____
(подпись) *(И.О. Фамилия)*

«___» _____ 20___ г.

Приложение 3

План (график)

прохождения _____ практики

(название практики)

№ п/п	Этапы практики	Виды работ на практике, включая самостоятельную работу обучающихся	Сроки выполнения

Обучающийся _____ _____

(подпись) *(И.О. Фамилия)*

Руководитель практики
от университета _____ _____

(подпись) *(И.О. Фамилия)*

Руководитель практики
от предприятия _____ _____

(подпись) *(И.О. Фамилия)*

Учебное издание

Салтыкова Ольга Леонидовна
Нечаева Елена Хамидулловна
Володина Ирина Александровна

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА

Методические указания

Авторская редакция

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 27.01.2025. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 2; печ. л 2,1.
Тираж 50. Заказ № 15

Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
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, В. Г. Васин

РАСТЕНИЕВОДСТВО

Методические указания для решения задач

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2024

УДК 633:630(07)
ББК 41 р
В19

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Васина, Н. В.
В19 Растениеводство: методические указания / Н. В. Васина, В. Г. Васин. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 24 с.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, профиль подготовки Полеводство, Селекция и семеноводство.

В учебном издании приведены, порядок и этапы решения задач, и нахождение биологической урожайности изучаемых культур дисциплины «Растениеводство» и «Частное растениеводство».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2024
© Васина Н. В., Васин В. Г., 2024

Предисловие

Основной целью данных методических указаний является помощь обучающимся для самостоятельного освоения решения практических задач по изучаемому курсу. Кроме того, оно в значительной мере стимулирует обучающегося на практическое применение полученных знаний и по другим смежным дисциплинам.

Учебное издание позволяет наиболее полно раскрыть способности обучающегося в практическом применении целесообразных приемов определения биологической урожайности сельскохозяйственных культур и помогает поднять уровень его практической и теоретической подготовки. При выполнении заданий у обучающегося возникает необходимость более глубокого изучения специальной литературы по целому ряду вопросов, анализу полученных данных и др.

Методические указания предназначены для использования обучающимися при выполнении практических работ, а также подготовке к экзамену.

Тема 1. Расчет нормы высева

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. 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 об обозначать через a, число миллионов чистых и всхожих семян через M, то весовая норма будет:

$$K=a \times M$$

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 % чистых и всхожих семян. Вычисляют её по формуле:

$$ПГ = (А \times В) \div 100$$

где *А* – чистота семян, %; *В* – всхожесть, %.

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

$$ПГ = (99,5 \times 97,0) \div 100 = 96,5 \text{ или } 97\ \%$$

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

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

$$Х = (К \times 100) / ПГ$$

где *К* – норма высева при 100% посевной годности;

ПГ – фактическая посевная годность;

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

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.

Таблица 2

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

Культуры	Степная зона	Центральная зона	Северная зона
1	2	3	4
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

Окончание табл. 2

1	2	3	4
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

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 (рис. 1).

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

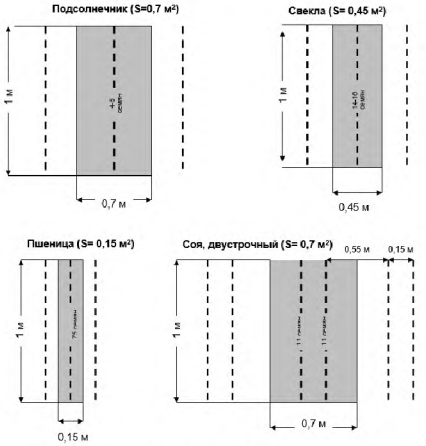


Рис 1. Площадь питания семян при различной ширине междурядий

Задача 1. Рассчитать весовую норму высева яровой твердой пшеницы при коэффициенте высева 5,0 млн. всхожих семян на 1 га, всхожести 95 % и чистоте 98 %, массе 1000 семян 45 г.

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)

Задача 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

Задача 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.

Обеспеченность семенами не полная.

Задача 4. На 1 погонный метр рядка обычного рядового посева посеяно 60 семян ячменя со всхожестью 94 %, чистотой 99,15 %, массой 1000 семян 45 г. Рассчитать поштучную (млн. всхожих семян на 1 га) и весовую (кг/га) нормы высева.

1. $ПГ = \frac{99{,}13 \times 94}{100} = 93{,}2\ \% \cong 93\%$
2. На 0,15 м^2 – 60 семян
   на 10000 м^2 – Х Х = 4,0 млн./га
3. $К_в$ = 4,0 млн. × 0,932 = 3,7 млн. всхожих семян/га (поштучная норма высева)
4. $Н_в$ = 4,0 млн. × 45 г. = 180 кг/га (весовая норма высева)

Задача 5. Семена гороха высеяны обычным рядовым способом с интервалом в рядке 6 см. Рассчитать поштучную (млн. всхожих семян на 1 га)

и весовую (кг/га) нормы высева, если масса 1000 семян 250 г, чистота 99,46 % и всхожесть 95 %.

100 см / 6 семян = 16,6 семян на 1 погонном метре.

1. На 0,15 м^2 – 16,6 семян
   на 10000 м^2 – X X = 1,1 млн./га

2. $ПГ = \frac{99,46 \times 95}{100} = 94,5\ \%$

$К_в$ = 1,1 млн. × 0,954 = 1,0 млн. всхожих семян на 1 га (поштучная норма)

$Н_в$ = 1,1 млн. × 250 г = 275 кг/га (весовая норма высева)

Пример 6. Обеспечит ли норма высева односемянной сахарной свеклы в 6 кг/га достаточную густоту стояния растений для формирования хорошего урожая при массе 1000 семян 20 г, чистоте 98%, всхожести 85%, полноте всходов 50% и выживаемости к уборке 80%.

6 кг / 20 г = 300 тыс. га

$ПГ = \frac{98 \times 85}{100} = 83,3\ \%$

$К_в$ = 300 тыс. × 0,833 = 249,9 тыс. всхожих семян на 1 га

249,9 тыс. × 0,5 = 125 тыс. взошедших растений на 1 га

125 × 0,8 = 100 тыс. растений/га

Высокая норма высева, поскольку к уборке необходимо иметь 85-90 тыс. растений /га

Пример 7. Дать оценку (заниженная, оптимальная, завышенная) норме высева семян озимой ржи для различных зон области при высеве 180 кг/га при чистоте 99.3%, всхожести 95%, массе 1000 семян 35 г. Привести расчеты.

$$ПГ = \frac{99,3 \times 95}{100} = 94,3\ \%$$

$К_в$ = 180 кг / 35 г = 5,1 млн.

$Н_в$ = 5,1 млн. × 0,943 = 4,8 млн. всхожих семян/га

Оптимальная норма для центральной зоны Самарской области, низкая для северной и высокая для южной.

Пример 8. Фактически высеяно 85 семян озимой пшеницы на 1 линейный метр рядка обычного рядового посева. Чистота семян 99,6%, всхожесть 94%. Рассчитать норму высева в млн. всхожих семян на 1 га.

На 0,15 м^2 – 85 семян
на 10000 м^2 – Х Х = 5,7 млн./га

$$ПГ = \frac{99,6 \times 94}{100} = 93,6\ \%$$

$К_в$ = (5,7 млн. × 93,6) / 100 = 5,3 млн. всх. семян на 1 га.

Пример 9. На погонный метр рядка высеяно 6 семян подсолнечника с междурядьем 70 см. Полевая всхожесть 90 %, изреживаемость при каждом боронование 7% (было проведено 2 боронования), изреживаемость при междурядной обработке 5 % (было проведено 2 обработки). Рассчитать сколько растений будет к уборке?

1. На 0,7 м^2 – 6 семян
   на 10000 – Х Х = 85,7 тыс./га (семян)
2. 85,7 × 0,9 = 77,1 тыс./га (взошло растений)
3. 77,1 × 0,93 = 71,7 тыс.га (после первого боронования)
4. 71,7 × 0,93 = 66,7 тыс./га (после второго боронования)
5. 66,7 × 0,95 = 63,4 тыс./га (после первой междурядной обработки)
6. 63,4 × 0,95 = 60,2 тыс./га (после второй междурядной обработки)

Пример 10. Определить урожайность и норму посадочного материала картофеля, при схеме размещения 70×25 см. Средняя масса посадочного клубня 75 г, масса клубней под кустом – 0,55 кг.

1. Площадь питания одного растения 0,7 × 0,25 = 0,175 кв.м.;
2. Число растений на 1 гектаре 10 000 : 0,175 = 57143 растений;
3. Урожайность посевов картофеля 57143 × 0,55 = 31429 кг = 314,3 ц/га.
4. Норма посадочного материала: 57143 × 75 г = 42,9 ц/га.

Пример 11. Рассчитать площадь защищенного грунта, необходимую для выращивания рассады ранней белокочанной капусты для посадки 10 га открытого грунта (с учетом страхового фонда – 10 %). Способ посадки в открытом грунте 70×30 см. Площадь питания рассады 6×7 см.

1. Находим площадь питания 1 растения 0,7 × 0,3 = 0,21 кв. м;
2. Определим число растений на 1 гектаре 10 000 : 0,21 = 47 619 штук;
3. Число растений на 10 га 47 619 × 10 = 476 190 штук;
4. Находим 10 % страхового фонда составляет 47 619 штук;

5. Общая потребность в рассаде с учетом страхового фонда 476 190 + 47 619 = 523 809 шт.
6. Находим площадь питания рассады 0,07 × 0,06 = 0,0042 кв. м.;
7. Определяем площадь защищенного грунта 523 809 × 0,0042 = 2199,9 кв. м.

Пример 12. Определить общую потребность в рассаде томата для посадки 10 га с учетом страхового фонда (10 %). Способ посадки (50 + 90) × 35 см.

1. Площадь питания 1 растения: ((0,50 + 0,90) × 0,35) / 2 = 0,245 м^2
2. Число растений на 1 га: 10000 м^2 / 0,245 м2 = 40816 шт./га
3. Число растений на 10 га: 40816 × 10 = 408160 шт.
4. Страховой фонд (10 %) составит: (408160 × 10) / 100 = 40816 шт.
5. Общая потребность в рассаде с учетом страхового фонда: 408160 + 40816 = 448976 шт.

Тема 2. Определение потенциального урожая по приходу ФАР

Известно, что 90-95 процентов всей биомассы растений составляют органические вещества, образующиеся в результате фотосинтеза. Увеличить урожай растений – это значить повысить их фотосинтетическую активность, а также коэффициенты использования солнечной радиации.

Приход фотосинтетически-активной радиации (ФАР) изменяется в зависимости от географической широты и времени года. Для Самарской области приход ФАР по месяцам приведен в таблице 3.

Для расчета ФАР, приходящей на посев определенной культуры, требуется установить фактическую продолжительность вегетационного периода и суммировать ФАР соответственно числу дней в каждом месяце.

Таблица 3

Фотосинтетически-активная радиация на широте Самарской области (по М. К. Каюмову, 1977)

Месяцы	Приход ФАР, кДж/см^2	Месяцы	Приход ФАР, кДж/см^2
1	2	1	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

Приводим пример расчета ФАР за период вегетации ячменя. Период от посева до созревания у него составил 85 дней (с 6 мая по 31 июля).

В данном случае ФАР (QФАР) за вегетацию ячменя составит:

$$Q_{фар} = \frac{31{,}35 \times 25}{31} + 34{,}7 + 31{,}77 = 91{,}76\ кДж/см^2$$

Однако коэффициент использования ФАР (К ФАР) 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 процента и рекордных – 3,5...5 процентов. 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:

$$У_{биол.} = \frac{Q_{фар} \times К_{фар} \times 10^4}{К},$$

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 1-го кг сухой биомассы, кДж, (табл. 4);

10^4 – коэффициент перевода в абсолютные величины.

Пример: Рассчитать потенциальную урожайность ячменя при использовании 2 % ФАР:

$$У_{биол.} = \frac{91{,}76 \times 2 \times 10^4}{19228} = 95{,}45\ ц/га$$

Далее, исходя из соотношения зерна к соломе (табл. 4) 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, %;

Л – сумма частей в отношении основной и побочной продукции в общем урожаем биомассы (например, при соотношении основной и побочной продукции 1:1,4 Л = 2,4) (табл.4);

Таким образом, урожайность ячменя в данном случае составит:

$$У_э = \frac{95{,}45 \times 100}{(100-14) \times 2{,}4} = 46{,}25\ ц/га.$$

Рассчитанный урожай зерна в 46,25 ц/га при использовании 2% солнечной радиации, не следует считать предельным. Увеличивая коэффициент использования ФАР до 3...4 и более процентов, можно рассчитать возможные максимальные урожаи 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.

Таблица 4

Калорийность сельскохозяйственных культур, соотношение основной и побочной продукции

Культура	Стандартная влажность продукции, %	Отношение основной продукции к побочной	Сумма частей (Л)	Калорийность, ккал в 1 кг сухой биомассы		
				Целое растение	Основная продукция	Побочная продукция
Пшеница: Озимая	14	1:1,8	2,8	18600	19019	17975
Яровая мягкая	14	1:1,5	2,5	18810	19228	17975
Яровая твёрдая	14	1:1,5	2,5	19020	19395	18183
Рожь озимая	14	1:2	3,0	18392	18810	18015
Ячмень	14	1:1,1	2,1	18475	18935	18057
Овёс	14	1:1,3	2,3	18392	18726	18100
Просо	14	1:1,7	2,7	19228	19646	18810
Гречиха	14	1:2,5	3,5	18977	19310	18392
Горох	14	1:1,5	2,5	19688	20482	18935
Соя	14	1:1,1	2,1	20065	20482	19228
Подсолнечник	8	1:3	4,0	18600	19311	18100
Кукуруза на зерно	14	1:1,2	2,2	17138	17555	16720
Кукуруза на силос	70	1,0	1,0	16302	16302	16302
Картофель	80	1:0,7	1,7	17975	18225	17723
Сахарная свёкла	80	1:0,5	1,5	17680	18140	17598

Тема 3. Определение возможного урожая по влагообеспеченности (ДВУ)

Сначала необходимо собрать сведения по запасам продуктивной влаги (в мм) в почве весной перед посевом (а для озимых – осенью) в слое почвы: 0-100 и 0-20 см.

Затем следует дать характеристику влагообеспеченности культуры в указанной зоне по запасам продуктивной влаги в почве перед посевом, а также в отдельные периоды роста и развития культуры и в целом за вегетацию.

При этом следует иметь в виду, что для ранних зерновых культур решающее значение при формировании урожая имеют осадки первой половины вегетации (май, июнь).

Поздние культуры более эффективно используют осадки второй половины лета.

Насколько благоприятны запасы влаги для той или иной культуры, устанавливают при помощи показателя влагообеспеченности.

Пример:

По средним многолетним данным на территории Кинеля ежегодно выпадает 410 мм осадков или 4100 $м^3$/га (1 мм равен 10^3/га). Около 30 % от среднегодового количества осадков стекает в овраги и испаряется. Непроизводительные расходы в данном случае составляют:

$$\frac{(4100 \times 30)}{100} = 1230 м^3 / га.$$

Разница между среднегодовым количеством осадков и непроизводительными затратами определит количество продуктивной воды для растений:

$$W = 4100 - 1230 = 2870 \text{ м}^2/\text{ га}.$$

Зная коэффициент водопотребления для культуры (табл. 5), можно рассчитать действительно возможную урожайность. Коэффициент водопотребления – это количество воды, идущее на транспирацию и испарение, затрачиваемое на формирование единицы урожая.

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. Величина ДВУ определяется по формуле:

$$ДВУ = \frac{W}{K_в},$$

где ДВУ – действительно возможный урожай по влагообеспеченности основной продукции при стандартной влажности, т/га;

$К_в$ – коэффициент водопотребления полевых культур, $м^3$/ц;

W – запасы продуктивной влаги, $м^3$/га.

Таблица 5

Коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур по зонам Самарской области, $м^3$ на 1 т.

Культуры		Зоны области			При орошении
		I	II	III	
Пшеница озимая и рожь		700-1050	727-1037	662-925	800-900
Пшеница яровая		900-1130	968-1353	896-1243	900-1000
Ячмень		870-1120	1020-1167	945-1050	-
Овёс		900-1160	1065-1217	995-1105	-
Просо		980-1260	1065-1217	945-1050	971-1085
Гречиха		1100-1430	1361-1555	1350-1500	1140-1210
Горох		1100-1160	1065-1369	1260-1400	1029-1117
Соя		-	2041-2625	2100-2330	1870-2000
Подсолнечник		1530-1970	1750-2000	1575-1750	-
Кукуруза на зерно		-	612-800	543-700	500-600
Кукуруза на силос		100-150	110-160	100-120	80-90
Картофель		190-240	210-240	180-200	150-170
Сахарная свёкла		90-120	98-112	-	-

Примечание: 1. Коэффициенты рассчитаны для урожаев, вероятность получения которых 50% лет.

2. Большему урожаю соответствует меньший коэффициент, а меньшему урожаю – больший коэффициент.

Запасы продуктивной влаги (W) можно определить по данным годового количества осадков ($О_г$). 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 дождей с полей, умеющих значительный уклон.

Коэффициент использования осадков ($К_о$) посевами колеблется от 0,5 до 0,8 в зависимости от рельефа и гранулометрического состава почвы. Для наших расчётов $К_о$ условно возьмём равным 0,7.

$$W = О_г \times К_в$$

Этой формулой обычно пользуются при расчётах ДВУ озимых культур и многолетних трав.

Пример:

По средним многолетним данным на территории Кинельского района ежегодно выпадает 410 мм осадков или 4100 м^3/га воды (1 мм осадков равен 10 м^3/га воды). Запасы продуктивной влаги в этом случае составляют:

$$W = 4100 м^3 / га \times 0,7 = 2870 м^3 / га$$

Зная коэффициент водопотребления озимой пшеницы (табл. 5) можно рассчитать действительно возможный урожай.

$$ДВУ = \frac{W}{Кв} = \frac{2870 м^3 / га}{950 м^3 / т} = 3,02 т / га$$

Часто более достоверные данные получаются, когда продуктивная влага (W) берётся как сумма запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на день посева и эффективно используемых осадков за вегетационный период

$$W = З + О \times 0,7;$$

где З – запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-100 перед посевом, мм;

О – осадки за вегетацию культуры, мм;

0,7 – коэффициент использования осадков.

Для большинства полевых культур ДВУ рассчитывается с использованием вышеуказанной формулы.

Пример:

Запасы влаги в метровом слое почвы перед посевом составляют 140 мм. За вегетацию ячменя выпадает 120 мм осадков. Запасы продуктивной влаги в данном случае составят:

$$W = 1500 + (1200 \times 0,7) = 2340 м^3 / га \text{ или } 2340 м^3 / га$$

при коэффициенте водопотребления ячменя 900 м^3/т ДВУ зерна составит 2,6 т/га.

$$ДВУ = \frac{2340 м^3 / га}{900 м^3 / т} = 2,6 т / га$$

Итак, рассчитанный ранее потенциальный урожай зерна ячменя 5,45 т/га (по приходу ФАР при 2% её использования) для условий Самарской области в зоне Кинеля в богарных условиях, не может быть получен вследствие ограничивающего действия лимитирующего фактора – влагообеспеченности посевов.

Если культура возделывается при орошении, то планируемая урожайность берётся как урожайность, рассчитанная по приходу ФАР.

Необходимо рассчитать суммарное водопотребление ее за вегетацию (Е).

$$E = У_{поФАР} \times К_в ,$$

где Е – суммарное водопотребление культуры за вегетацию, м^3/га;

$У_{по\ ФАР}$ – это урожайность, рассчитанная по приходу ФАР, т/га.

Далее рассчитывается оросительная норма полива (М) в м^3/га

$$M = E - W$$

Пример по ячменю:

$$E = 5.45\ т/га \times 900\ м^3/т = 4905\ м^{3/га}$$
$$M = 4905\ м^3/га - 2340\ м^3/га = 2565\ м^3/га$$

Оросительная норма в этом случае составит 2565 м^3/га.

Тема 4. Определение потенциального урожая по биогидротермическому потенциалу

Большую, а иногда решающую роль в формировании урожая играют солнечные лучи, тепло, влага в комплексе.

Взаимоотношение этих факторов отражено в формуле А. М. Рябчикова, которая с высокой точностью позволяет определить биогидротермический потенциал продуктивности в конкретных климатических условиях:

$$К_р = \frac{WT_v}{3BR},$$

где $К_р$ – биогидротермический потенциал продуктивности, балл;

W – количество продуктивной влаги за вегетацию, мм;

T_v – период вегетации, декад;

R – радиационный баланс за вегетацию, ккал/см^2;

36 – число декад в году.

Радиационный баланс обычно на 4-5% выше ФАР и составляет примерно 52% от интегральной радиации. Его можно рассчитать следующим образом:

$$R = \frac{Q_{тмєр} \times 52}{48}$$

Пример:

Если приход ФАР ($Q_{фар}$) за вегетацию ячменя (T_v = 8,4 декады)

составил 20,7 ккал/см^2 (или 48%), то радиационный баланс за этот период достигнет 22,4 ккал/см^2.

$$R = \frac{20,7 \text{ ккал/см}^2 \times 52\%}{48\%} = 22,4 \text{ккал/см}^2$$

Рассчитываем затем $К_р$, если запасы продуктивной влаги за вегетацию ячменя (W) составил 287 мм.

$$К_р = \frac{287 \text{мм} \times 8,4 \text{ декад}}{36 \text{декад} \times 22,4 \text{ ккал / см}^2} = 2,99 \text{ балла}$$

Урожай сухой биомассы ячменя ($У_{биол}$) определяют:

$$У_{биол} = 2 \times К_р;$$
$$У_{биол} = 2 \times 2,99 = 5,98 \text{ т/га}$$

Затем рассчитывается действительно возможный урожай (ДВУ), т. е. урожай основной продукции, в нашем примере зерна.

$$ДВУ = \frac{Убиол \times 100}{(100 - В_{st}) \times Л} = \frac{5,98 \times 100}{(100 - 14) \times 2,1} = 3,31 \text{ т/га}$$

Тема 5. Расчеты по определению биологической урожайности

При учете урожая, особенно когда сравниваются по продуктивности культуры и сорта с различной длиной вегетации, необходимо определять влажность зерна или зеленой массы и приводить их к стандартной влажности. Нередко разницу в урожае приписывают в достоинство культуры или сорта без учета влажности. Это неправильно.

Для перевода веса зерна при различной влажности к весу зерна при кондиционной влажности 14% можно пользоваться таблицей коэффициентов или формулой:

$$P_1 = \frac{P \cdot (100 - L_Ф)}{100 - L_К},$$

где P_1 – урожай, приведенный к 14% влажности, ц;

P – урожай при фактической влажности, ц;

$L_ф$ – фактическая влажность, %;

$L_К$ – кондиционная влажность (14%), %.

При расчете биологической урожайности учитывают густоту стояния растений, продуктивную кустистость, массу зерна с одного колоса, влажность зерна. При определении площади складских помещений дополнительно нужна объемная масса (табл. 6) и высота насыпи.

Таблица 6

Объемная масса зерна (г на 1 л) зерновых культур

Культура	Высокая	Средняя	Низкая
Пшеница	785 и выше	725-785	Менее 725
Рожь	730 >>	685-730	>> 685
Ячмень	605 >>	545-605	>> 545
Овес	480 >>	420-480	>> 420

Пример 1. Определить биологическую урожайность озимой пшеницы, если ко времени уборки на погонном метре при обычном рядовом посеве было 50 растений, продуктивная кустистость 1,25, а масса зерна с 1 колоса составила 0,8 г. Рассчитать площадь складского помещения для уборки урожая с площади 250 га, допустимая высота насыпи 3 м, уборочная влажность зерна 17 %.

1. На 0,15 м^2 – 50 растений
   на 10000 – X X = 3,3 млн./га
2. 3,3 × 1,25 = 4,1 млн. колосьев на 1 га
3. У = 4,1 × 0,8 г = 32,8 ц/га
4. $Уст = \frac{32{,}8 \times (100 - 17)}{(100 - 14)} = 31{,}7 ц/га$
5. 31,7ц/га × 250га = 792,5 т
6. 792500 кг / 750 кг/м^3 = 1057 м^3
7. 1057 м^3 / 3 м = 352 м^2 (площадь складского помещения)

Пример 2. Урожайность ячменя сорта «Волгарь» составила 43,6 ц/га при влажности 19 %. Урожайность сорта «Скиф» – 40,3 ц/га при влажности 13 %. Какой сорт обеспечил наибольшую урожайность при стандартной влажности (14%), определить ее величину?

1. Волгарь

$$Уст = \frac{Уф \times (100 - Lф)}{(100 - Lсс)} = \frac{43{,}6 \times (100 - 19)}{(100 - 14)} = 40{,}1 ц/га$$

2. Скиф

$$Уст = \frac{40{,}3 \times (100 - 13)}{(100 - 14)} = 40{,}7 ц/га$$

Пример 3. Посеяно 20 кг/га семян кукурузы с массой 1000 семян 300 г, чистотой 99 %, всхожестью 96 %. Рассчитать величину биологической урожайности початков (т/га), если полнота всходов семян 85 %, выживаемость растений к уборке 90 %, на одном растении в среднем 1,3 початка, масса початка 160 г. Определить выход корм. ед. с урожаем початков, если питательность ЗСМ получаемой из них – 0,71 к.е.

1. $ПГ = \frac{99 \times 96}{100} = 95\%$
2. $К_в$= 20 кг / 300 г = 66 тыс. /га
3. $К_в$ = 66 тыс. × 0,95 = 62,7 тыс. всхожих семян на 1 га
4. 62,7 × 0,85 = 53,3 тыс. всходов /га
5. 53,3 × 0,9 = 48 тыс. растений к уборке на 1 га
6. 48 × 1,3 = 62,4 тыс.початков на 1 га
7. 62,4 × 160 г = 10 т. початков /га
8. 10 × 0,71 = 7,1 тыс. корм. ед. с 1 га

Пример 4. В хозяйстве возделываются два гибрида кукурузы: раннеспелый Кинбел 144 и позднеспелый К-1/49. Урожайность первого составила 30,0 т/га, при влажности силосной массы 60%, а гибрида К-1/49 – 40,0 т/га, при влажности 80%. Какой урожай гибридов получен при нормализованной влажности 65%.

1. Кинбел 144

$$Уст = \frac{Уф \times (100 - Lф)}{(100 - Lсс)} = \frac{30,0 \times (100 - 60)}{(100 - 65)} = 34,3ц / га$$

2. К-1/49

$$Уст = \frac{40,0 \times (100 - 80)}{(100 - 65)} = 22,9ц / га$$

Тема 6. Расчет доз и норм удобрений на планируемую урожайность

Определение оптимальных доз удобрений на планируемую урожайность является наиболее сложным вопросом современной агрономической науки и практики. Наиболее широкое применение получил балансовый метод расчёта, при котором учитывается потребность растений в элементах питания, естественное плодородие почвы, коэффициенты использования доступных элементов питания из почвы и удобрений, количество

удобрений, внесённых под предшественник – действие и последействие минеральных и органических удобрений.

Для расчёта использовать следующие данные:

1. Планируемая урожайность культуры. Обычно в засушливых условиях Поволжского региона для этого используют ДВУ, рассчитанный по влагообеспеченности посевов, для условий богары и ПУ, рассчитанную по приходу ФАР, для условий орошения.

2. Вынос элементов питания с 1 т основной продукции с соответствующим количеством побочной (табл. 7).

3. Содержание в почве легкодоступных веществ в мг на 100 г почвы. Эти данные указаны в индивидуальном задании к курсовой работе. В хозяйствах обычно используют данные агрохимических картограмм.

Масса пахотного горизонта почвы на 1 га 3000 т, значит 1 мг элемента в 100 г почвы соответствуют 30 кг его в пахотном горизонте на 1 га.

4. Коэффициенты использования питательных веществ из почвы, минеральных удобрений и навоза (табл. 8).

5. После люцерны в почве остаётся в среднем 100 кг, а после однолетних бобовых культур 50 кг симбиотического азота, коэффициент его использования в первый год 25%, во второй год – 10%.

При расчёте доз и норм удобрений балансовым методом целесообразнее пользоваться логической схемой, которая и удобна, и понятна.

Таблица 7

Примерный вынос азота, фосфора и калия с урожаем сельскохозяйственных культур

Культура	Вынос на 1 т основной продукции (с учётом побочной), кг		
	азота	фосфора	калия
Пшеница озимая	39	14	26
Пшеница яровая	40	12	17
Рожь озимая	30	14	26
Ячмень	28	12	19
Овёс	32	15	30
Просо	32	10	30
Гречиха	32	15	46
Горох, вика	66	17	22
Соя	88	23	36
Подсолнечник	60	26	95
Кукуруза на зерно	27	11	27
Кукуруза на силос	2,9	1,2	3,5
Картофель	6,2	2,2	13,0
Сахарная свёкла	5,9	2,1	7,4
Рапс (семена)	70	32	

Таблица 8

Коэффициент использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений, %

КУЛЬТУРЫ	N	P_2O_5	K_2O
Из почвы:			
зерновые, пропашные, однолетние и многолетние травы	20	10-12	10-15
Из минеральных удобрений:			
зерновые, однолетние и многолетние травы	30-50	10-20	30-50
Пропашные	50-70	20-25	60-70
Из навоза*			
1 год	25-30	30-40	30-60
2 год	20	10-15	10-15
3 год	10	5	--
За ротацию севооборота	55-60	45-60	60-75

Примечание:

*– содержание питательных веществ в навозе: общее, %	0,5	0,2	0,6
кг в 1-й т удобрений	5	2	6

Пример:

Таблица 9

Расчёт норм и доз удобрений на запланированный урожай

Культура ___*Озимая пшеница*_____

Запланированный урожай ___*4,0*___ т/га

Показатели	Элементы питания		
	N	P_2O_5	K_2O
Выносится на 1 т урожая, кг	39	14	26
Общий вынос NPK на запланированный урожай, кг	156	56	104
Содержание в пахотном слое:			
1. мг на 100 г	90	11	12
2. кг на 1 га	270	330	360
Коэффициент использования питательных веществ из почвы, %	20	10	10
Будет использовано NPK из почвы, кг/га	54	33	36
Вносится в почву NPK с органическими удобрениями, кг/га	200	80	240
Коэффициент использования NPK из органических удобрений	25	25	30
Использование NPK из органических удобрений, кг/га	50	20	72
Вынос NPK из почвы и органических удобрений, кг/га	54+50=104	33+20=53	36+72=108
Требуется внести NPK с туками, кг/га	156-104=52	56-53=3	104-108=-4
Коэффициент использования NPK из туков	40	10	(не требуется)
Дозы внесения NPK на запланированный урожай, кг/га действующего вещества	130	30	-
Вид минерального удобрения	NH_4NO_3	Суперфосф дв.	-
Содержание действующего вещества в удобрении, %	34	46	-
Нормы внесения минеральных удобрений в туках, ц/га	3,82	0,65	-

Рекомендуемая литература

1. Агрохимия и биологические удобрения : учебное пособие / А. В. Соловьев, Е. В. Надежкина, Т. Б. Лебедева. – М. : РГАЗУ, 2011. – 168 с.

2. Богомазов, С. В. Основы научных исследований в агрономии. Ч. I. Основы методики исследований : учебное пособие /С. В. Богомазов, О. А. Ткачук, Е. В. Павликова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2014.

3. Васин В. Г. Растениеводство: учебное пособие / В. Г. Васин, А. В. Васин, Н. Н. Ельчанинова. – Самара : РИЦ СГСХА, 2009. – 528 с.

4. Земледелие : учебник / Под ред. А. И. Пупонина. – М. : Колос, 2000. – 552с. : ил.

5. Муравин Э. А. Агрохимия: учебное пособие / Э. А. Муравин, В. А. Титова. – М. : КолосС, 2010. – 464 с.

6. Экологическая агрохимия : учебное пособие / О. Ю. Лобанкова, А. Н. Есаулко, В. В. Агеев, [и др.]. – Ставрополь : АГРУС, 2014. – 173 с.

Оглавление

Предисловие 3

Тема 1. Расчет нормы высева 4

Тема 2. Определение потенциального урожая по приходу ФАР 10

Тема 3. Определение возможного урожая по влагообеспеченности (ДВУ) 13

Тема 4. Определение потенциального урожая по биогидротермическому потенциалу 16

Тема 5. Расчеты по определению биологической урожайности 17

Тема 6. Расчет доз и норм удобрений на планируемую урожайность ... 19

Рекомендуемая литература 22

Учебное издание

Васина Наталья Владимировна
Васин Василий Григорьевич

Растениеводство

Методические указания

Подписано в печать 22.02.2024. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 1,4; печ. л. 1,5.
Тираж 50. Заказ № 40.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр 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
«Самарский государственный
аграрный университет»

И. А. Володина, Е. Х. Нечаева

Селекция и семеноводство полевых культур

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2024

УДК 731.531(07)
ББК 41.3р
В 68

Володина, И. А.
В68 Селекция и семеноводство полевых культур : методические указания. / И. А. Володина, Е. Х. Нечаева. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 40с.

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, профиль «Селекция и семеноводство».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2024
© Володина И. А., Нечаева Е. Х., 2024

Оглавление

Предисловие…….. 4
1. Общие положения…… 5
2. Требования к оформлению курсовой работы (проекта)…… 6
3. Порядок проведения защиты курсовой работы…….. 10
4. Структура курсовой работы…… 13
Приложения…… 24
Рекомендуемая литература…….. 37

Предисловие

Цель курсовой работы – систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний студента, углубленное изучение одного из актуальных разделов селекции в соответствии с темой работы, овладение методикой планирования систем семеноводства по получению высоких урожаев элиты сельскохозяйственных культур.

Задача курсовой работы – помочь студентам научиться самостоятельно работать со специальной литературой, анализировать результаты наблюдений проводимых исследований, критически осмысливать выполняемые агротехнические приемы, увязывая с биологическими особенностями культуры, конкретными почвенно-метеорологическими условиями.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, профиль «Селекция и семеноводство».

Курсовая работа оформляется в соответствии с требованиями «СМК 04-30-2022 Положение о курсовом проектировании» и настоящими методическими указаниями студентами очной формы обучения 35.03.04. «Агрономия», профиль «Селекция и семеноводство».

Методические указания помогут обучающимся правильно выбрать тему курсовой работы, разработать ее структуру, грамотно оформить.

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 курсовой работы: 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 селекции и семеноводству является самостоятельной работой студента и выполняется на четвёртом курсе очного отделения с использованием экспериментального материала. В основу курсовой работы включаются сведения об определенных разделах селекционной работы в научных учреждениях, ОПХ, УОХ и других сельскохозяйственных подразделениях, собранных во время практик. Они касаются селекционных и семеноводческих методик и технологий проведения определенных операций с этими объектами; оборудования и машин, используемых для выполнения определенных операций; кадров, занятых в осуществлении этих операций. В отдельных случаях курсовую работу можно составить по литературным данным. При этом круг используемой литературы должен быть более обширным, чем при написании курсовой работы, в основу которой положены сведения, собранные в хозяйстве или опытном учреждении.

Помимо статей и монографий (книг) в курсовой работе могут быть использованы рукописи, отчеты научных учреждений, авторефераты, диссертации и устные сообщения специалистов с соответствующими ссылками.

Наряду с литературой на русском языке можно использовать иностранную литературу. Если по данной теме имеется заслуживающая внимания литература на языке, которым студент не владеет, допускается использование рефератов этих публикаций в реферативном журнале.

Тематика курсового проектирования утверждается на четвертом курсе распоряжением декана факультета по представлению заведующего кафедрой «Садоводство и селекция». 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 теме.

2.Требования к оформлению курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) 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, хотя и подразумевается. Текст титульного листа оформляется без рамки.

Курсовая работа должна быть напечатана на стандартном листе писчей 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;
- отступ красной строки – 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 оформляется по образцу (прил. 1).

Задание на курсовую работу. Задание на курсовую работу (проект) содержит основные исходные данные для выполнения курсовых работ (проектов), оформляется руководителем (прил. 2). В каждом задании формулируется название темы работы (проекта) и указываются характеристики, определяющие его объем и содержание, при этом необходимо учитывать уровень подготовки студента и время, отведенное на выполнение работы. Задания на проект выдаются за подписью руководителя и датируются днем выдачи.

Реферат. Краткое точное изложение содержания работы, включающее основные сведения и выводы, а также сокращения, используемые в документе. Рекомендуемый объем реферата 1 страница (прил. 3).

Оглавление. После реферата следует оглавление. В нем содержится название глав и параграфов в той же словесной формулировке, в которой они приведены в курсовой работе с указанием страниц. Печатается через 1,5 интервала (прил. 4).

Во введении (1-3 стр.) обосновывается актуальность темы исследования. Оно включает в себя краткий обзор литературы и эмпирических данных, оценку степени теоретической разработанности вопроса и анализ противоречий практики, обоснование темы исследования и необходимости ее дальнейшего научного изучения. Во введении определяется объект и предмет исследования, формулируются цели и задачи.

Основная часть *(разделы, подразделы и пункты)*разбивается, как правило, на разделы (главы) и подразделы. Они дробятся на пункты и подпункты. Каждый раздел должен заканчиваться выводами автора. Объем основной части устанавливается методическими указаниями(рекомендациями) по выполнению курсовой работы (проекта), и как правило курсовой проект содержит 40-50 страниц, а курсовая работа 30-40 страниц (14 шрифт, полуторный интервал). Заголовки глав пишутся симметрично тексту прописными буквами. Заголовки подразделов – строчными буквами. 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. Расстояние между заголовком и текстом 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 общепринятыми нормами. Например, метр «м», килограмм «кг», грамм «г», год «г.», годы «гг.», «млн.», «тыс. руб.» и т. д. Цитирование различных источников в курсовой работе оформляется ссылкой на данный источник указанием его порядкового номера в списке использованной литературы в квадратных скобках после цитаты. В случаях, когда ссылаются на конкретные слова или дословно цитируют часть текста, в скобках указываются и страницы. Возможны постраничные ссылки. Прямая речь в тексте не указывается.

В выводах и предложениях (1-2 стр.) обобщаются основные теоретические положения и делаются выводы, а также определяются возможные основные направления для дальнейшего исследования задач в выпускной квалификационной работе и при необходимости даются рекомендации производству.

В список использованной литературы и источников включаются только те, на которые сделаны ссылки в тексте курсовой работы и оформляется согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание» Фамилии авторов располагают в алфавитном порядке – сначала отечественных, затем – зарубежных. Примеры оформления списка литературы приведены в приложении 5.

Приложения. Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов и т. д. Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа. Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера. В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для

информационного – «рекомендуемое» или «справочное». Каждое приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой. Приложение начинается с новой страницы и имеет заголовок с указанием вверху страницы слова «Приложение» и его обозначения (русскими буквами, кроме букв Ё, Й, Ъ, Ы, Ь). Можно обозначать приложения и буквами латинского алфавита, исключая буквы I и O. В том случае, если в работе использованы уже все допущенные буквы русского или латинского алфавитов, то далее приложения необходимо обозначать арабскими цифрами. Если же у вас всего 1 приложение в документе, его необходимо обозначить «ПРИЛОЖЕНИЕ А». Текст в рамках одного приложения (например, ПРИЛОЖЕНИЕ А) может быть поделен на разделы. Нумеровать составные части приложения необходимо в пределах каждого приложения: обозначение, затем его № (ПРИЛОЖЕНИЕ А №1) Иногда приложения оформляются по-иному. В правом верхнем углу пишется Приложение 1, Приложение 2, Приложение 3, Приложение 4 и т.д.

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 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 может 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.). 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.

Иллюстрированный материал следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Все иллюстрации (чертежи, графики, схемы, документы, рисунки, снимки) должны быть пронумерованы и иметь названия под иллюстрацией. Нумерация иллюстраций может быть сквозной по всему тексту работы (например, рисунок 1, рисунок 2. и т. д.) или в пределах раздела (например, рисунок 1.1, 2.1. и т. д.).) именуются «Рис.». Рисунки, как правило, помещают на отдельных страницах. Номер рисунка и его название оформляется внизу под рисунком по центру.

Уравнения и формулы выделяются из текста отдельной строкой по центру. Формулы приводятся сначала в буквенном выражении, затем дается расшифровка входящих в них индексов, величин в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Уравнения и формулы нумеруются в круглых скобках справа от формулы. Нумерация уравнений и формул может быть сквозной по всему тексту курсовой работы или в пределах раздела.

Пример. По всем полям севооборота среднюю условную рабочую длину $L_{ср}$, м, определяют по формуле:

$$L_{ср} = \frac{\sum P}{\sum B} \qquad (1)$$

где P – площадь севооборота, м^2;

B – суммарная расчетная ширина по всем полям севооборота, м.

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.

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 (прил. 6). 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 и оформлению иллюстративных материалов (презентации).

Для иллюстрации доклада студентом могут быть использованы графические материалы работы, 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;

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.

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.

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

Курсовая работа по форме должна отвечать требованиям, предъявляемым к научно-производственным и научным публикациям. Важное место в этих требованиях занимает порядок изложения материала. Для студентов, выполняющих курсовую работу по исходным данным (индивидуальное задание), выданным кафедрой, план изложения материала следующий:

ЗАДАНИЕ.

РЕФЕРАТ.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

ВВЕДЕНИЕ.

1. СЕЛЕКЦИЯ КУЛЬТУРЫ И ЕЁ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

1.1 Систематика и происхождение, ботаническая характеристика и видовое разнообразие.

1.2 Достижения и проблемы селекции.

1.3 Технология селекции.

1.3.1 Планирование селекционного процесса.

1.3.2 Способ работы с селекционным материалом.

1.3.3 Схема селекционного процесса.

1.3.4 Система селекционных оценок.

2. СЕМЕНОВОДСТВО.

2.1 Сортовые признаки культуры.

2.2 Планирование сортосмены.

2.3 Планирование семеноводства в хозяйстве (районе, области).

2.4 Планирование производства семян элиты.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ.

ПРИЛОЖЕНИЯ.

Основная часть курсовой работы

Для студентов, выполняющих курсовую работу по исходным данным (индивидуальное задание), выданным кафедрой.

В подразделе 1.1. Систематика и происхождение, ботаническая характеристика и видовое разнообразиераздела1 «Селекция культуры и ее народно-хозяйственное значение» излагается систематика и происхождение культуры, дается ее ботаническая характеристика. Рассматриваются признаки, положенные в основу внутривидовой классификации, выделяются подвиды и разновидности культуры. Приводится эколого-географическая систематика культуры с указанием эколого-географических групп.

1. СЕЛЕКЦИЯ КУЛЬТУРЫ И ЕЁ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

В подразделе 1.2. Достижения и проблемы селекции излагаются данные об истории культуры, основных достижениях ее селекции, современном состоянии селекционной работы, задачах, проблемах и направлениях селекции культуры, краткое описание районированных сортов.

В подразделе 1.3.Технология селекции составляется схема селекционного процесса с указанием всех звеньев и план размещения делянок по схеме (приложения 7, 8), которая начинается с разработки модели сорта, предназначенного для эксплуатации в определенных условиях, на определенном уровне агротехники, приложение 9.Модель сорта учитывает множество параметров растений: общую продуктивность, качество продукции, устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды (морозоустойчивость, зимостойкость, жаростойкость, засухоустойчивость, устойчивость к различным видам химических загрязнений), устойчивость к неблагоприятным биологическим факторам (болезням и вредителям), конкурентоспособность, особенность ритма развития и фотопериодических реакций, отзывчивость на агротехнику и др. Модель сорта выступает как образ (идеал), к которому стремится селекция. Рассматривается способ работы с селекционным материалом изучаемой культуры. Рассматривается перечень селекционных оценок в разных звеньях селекционного процесса с указанием методов их проведения. Результат излагается в соответствии с формой 2.

Форма 2

Годовой план наблюдений,
учетов и оценок при селекции культуры

№	Проводимые наблюдения, учеты и оценки	Дата проведения, фаза развития растения	Методика выполнения	Звено селекционного процесса

2. СЕМЕНОВОДСТВО.

В подразделе 2.1 описываются сортовые признаки изучаемой культуры, в общем, и конкретного изучаемого сорта, заполняется анкета сорта (приложение 10).

В подразделе 2.2 приводится расчет планирования сортосмены по изучаемой культуре в хозяйстве. **Сортосмена** – замена в производстве на основе результатов государственного сортоиспытания старых сортов на новые, более урожайные или лучшие по качеству продукции.

Сортосмена предполагает не только замену сорта, но внедрение нового сорта в дополнение к старому, что позволяет лучше использовать определенные условия (интенсивная технология возделывания, скороспелость, направление использования продукции и т.д.).

Для модельных расчетов по проведению сортосмены любой культуры предлагается использовать уравнение:

$$S_n = S_1 \times \frac{Y_1 \times Y_2 \times Y_3 \times Y_{n-1}}{H_{B1} \times H_{B2} \times H_{B3} \times H_{Bn-1}}, \quad (2)$$

где S_n – возможная расчетная площадь посева в любом году размножения;

S_1 – первоначальная площадь, занимаемая сортом в год его районирования;

$У$ – урожайность семян в данном году, т/га;

H_B – норма высева, т/га.

С учетом ввода в формулу коэффициента размножения она примет следующий вид:

$$S_n = S_1 \times K_{pj} \times K_{p2} \times K_{p3} \times K_{p-1}. \quad (3)$$

Задача по проведению сортосмены может быть модифицирована в зависимости от площади в начале размножения, урожайности семян и нормы высева. Кроме того, в задачу могут быть введены на разных этапах внедрения нового сорта неодинаковые коэффициенты размножения, на первых этапах более высокие, чем в последующие периоды. Поправочные коэффициенты размножения отражены в приложении 11.

Коэффициент размножения можно рассчитать по формуле:

$$K_p = \frac{У_Б \times К_{ВС}}{Н_В} \qquad (4)$$

где K_P – коэффициент размножения семян;

$У_Б$ – бункерная урожайность зерна на семенном участке, т/га;

$K_{ВС}$ – поправочный коэффициент, учитывающий выход семян из урожая после подработки;

$H_В$ – норма высева, т/га.

Поправочный коэффициент рассчитывают по формуле:

$$К_{ВС} = \frac{Х}{100} \qquad (5)$$

где $K_{ВС}$ –поправочный коэффициент, учитывающий выход семян из урожая после подработки;

x – планируемый выход семян из урожая после подработки, %.

Величина коэффициента размножения зависит от культуры (у озимых зерновых он примерно равен 10-12, у яровых – 6-8, проса – 30-40). Коэффициент размножения можно увеличить за счет увеличения общей выживаемости растений за период вегетации, повышения продуктивной кустистости, увеличения продуктивности соцветия.

Модель расчета проведения сортосмены.

Планируемая урожайность семян нового сорта ячменя в год районирования составит 1,50 т/га, в последующие годы – 1,80 т/га. Норма высева в год районирования 0,18 т/га, в последующие годы – 0,23 т/га. Площадь посева в начале размножения 5 га. Рассчитать, какой будет площадь посева под данным сортом через 4 года.

Подставляя данные в формулу, получим:

$$S_4 = 5{,}0 \times \frac{1{,}50 \times 1{,}80 \times 1{,}80}{0{,}18 \times 0{,}23 \times 0{,}23} = 2552 \text{ га.} \qquad (6)$$

Этот пример наглядно показывает, что при относительно невысоком коэффициенте размножения семян (7,8-8,3) сорт на 4-й год размножения займет достаточно большую площадь. Результаты расчетов вносятся в таблицу 1.

Таблица 1

Расчет площадей и объема производства семян новых сортов при проведении сортосмены

Культура, сорт	Первоначальная площадь			2-й год			3-й год			4-й год			5-й год		
	Масса семян, т	Норма высева, т/га	Площадь посева, га	Масса семян, т	Норма высева, т/га	Площадь посева, га	Масса семян, т	Норма высева, т/га	Площадь посева, га	Масса семян, т	Норма высева, т/га	Площадь посева, га	Масса семян, т	Норма высева, т/га	Площадь посева, га

В подразделе 2.3 приводится расчет планирования семеноводства в хозяйстве.

В подразделе 2.4 приводится расчет планирования производства семян элиты.

Элитными семенами (семенами элиты) являются семена сельскохозяйственных растений, которые получены от оригинальных семян и соответствуют требованиям государственных стандартов и иных нормативных документов в области семеноводства. Число поколений элитных семян определяет оригинатор сорта (ст. 7 ФЗ «О семеноводстве»). Оригинальными семенами являются семена сельскохозяйственных растений, произведенные оригинатором сорта или уполномоченным им лицом (ст. 6 ФЗ «О семеноводстве»).

При работе с зерновыми культурами используют две схемы производства элиты: методом индивидуально-семейного отбора с двухгодичной оценкой потомств (рисунок 1) и методом массового отбора (рисунок 2).

Питомник отбора		
Питомник испытания потомств 1 года (П-1)		
		I этап – питомники первичного семеноводства
Питомник испытания потомств 2 года (П-2)		
Питомник размножения 1 года (Р-1)		
Питомник размножения 2 года (Р-2)		
		II этап – размножение семян до элиты
Суперэлита		
Элита		

Рис. 1 Схема производства элиты
методом индивидуально-семейного отбора
с двухгодичной оценкой потомств

Питомник отбора		
		I этап – первичное семеноводство
Питомник размножения 1 года (Р-1)		
Питомник размножения 2 года (Р-2)		
		II этап – размножение семян до элиты
Суперэлита		
Элита		

Рис. 2 Схема производства элиты методом массового отбора

Производство семян элиты можно разделить на два этапа: первичные звенья (производство оригинальных семян) и размно-

жение семян до элиты. Схемы производства элиты зерновых культур могут быть замкнутыми и незамкнутыми. В первом случае посевы питомников размножения, суперэлиты или элиты могут быть одновременно и питомниками отбора. Во втором – питомник отбора закладывается специально по особой технологии (отличается нормой высева, способом посева и т. п. от вышеназванных питомников). Это позволяет более эффективно вести отбор наиболее типичных родоначальных растений.

В соответствии с планом-заказом на производство семян элиты и принятой схемой первичного семеноводства рассчитывают необходимые площади посева в питомниках, количество производимых в них семян, количество отбираемых растений и семей (таблица 2).

Норму высева и выход семян для каждой генерации определяют с учетом почвенно-климатических условий, особенностей культуры и сорта, способов посева, особенностей технологии возделывания и др.

Таблица 2

Расчет площадей посева и объемов производства семян

Звено	Формула расчета	Условные обозначения
1	2	3
Отбор растений	$Q_{эр} = Q_{П-1} \times К_Б$	Q – необходимое количество растений (семей), шт.; S_{P-1} – площадь посева питомника размножения первого года, га; H_B – норма высева семян, кг/га; $K_Б$ – поправочный коэффициент на браковку; M_C – продуктивность одной семьи, кг
Питомник испытания потомств 1 года (П-1)	$Q_{П-1}=Q_{П-2} \times K_Б$	
Питомник испытания потомств 2 года (П-2)	$Q_{П-2} = \frac{S_{p-1} \times H_B \times K_Б}{M_C}$	

Окончание таблицы 2

1	2	3
Питомник размножения 1 года (Р-1)	$S_{p-j} = \frac{S_{p-2} \times H_B}{Y_c}$	S – площадь посева для производства семян данной генерации, га; H_B – норма высева семян, т/га; $У_С$ – урожайность семян, т/га: $V_Э$ – план-заказ на производство семян элиты, т
Питомник размножения 2 года (Р-2)	$S_{p-2} = \frac{S_{СЭ} \times Н_В}{У_С}$	
Суперэлита	$S_{СЭ} = \frac{S_Э \times Н_В}{У_С}$	
Элита	$S_Э = \frac{V_Э}{У_С}$	

Поправочные коэффициенты при определении количества отбираемых растений или соцветий и закладываемых в питомниках семей устанавливают по возможному объему браковок. Для этого можно использовать формулу:

$$К_Б = \frac{100}{100 - Х} \quad (7)$$

где $К_б$ – поправочный коэффициент на браковку;

X – процент браковки.

Величины поправочных коэффициентов, рассчитанные по данной формуле, приведены в приложении 11.

Полученные результаты корректируют в соответствии с необходимыми размерами страховых и переходящих фондов для каждой генерации. Размеры страховых фондов следующие: для первичных звеньев – 100%, суперэлиты – не менее 50% потребности для закладки этих звеньев; элиты – 30% потребности хозяйств для проведения сортосмены и сортообновления.

Модель расчета площадей посева и объемов производства семян.

План-заказ на производство семян элиты ячменя Волгарь – 1000 т. Урожайность семян в элитно-семеноводческом хозяйстве: элиты – 2,00т/га; суперэлиты – 2,10 т/га; Р-2-2,15 т/га. Урожайность в первичных звеньях: Р-1 – 2,30 т/га; продуктивность одной семьи в П-2 – 2,5 кг, одного элитного растения (колоса) – 0,85 г. Норма высева для Р-1 – 0,13 т/га, Р-2 – 0,20 т/га; для посева суперэлиты и элиты – 0,25 т/га. Браковка в П-2 и П-1 – 20%, элитных растений – 40%. Рассчитать площади посева и объемы производства семян в каждом звене.

При применении индивидуально-семейного отбора.

Решение задачи начнем с вычисления площади посева элиты $S_Э$ с учетом закладки страхового фонда семян (30% от плана-заказа):

$$S_Э = \frac{V_Э}{У_Э} \times 1,3 = \frac{1000}{2,00} \times 1,3 = 650 \text{ га.} \quad (8)$$

На эту площадь необходимо произвести семена суперэлиты также с учетом закладки страхового фонда (50% объема семян элиты). Площадь посева суперэлиты ($S_{СЭ}$):

$$S_Э = \frac{S_Э \times Н_{ВЭ}}{У_{СЭ}} \times 1,5 = \frac{650 \times 0,25}{2,10} = 116 \text{га.} \quad (9)$$

Для закладки суперэлиты с учетом страхового фонда семян данной категории (в размере 100% от объема производства семян питомника Р-2) производится посев питомника размножения 2 года (Р-2) на площади ($S_{Р-2}$):

$$S_{Р-2} = \frac{S_{СЭ} \times Н_{ВСЭ}}{У_{р-2}} \times 2,0 = \frac{116 \times 0,25}{2,15} \times 2,0 = 27 \text{га} \quad (10)$$

Площадь посева питомника Р-1 ($S_{Р-1}$) с учетом закладки страхового фонда семян (в размере 100 % от объема производства семян питомника Р-1):

$$S_{р-j} = \frac{S_{р-2} \times H_{ВР-2}}{Y_{р-1}} \times 2,0 = \frac{27 \times 0,20}{2,30} \times 2,0 = 4,7 \text{ га.} \quad (11)$$

Для формирования питомника Р-1 объединяются типичные и наиболее продуктивные семьи из питомника испытания потомств

второго года (П-2), коэффициент браковки при браковке семей 20% будет 1,25 (приложение 11). Количество семей в П-2 ($Q_{П-2}$) с учетом страхового фонда будет равно:

$$Q_{p-2} = \frac{S_{p-1} \times H_{BP-1} \times K_{Б_1}}{M_C} \times 2{,}0 = \frac{4{,}7 \times 0{,}13 \times 1{,}25}{0{,}0025} \times 2{,}0 = 612 \text{ семей}. \quad (12)$$

Количество семей в П-1 с учетом страхового фонда ($Q_{П-1}$) равно:

$$Q_{П-1} = Q_{П-2} \times К_{Б\,2} \times 2{,}0 = 612 \times 1{,}25 \times 2{,}0 = 1530 \text{ семей}. \quad (13)$$

Для закладки питомника испытания потомств необходимо отобрать в питомнике отбора следующее количество элитных растений (с учетом страхового фонда и коэффициентом браковки 1,667):

$$Q_{ЭР} = Q_{П-1} \times К_{Б\,3} \times 2{,}0 = 1530 \times 1{,}667 \times 2{,}0 = 5101 \text{ шт}. \quad (14)$$

При применении массового отбора.

В данной схеме производства элиты отсутствуют питомники испытания потомств 1 и 2 года (П-1 и П-2). Для формирования питомника Р-1 объединяются типичные и наиболее продуктивные элитные растения. Для расчета количества элитных растений ($Q_{ЭР}$) можно использовать формулу расчета количества семей в питомнике испытания потомств второго года, заменив поправочный коэффициент $К_{Б1}$ на $К_{Б3}$, а продуктивность семьи на продуктивность элитного растения ($М_{ЭР}$). Для удобства расчетов норму высева семян в питомнике Р-1 выразим в кг/га, продуктивность одного элитного растения ($М_{ЭР}$) переведем в килограммы. Тогда для выполнения объемов производства элиты ежегодно необходимо отбирать следующее количество элитных растений:

$$Q_{ЭР} = \frac{S_{p-1} \times H_{BP-1} \times K_{Б_3}}{M_{ЭР}} = \frac{4{,}7 \times 130 \times 1{,}667}{0{,}00085} = 1198279 \text{ шт}. \quad (15)$$

С учетом страхового фонда количество элитных растений удваивается и будет равно 2 396 558 шт. Результаты расчетов записываются в виде сводной таблицы 3.

Таблица 3

Рабочий план производства семян элиты на 20___ г.

Культура	Сорт	Элита		Суперэлита		Питомники размножения			Количество семей			Количество элитных растений, шт.
						Р-2	Р-1					
		Масса семян, т	Площадь, га	Масса семян, т	Площадь, га	Масса семян, т	Площадь, га	Масса семян, т	Площадь га	П-1	П-2	

Весовая норма высева определяется с учетом массы 1000 семян, посевной годности, количества высеваемых всхожих зерен на единицу площади по формуле:

$$М \times а \times 100Н = ПГ \qquad (16)$$

где Н – норма высева, т/га;

а – масса 1000 семян, г;

ПГ – посевная годность, %.

Норма высева сельскохозяйственных культур в млн. шт. всхожих семян на 1 га указаны в приложении 12.

Посевная годность вычисляется по формуле:

$$А \times ВХ = 100 \qquad (17)$$

где А – содержание семян основной культуры,

В – всхожесть семян, %.

Согласно стандарту, ГОСТ Р 52325-2005«Национальный стандарт Российской Федерации. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия» (утв. и введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 23.03.2005 № 63-ст)» содержание семян основной культуры для 1-3 репродукции 98,0%, всхожесть 87,0%. Следовательно, посевная годность составит:

$$98{,}0 \times 87{,}0 \times 100 = 85{,}3\% \qquad (18)$$

Вес семян для посева при норме высева 5,0 млн. шт. на 1 га с массой 1000 семян 42 г, посевной годностью 85,3% будет равен:

5,0 х 42 х 100 Н = 246 кг/га = 0,246 т/га 85,3 3. (19)

Приложение 1

Пример оформления титульного листа

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

Кафедра «Садоводство и селекция»

Курсовая работа

По дисциплине: _____

Тема:_____

Выполнил:
Студент ____ курса
Группы _____
специальности направления 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)

Кинель20___

Приложение 2

Пример оформления задания

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

Кафедра __ «Садоводство и селекция» _____
(наименование кафедры)

ЗАДАНИЕ
на курсовую работу (проект) по дисциплине
«Селекция и семеноводство полевых культур»

Студенту_____
(Фамилия, Имя, Отчество, полностью)

Тема работы (проекта)_____
_____

Исходные данные (технические требования) на курсовую работу (проект)

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Задание выдано «____» _____20___г.

Руководитель _____ _____
(подпись) *(расшифровка подписи)*

Приложение 3

Пример оформления реферата

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 50 страниц машинописного текста, включает 21 таблицу, 1 рисунок, 26 наименований использованной литературы и источников.

В Самарской области яровая мягкая пшеница ежегодно занимает площадь более 100 тыс. га и способна формировать урожаи зерна более 6,0 т/га с хорошими качественными показателями. Проведена оценка параметров адаптивности районированных и перспективных сортов яровой мягкой пшеницы и выявлены образцы, сочетающие высокую урожайность зерна и адаптивные свойства для лесостепных условий Среднего Поволжья. Материалом для работы служили 352 коллекционных образца яровой мягкой пшеницы, из них 108 зарубежных сортов и гибридов и 244 отечественных образца. По результатам исследований выделено 30 новых источников хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы. Работу выполняли в 2017-2020 гг. в центральной зоне Самарской области. Наблюдения и учеты проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Погодные условия в 2017-2020 гг. отличались разнообразием и отличались от среднемноголетних значений. Средне сортовая урожайность изменялась от 2,10 т/га до 3,72 т/га. Выделены сорта – Эритроспермум 6310/10-63, Лютесценс 6102/1-32, Эритроспермум 6517/24-1. Для эффективного использования селекционных достижений необходимо проводить своевременную сортосмену. В результате исследований установлено, что сорта каждого нового этапа сортосмены существенно превышали по уровню урожайности начальный сорт Лютесценс 62. Наибольшую устойчивость к стрессам имели сорта Эритроспермум 6310/10-63 (-1,39), Эритроспермум 6381 (-1,50), и Кинельская 59 (-1,50). Выделен новый адаптивный материал яровой мягкой пшеницы для использования в селекционных программах лесостепной зоны Среднего Поволжья.

Приложение 4

Пример оформления оглавления

Оглавление

Стр.

Введение……..……2
Оглавление……..……..3
Реферат……..4
1……..5
1.1……5
1.2……
……..……
2……
2.1……
……
Выводы……
Список используемой литературы ……
Приложения
……

Приложение 5

Примеры оформления использованной литературы и источников

Книга (1 автор)

Котов, В. П. Овощеводство открытого грунта. – 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 сахарной 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 : мат. науч.-практ. семинара. – 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. статей Международной 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. статей Международной конф. – Саратов, 2013. – С.164-165.

Статья в сборнике трудов (более 4 авторов)

Аленькина, С. А. Оценка индуктивного воздействия различных по антигенным свойствам лектиновазоспирилл на сигнальные системы корней проростков пшеницы / С. А. Аленькина, Л. П. Петрова, К. А. Трутнева [и др.] // Вавиловские чтения 2013 : сб. статей Международной 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.

Приложение 6

Пример оформления протокола защиты курсовой работы (проекта)

ПРОТОКОЛ №

«__» _____ 20__г

Члены комиссии:

1._____
(Фамилия, инициалы)

2. _____
(Фамилия, инициалы)

3. _____
(Фамилия, инициалы)

Слушали защиту курсовой работы (проекта):

_____
(Ф.И.О. студента)

на тему:

_____
_____

Вопросы:

1._____
_____

2._____
_____

3._____
_____

Подписи членов комиссии:

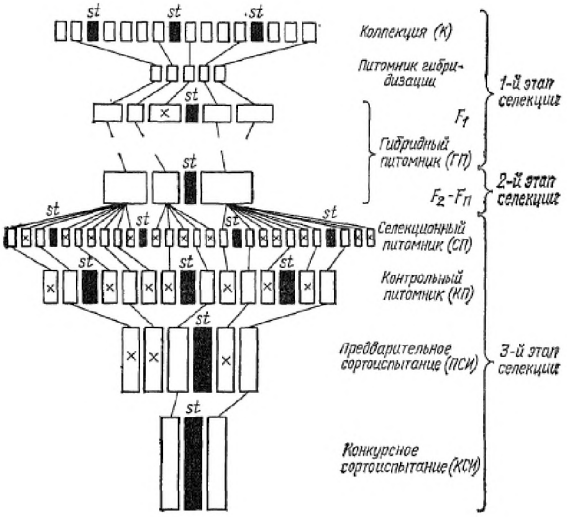
1._____ / _____
(инициалы, фамилия)

2._____ / _____
(инициалы, фамилия)

3._____ / _____
(инициалы, фамилия)

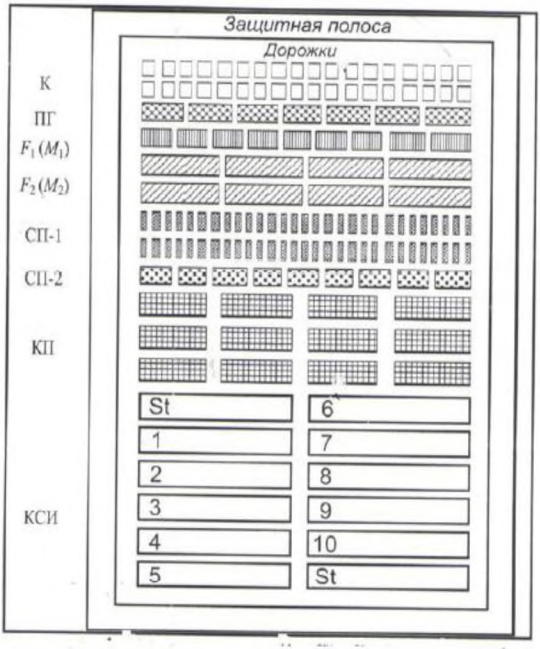
Приложение 7

Схема селекционного процесса



Приложение 8

План размещения делянок по схеме селекционного процесса



Условные обозначения:

- К – коллекционный питомник;
- ПГ – питомник гибридизации;
- F_1, M_1 – гибриды и мутанты 1-го поколения;
- F_2, M_2 – гибриды и мутанты 2-го поколения;
- СП-1 – селекционный питомник 1-го года;
- СП-2 – селекционный питомник 2-го года;
- КП – контрольный питомник;
- КСИ – конкурсное сортоиспытание.

Приложение9

Предполагаемая модель сорта яровой пшеницы на 20__ г.

Признаки	Ед. измерения	Параметры сорта		Источники признаков
		Юбилейная	проектируемого	
Масса 1000 семян	г	33,0-40,2	37,0-41,0	сорта среднеспелой и среднепоздней групп
Натура зерна	г/л	700-800	730-820	
Высота растений	см	80-90	78-87	короткостебельные сорта и сорта низкорослой группы
Урожайность зерна: средняя максимальная	т/га	4,8 9,3	5,5 10,0	генетически разнообразный коллекционный материал
Содержание белка в зерне	%	16,6	17,1	исходный материал, имеющий высокое качество зерна
Стекловидность	%	70	80	
Содержание клейковины	%	34,2	37	
Сила муки	W	362	390	
Упругость теста	мм	82-132	90-140	
Устойчивость к полеганию	балл	устойчив	устойчив	короткостебельные сорта

Приложение 10

ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений»

Форма N 350

АНКЕТА СОРТА

1. Культура **Пшеница мягкая** (русское название) **Triticum aestivum L. emend. Fiori et Paol.** (латинское название)

2. Заявитель _____ (имя и адрес)

_____

_____

_____

3. Предлагаемое наименование сорта _____

Селекционный номер _____

4. Сведения о происхождении, особенности поддержания и размножения сорта

_____

_____

_____

_____

5. Признаки сорта (отметьте в квадратных скобках степень выраженности признаков цифрой).

	Признак	Степень выраженности	Сорт-эталон		Индекс
			озимый	яровой	
5.1 (26)	Тип развития	озимый	Siejpner, Инна, Дон 95		1[ ]
		двуручка	Fidel, Русса		2[ ]
		яровой		Nandu, Памяти Алиева	3[ ]
5.2 (5)	Время колошения (первый колосок виден у 50% растений, укажите среднюю дату колошения заявленного сорта и двух общеизвестных сортов)	----------			
5.3 (9)	Растение: длина (стебель, колос, ости или остевидные отростки; укажите длину заявленного сорта и двух общеизвестных сортов)	----------			
5.4 (10).	Соломина: выполненность в поперечном сечении (в середине между основанием колоса и верхним стеблевым узлом)	выполнена слабо	Otestis, Инна, Скифянка	Амир, Remus, Курская 2038	3[ ]
		выполнена средне	Herzog, Смуглянка	Nandu, Тулайковская 1	5[ ]
		выполнена полностью	Forby, Прикумская 115	Furio	7[ ]
5.5 (16)	Колос: цвет	белый	Herzog, Дон 95, Инна	Алтайская 50, Эстер, Furio	1[ ]
		окрашенный	Gallo	Безим, Prinsqual	2[ ]

5.6 (14)	Ости или остевидные отростки: наличие	отсутствуют	Futur, Соратница	Axona, Альбидум 188	1[ ]
		остевидные отростки	Festival, Инна, Эхо	Алтайская 50, Эстер, Furio	2[ ]
		ости	Soissons, Престиж	Ventura, Алтайская 60	3[ ]

6. Похожие сорта и отличия от этих сортов

Наименование похожего сорта	Признаки, по которым заявленный сорт отличается от похожего	Степень выраженности признака	
		похожий сорт	сорт-кандидат

7. Дополнительная информация

7.1. Устойчивость к болезням и вредителям

7.2 Особые условия для испытания сорта

7.3 Другая информация по морфологии сорта

8. Требует ли сорт предварительного разрешения для допуска к использованию в соответствии с законодательством об охране окружающей среды, здоровья человека и животных и Федеральным законом «О государственном регулировании в области генно-инженерной деятельности» от 5 июня 1996 года?

Да [ ] Нет [ ]

Получено ли такое разрешение?

Да [ ] Нет [ ]

Если получено, то приложите копию данного разрешения.

Дата "____"_____ _____г. Подпись _____

Приложение 11

Величина поправочных коэффициентов в зависимости от процента браковки

Процент браковки	Поправочный коэффициент	Процент браковки	Поправочный коэффициент	Процент браковки	Поправочный коэффициент	Процент браковки	Поправочный коэффициент
10	1,111	20	1,250	30	1,429	40	1,667
11	1,124	21	1,266	31	1,449	41	1,695
12	1,136	22	1,282	32	1,471	42	1,724
13	1,149	23	1,299	33	1,493	43	1,754
14	1,163	24	1,316	34	1,515	44	1,786
15	1,176	25	1,333	35	1,538	45	1,818
16	1,190	26	1,351	36	1,562	46	1,852
17	1,205	27	1,370	37	1,587	47	1,887
18	1,219	28	1,389	38	1,613	48	1,923
19	1,234	29	1,408	39	1,639	49	1,961
						50	2,000

Приложение 12

Нормы высева сельскохозяйственных культур

№	Культура	Норма высева, млн. шт. всхожих семян на 1 га	Масса 1000 семян, г
1	Озимая пшеница	4,5-5,5	35-55
2	Яровая пшеница	5,5-6,0	35-45
3	Лен масличный	5,0-7,0	6,5-9,0
4	Амарант метельчатый	0,25-1,3	0,6-0,8
5	Яровой ячмень	4,0-5,5	40-50
6	Озимый ячмень	4,0-5,0	40-45
7	Яровая тритикале	4,0-4,5	45-55
8	Озимая тритикале	4,0-4,5	35-40
9	Гречиха 2n	2,5-3,0	25-35
10	Гречиха 4n	2,5-3,0	25-35
11	Горох	0,9-1,5	180-250
12	Озимый рапс	1,0-1,5	4,5-5,0
13	Яровой рапс	2,5-3,0	4,0-4,5
14	Картофель	0,04-0,06	50000-80000
15	Яровая вика	2,0-2,5	30-50
16	Кукуруза	0,09-0,1	250-350
17	Сорго	0,06-0,16	25-45
18	Просо	1,5-3,0	6-7
19	Донник белый однолетний	2,5-4,0	3,2-3,6
20	Чечевица	2,0-2,5	55-65
21	Нут	0,6-0,8	200-350
22	Люцерна изменчивая	1,5-2,5	2,0-2,2
23	Соя	0,4-0,6	100-200

Рекомендуемая литература

1. Васин, В. Г. Растениеводство: учебное пособие / В. Г. Васин, А. В. Васин, Н. Н. Ельчанинова. – Самара: РИЦ СГСХА, 2009. – 528 с.

2. Коновалов, Ю. Б. Общая селекция растений: учебник / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хупацария, В. С. Рубец. – СПб. : Издательство «Лань», 2018. – 480 с. ISBN 978-5-8114-1387-4.

3.Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М: ООО «Группа Компаний море». 2019. 384 с.

4. Савельев, В. А. Семенной контроль: учебное пособие для вузов / В. А. Савельев. – СПб.: Издательство «Лань»,2017. – 236 с. ISBN 978-5-8114-2547-1.

5.Ториков, В. Е. Производство семян и посадочного материала сельскохозяйственных культур: учебное пособие / В. Е.Ториков, О. В. Мельникова, С. А. Бельченко, Н. С. Шпилев. - СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 184 с. ISBN 978-5-8114-3364-3.

6. Глуховцев, В. В. Семеноводство полевых культур: учебное пособие /. В. В. Глуховцев, О. Н. Антимонова. – Кинель: РИО Самарской ГСХА, 2016. – 144 с. ISBN 978-5-88575-448-4.

7. Березкин, А. Н. Нормативно-правовые основы селекции и семеноводства: учебное пособие/ А. Н. Березкин, А. М. Малько, Е. Л. Минина [и др.]. – СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 252с. ISBN 978-5-8114-2303-3.

8. Долгодворова, Л. И. Селекция полевых культур на качество: учебное пособие / Л. И. Долгодворова, В. В. Пыльнев, О. А. Буко. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 256 с. ISBN 978-5-8114-2988-2.

9. Пыльнев, В. В., Практикум по селекции и семеноводству полевых культур / В. В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария, О. А. Буко, А. Н. Березкин [и др.]. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 448 с. ISBN 978-5-8114-1567-0.

10. Пыльнев, В. В., Частная селекция полевых культур: учебник / В. В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария, О. А. Буко. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 544 с. ISBN 978-5-8114-2096-4.

11. Растениеводство: учебник / В. А. Федотов, С. В. Кадыров [и др.]; под ред. В. А. Федотова. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 336 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65961

12. Сысуева, В. А. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве / В. А.Сысуева, Г. А. Баталова, Е. М. Лисицына. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2016. – 370с. ISBN 978-5-7352-0144-1.

Учебное издание

Володина Ирина Александровна
Нечаева Елена Хамидулловна

Селекция и семеноводство полевых культур

Методические указания

В авторской редакции

Подписано в печать 09.10.2024. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 2,33; печ. л. 2,5. Тираж 50. Заказ № 298.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр 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.
E-mail: ssaariz@mail.ru

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

Кафедра «Физическая культура и спорт»

О. А. Ишкина, Д. А. Аксенов

Элективные курсы по физической культуре и спорту. Спортивные и подвижные игры

Обучение игре в баскетбол

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2024

УДК 796.32
ББК 75.566р
И97

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Ишкина О. А.

И97 Элективные курсы по физической культуре и спорту. Спортивные и подвижные игры. Обучение игре в баскетбол : методические указания / Ишкина О. А., Аксенов Д. А. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 41 с.

В методических указаниях дана характеристика выполнения основных элементов техники игры в баскетбол в нападении и защите. Приводятся упражнения, способствующие качественному освоению игры.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по всем направлениям и специальностям.

© ФГБОУ ВО Самарского ГАУ, 2024
© Ишкина О. А, Аксенов Д. А 2024

Оглавление

Предисловие 4
1. История возникновения и развития баскетбола 5
2. Сущность и характеристика игры 8
3. Основы техники игры в баскетбол 10
3.1. Техника игры в нападении 11
3.2. Техника игры в защите 30
4. Особенности организации проведения подвижной игры ... 35
4.1. Подвижные игры с элементами баскетбола 36
Рекомендуемая литература 40

Предисловие

В высших учебных заведениях приемы игры в баскетбол используются как на академических занятиях, так и на секционных занятиях. Существует также широкая сеть спортивных состязаний разного ранга, участие в которых оказывает ни с чем несравнимый тренировочный и воспитательный эффект.

Методические указания написаны в соответствии с рабочей программой, разработанной на основе Государственного образовательного стандарта. Оно посвящено проблеме обучения баскетболу в рамках практических занятий, обучающихся высших учебных заведений.

Методические указания составлены методологически последовательно, с учетом особенностей учебно-тренировочного процесса рассматриваются вопросы основ технической подготовки обучающихся в защите и нападении.

Методические указания могут быть полезны при проведении учебных и секционных занятий в вузе, самостоятельной теоретической подготовке обучающихся.

В результате изучения данных методических указаний у обучающихся формируется ***компетенция***, связанная со способностью использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной профессиональной деятельности.

Данные методические указания предназначены также для преподавателей и тренеров высших учебных заведений с целью эффективного проведения учебных занятий по разделу «Баскетбол».

1. История возникновения и развитие баскетбола

Преподаватель физического воспитания спрингфилдской тренировочной школы (позже школа была преобразована в колледж) в штате Массачусетс (США). Джеймс Нейсмит в декабре 1891 г. изобрел игру, которую охарактеризовал так: «В баскетбол легко играть, но трудно играть хорошо». Новая игра оказалась настолько динамичной и увлекательной, что превзошла самые смелые надежды Нейсмита. Очень скоро она завоевала всеобщее признание в Америке, а в современном мире в нее играют миллионы людей.

Отдавая дань заслугам Джеймса Нейсмита, спрингфилдский колледж в 1911 г. присудил ему почетную степень мастера физического воспитания. В 1939 г. университет Мак Гилл присудил Нейсмиту степень доктора медицины, а в 1968 г. в спрингфилдском колледже был открыт музей Джеймса Нейсмита – «Зал баскетбольной славы». Так было выражено уважение к человеку, который подарил миру прекрасную игру.

Джеймс Нейсмит (1861-1939 гг.) родился в Канаде. Конечно, создавая новую игру, он в какой-то мере использовал исторические сведения об играх с мячом, которые в далекие времена культивировались на Американском континенте. Например, более двух с половиной тысяч лет назад племена инков и майя, жившие в те времена на территории Мексики, играли в так называемый «пок тапок». Цель игры заключалась в том, чтобы забросить мяч в каменное кольцо, укрепленное в вертикальном положении на стене.

В шестнадцатом столетии у ацтеков была известна игра, называвшаяся «олламалитули» – играющие стремились забросить каучуковый мяч в каменное кольцо.

Начав работать в спрингфилдском колледже, Джеймс Нейсмит встретился там с доктором Лютером Гуликом, который настойчиво искал новые формы и методы физического воспитания. Получив от доктора Гулика задание оживить уроки, Джеймс Нейсмит придумал игру для закрытого помещения. Условия спортивного зала определяли необходимость играть круглым мячом и только руками. Для этого был выбран футбольный мяч, который можно было легко ловить, передавать, бросать уже после сравнительно короткой практики. Чтобы исключить грубость при броске в цель и развивать точность у учащихся, Нейсмит расположил мишень над игроками, вне пределов их досягаемости: к балкону он прикрепил две корзины для

сбора персиков, в которые и нужно было забрасывать мяч. Балкон гимнастического зала находился на высоте 3 м 5 см от пола – эта высота и соответствует современному расстоянию от поверхности баскетбольной площадки до верхнего края кольца корзины.

В новой игре вначале участвовали одновременно мужчины и женщины.

Так как в гимнастической группе было восемнадцать человек, то Джемс Нейсмит распределил их на две команды по девять человек. Позже число игроков было сокращено до семи, а затем до пяти, поскольку большее количество участников создавало на площадке излишнюю суету. Так как мяч забрасывался в корзину, новая игра получила название «баскетбол» (basket – корзина, ball – мяч).

В декабре 1891 г. Нейсмит сформулировал первые правила новой игры и провел первый матч по баскетболу. В 1892 г. он опубликовал «Книгу правил игры в баскетбол», содержащую тринадцать пунктов, большинство из которых в той или иной форме действуют до сих пор.

Довольно скоро после проведения первых матчей эти правила были несколько изменены. Одной из причин изменения, в частности, явилось введение щитов (1895 г.), к которым стали прикреплять корзины. Щиты были своеобразной защитой корзины. Дело в том, что находившиеся на балконе зрители, стараясь помочь своей команде, нередко ловили мяч и направляли его в корзину команды противника.

В настоящее время в баскетбол играют на всех пяти континентах. Быстрыми темпами развивается баскетбол в Азии и некоторых странах Африки.

В нашей стране в баскетбол начали играть в 1906 г. Первые команды были созданы обществом «Маяк» в Петербурге. Широкого распространения в царской России эта игра не получила. Подлинное развитие баскетбола началось после Великой Октябрьской социалистической революции.

В 1922 г. были разработаны правила игры. В баскетбол стали играть не только в Российской Федерации, но и в Средней Азии, на Украине, в Закавказье.

Первое крупное соревнование в нашей стране по баскетболу было проведено во время Всесоюзного праздника физкультуры 1923 г. в Москве.

С этого времени игра в баскетбол быстро распространяется и развивается, начинает оформляться советская школа баскетбола. К 1939 г. стало ясно, что для дальнейшего развития техники и тактики игры необходимо радикально изменить ее правила. Это диктовалось еще и тем, что правила игры в нашей стране существенно отличались от международных правил.

Новые правила введены с января 1939 г. Первым крупным соревнованием, проведенным по новым правилам, был матч 8 городов в 1941 г. (Ленинград), в котором кроме мужских команд Москвы, Ленинграда, Тбилиси, Баку, Одессы участвовали сборные команды Тарту, Риги, Каунаса, имевшие большой опыт международных встреч.

Этот матч показал, что за период с 1917 г. по 1941 г. советские баскетболисты создали свою школу игры, отличающуюся быстротой атак и активной игрой в защите. Однако стало ясно, что нужно, еще много работать.

Великая Отечественная война приостановила развитие баскетбола.

Только в 1944 г. было проведено одиннадцатое первенство страны (в Тбилиси).

Наиболее бурный рост мастерства советских баскетболистов отмечается с 1946 г. В 1947 г. баскетболисты Советского Союза вступают в Международную федерацию баскетбола (ФИБА) и принимают участие в пятом первенстве Европы (мужская сборная), которое с успехом выигрывают. В дальнейшем наши баскетболисты и баскетболистки участвуют во всех международных соревнованиях: первенствах Европы и мира, Кубке европейских чемпионов, олимпийских играх (с 1952 г.) и др.

В Олимпийских играх 1952, 1956, 1960, 1964 гг. мужская сборная СССР занимала вторые места после сборной команды США, а в 1968 г. – третье место. В 1967 г. женская и мужская сборные команды СССР завоевали титул чемпиона на первенстве мира. В 1972 г. СССР завоевал золото Олимпийских игр в Мюнхене и 1988 г. в Сеуле, в 1976, 1980 гг. сборная СССР стала призёром Олимпийских игр.

В новейшей истории уже российские баскетболисты становились призёрами XXX летних Олимпийских игр 2012 г. Наша сборная является чемпионом Европы 2007 г. и призёром 2011 г.

Контрольные вопросы

1. Какая страна считается родиной баскетбола?
2. Кем была придумана игра в баскетбол?
3. Когда зародился баскетбол в России?

2. Сущность и характеристика игры

Баскетбол – командная игра, в которой игроки одной из команд передают мяч от одного игрока другому с помощью прямых передач или бросков. Целью команды является забросить мяч в корзину, целью же команды противника является не дать сделать этого с помощью разрешенных приёмов.

На площадке находятся 5 игроков от одной команды, каждый игрок выполняет определённые функции.

Позиций или амплуа в баскетболе в основном три: защитник, форвард и центровой. Если детализировать, то по амплуа игроков можно разделить на 5 категорий: разыгрывающий защитник, атакующий защитник, лёгкий форвард, тяжёлый (или мощный) форвард и центровой. Данные позиции не регулируются правилами баскетбола и носят формальный характер. В основном позиции сгруппированы по принципу нахождения игрока на площадке: передняя линия и задняя.

Баскетболист, который может играть на нескольких позициях, является ценным активом для тренера и его товарищей по команде, такого игрока трудно опекать на площадке. В то же время, даже если игрок обладает навыками для определенной позиции, важно развивать универсализм. Разыгрывающий, который может занять позицию для подбора, или центровой, который может водить мяч, помогут команде победить.

Разыгрывающий защитник, или первый номер – позиция игрока в баскетбольной команде. Разыгрывающий защитник лучше других видит игровую площадку, оценивает расположение нападающих и в раннем нападении (быстрый отрыв), и в позиционной атаке. Разыгрывающий защитник создает условия и ситуации на площадке таким образом, чтобы каждый партнёр мог принести как можно больше пользы команде, должен знать сильные и слабые стороны команды соперника, чтобы умело использовать преимущества своего коллектива. Начинает все комбинации и цементирует

защиту, подстраховывает команду при быстрых отрывах. Для игроков этого амплуа характерно абсолютно свободное владение мячом, большая скорость ловкость в проходе к кольцу, многие обладают хорошей прыгучестью и могут делать слэм-данки (вид броска в баскетболе, при котором игрок выпрыгивает вверх и одной или двумя руками бросает мяч сквозь кольцо сверху вниз) наравне с более рослыми игроками. Средний рост составляет приблизительно 185-195 см.

Атакующий защитник, или второй номер, – позиция игрока в баскетбольной команде. В круг действий этого игрока входят две основные обязанности – завершение атак и опека опасных в нападении соперников. Атакующий защитник – это тот игрок, который должен уметь и атаковать, и набирать очки. Часто атакующий защитник является лучшим снайпером команды, некоторые из них иногда могут выступать в качестве разыгрывающего или лёгкого форварда. Защита всегда стремится остановить лучших снайперов, поэтому, стянув на себя внимание защиты, атакующий защитник может легко найти передачей партнера, от которого идёт подстраховка. Умение защитника отдать хороший пас – серьезное качество, делающее игрока намного ценней и сильнее. Игроки этого типа обычно очень быстрые, ловкие, обладающие высоким прыжком и ростом приблизительно 193-201 см. Обязательным для атакующего защитника является хороший бросок со средней и дальней дистанции и быстрый дриблинг.

Дриблинг – манёвр с мячом, смысл которого состоит в продвижении игрока мимо защитника, регламентированного правилами.

Лёгкий форвард, или третий номер, – позиция игрока в баскетбольной команде. Основной задачей для такого игрока, как и для атакующего защитника, является набор очков, но, в отличие от защитников, игроки нападения обладают более высоким ростом и, следовательно, лучше подбирают мяч и блокируют броски. Лёгкие форварды, как правило, обладают хорошим броском практически со всех дистанций. Средний рост 195-210 см.

Тяжёлый форвард, или четвёртый номер, – позиция игрока в баскетбольной команде. Главной задачей 4-го номера является подбор мяча в нападении и защите. Поэтому мощные форварды должны обладать незаурядной физической силой и выносливостью. Средний рост составляет около 200-215 см. Игроки этого типа легко могут закладывать мяч в кольцо, но они делают это абсолютно

не так, как менее рослые и менее сильные физически игроки, вроде атакующих защитников.

Центровой, или пятый номер, – позиция игрока в баскетбольной команде. Самый высокий игрок в баскетбольной команде (рост 210-225 см), основная задача – игра под кольцом. Некоторые игроки этого амплуа могут сочетать с высоким ростом, атлетическими данными высокую подвижность и играть дальше от кольца, занимая позицию тяжёлого форварда, за что получили название центрфорвард.

Деятельность и движение баскетболиста в игре – не просто сумма отдельных приемов защиты и нападения, а совокупность действий, объединенных общей целью в единую динамическую систему подчинённых определённым алгоритмам результатом действия которых является успешный или неудачный исход действия. Правильное взаимодействие игроков команды – основа успешности проведения деятельности, которая должна быть направлена на достижение общих интересов команды и опираться на инициативу и творческую активность каждого игрока. Действие игрока – это сложный механизм связанный с определёнными законами физики, математики и геометрии.

Контрольные вопросы

1. Что такое баскетбол?
2. Разыгрывающий и атакующий защитник в баскетболе.
3. Легкий и тяжелый форвард в баскетболе.

3. Основы техники игры в баскетбол

Техника спортивного упражнения – это рациональный способ его выполнения для решения конкретной двигательной задачи.

Технику баскетбола подразделяют на два больших раздела: технику нападения и технику защиты. В каждом из разделов выделяют две группы: в технике нападения – технику передвижения и технику владения мячом, а в технике защиты – технику передвижения и технику отбора мяча и противодействия.

Техника игры – это сложившаяся в процессе развития игры совокупность приемов, позволяющих наиболее успешно решать конкретные игровые задачи. Правильное применение техники

в баскетболе во многом зависит от соблюдения правил игры. Небольшая площадка для игры, правило фола и правила передвижения по площадке – все это обуславливает постоянную и быструю смену направления движения и затраты сил, высокий темп игры.

При обучении технике баскетбола, важно знать не только из каких движений (элементов) состоит спортивное действие (состав системы), но и как они связаны и взаимодействуют между собой. Кинематическая структура раскрывает форму движений в пространстве и времени: одной или двумя руками выполняется прием, снизу, сверху или от груди, вперед, назад, быстро или медленно, в какой последовательности и т. д.

Для штрафного броска чаще всего используется бросок одной рукой сверху. В основной фазе: в высшей точке рука выпрямляется для максимального приближения мяча к кольцу, мяч выталкивается мягким движением кисти пальцев, ему придается обратное вращение.

3.1. Техника игры в нападении

Техника передвижения. В процессе всей игры баскетболист должен быть готов к выполнению любого действия, и чаще всего неожиданного. Поэтому он должен всегда находиться в положении готовности, которое позволило бы выполнить необходимую задачу. Значительная роль в этом принадлежит исходному положению, в котором баскетболист должен находиться постоянно, – стойке баскетболиста.

Стойка – это положение баскетболиста при выполнении всех игровых приемов в опорном положении.

В стойке ноги занимающегося находится на ширине плеч, колени согнуты, руки в положении готовности к действиям находятся у пояса. Стойка должна обеспечивать сохранение равновесия и возможность быстро маневрировать (рис. 1).

В стойке готовности (рис. 1, а) баскетболист находится на расставленных на ширину плеч ногах при незначительно выставленной вперед правой или левой ноги. Впередистоящая стопа направлена носком вперед, сзади стоящая развернута в сторону; колени незначительно согнуты, масса тела равномерно распределена на обе стопы; туловище прямое, слегка наклонено вперед; голова поднята,

взгляд направлен вперед – игрок занимает устойчивое положение, прочно удерживая равновесие; руки полусогнуты, кисти находятся на уровне груди.

Стойка игрока, владеющего мячом (рис. 1, б), характеризуется тем же расположением звеньев тела, но кисти удерживают у туловища мяч, для чего пальцы разведены, образуя полусферу, облегающую мяч; основания ладоней направлены назад, и обе кисти чуть смещены в ту же сторону. Удерживается мяч подушечками фаланг пальцев: тремя – указательного, двумя – среднего и одной – большого, безымянного и мизинца, ладони мяча не касаются.

Универсальной для начала действий с мячом в современном, баскетболе считается так называемая стойка нападающего с тройной угрозой (рис. 1, в), являющаяся производной от стойки игрока, владеющего мячом. Ее специфика в том, что мяч перекладывается на кисть сильнейший руки и поддерживается сбоку другой. Локти опущены, и угол между предплечьями составляет 45°. Рабочая кисть, располагаясь под мячом, максимально отводится назад. Ее указательный палец, локоть и одноименная нога, выставленная вперед, находятся в одной вертикальной плоскости; мяч удерживается на уровне плеча, но не прижимается к туловищу, а незначительно выносится вперед (20-25 см), угол сгибания в локтевом суставе составляет около 90°. Ноги значительно согнуты. При таком расположении звеньев тела и мяча нападающий одновременно представляет тройную угрозу для соперников: может мгновенно, без дополнительной подготовки, выполнить бросок по корзине, передачу партнеру или начать скоростное ведение.

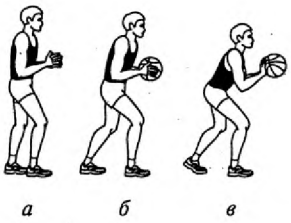


Рис. 1. Стойка баскетболиста:
а – стойка готовности;
б – стойка игрока владеющего мячом; *в* – стойка нападающего с тройной угрозой

Передвижение баскетболиста по площадке является частью целостной системы действий, направленной на решение атакующих задач и формируемой в ходе реализации конкретных игровых положений. Они – основа техники баскетболиста. Для передвижений по площадке игрок использует ходьбу, бег, прыжки, остановки.

Ходьба – один из приемов передвижений. Она используется главным образом, для смены позиций в коротких паузах или при смещении интенсивности игровых действий, а также для смены темпа. В отличие от обычной ходьбы баскетболист передвигается на ногах, слегка согнутых в коленях, что обеспечивает ему возможность для внезапных ускорений.

Бег является главным средством передвижения в игре. При среднем и медленном темпе его выполняют мягкими широкими шагами, ставя ногу на всю ступню, или перекатываются с пятки на носок. При ускорениях применяют короткие шаги с постановкой на переднюю часть стопы.

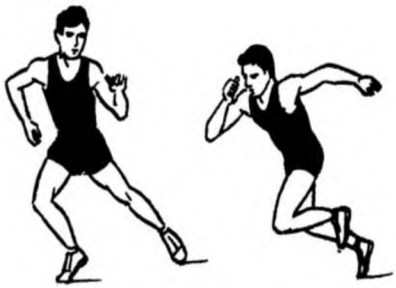


Рис. 2. Рывок

Резкое, неожиданное увеличение скорости бега или стартовое ускорение называется *рывком*. *Рывок* – лучшее средство освобождения от опеки соперника и выхода на свободное место. В этот момент игрок должен быть готов к получению мяча (рис. 2).

Изменение направления движения игрок осуществляет мощным толчком выставленной вперед ногой в сторону, противоположную направлению движения: туловище наклоняют в сторону вновь избранного направления (рис. 3).

Прыжки используют как самостоятельный прием. Применяют два способа выполнения прыжка: толчком двумя ногами и толчком одной ногой и чаще всего выполняют многократно, без предварительной подготовки. Перед прыжком с одной ноги на другую, выполняемым после бега, последний шаг перед толчком удлиняют, при этом несколько согнутую ногу ставят с пятки. Маховую ногу, согнутую в колене, свободно выносят вперед-вверх.

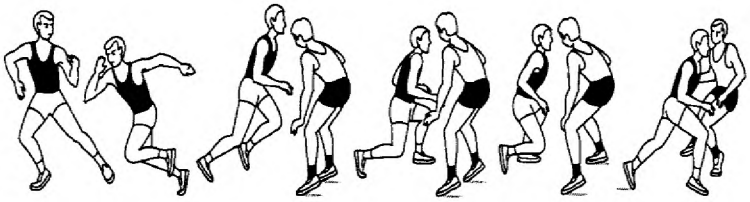


Рис. 3. Изменение направления бега (рывок)

Прыжки толчком обеими ногами выполняют с разбега и с места. В первом случае последний шаг делают также как и при прыжке толчком одной ногой. Маховую ногу приставляют к опорной на всю ступню, после чего выполняют отталкивание.

Прыжок с места делают энергичным разгибанием ног, сочетающимся с маховым движением руками вперед-вверх. Приземление выполняют мягко с носка, на слегка расставленные ноги.

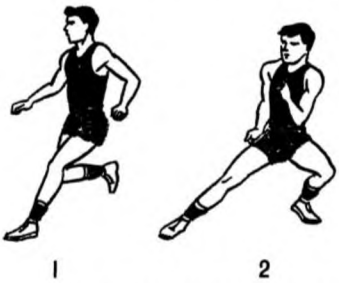


Рис. 4. Остановка двумя шагами:
1 – остановка прыжком; *2* – остановка шагом

Остановки во время бега выполняют шагом и прыжком. При остановке шагом (рис. 4; *2*) игрок не нарушает ритма бега, делает широкий шаг, ставя ногу с пятки, затем сгибая ее и выставляя другую вперед, недалеко от опорной, гасит инерцию и удерживает туловище над опорой (рис. 4). При остановке прыжком (рис. 4; *1*) игрок отталкивается одной ногой и выполняет небольшой стелющийся прыжок вперед. Во время полета согнутые ноги опережают туловище и ставятся впереди одновременно или одна раньше другой, первоначально касаясь пятками пола.

Вышагивание осуществляется на месте. Игрок, сохраняя тяжесть тела на опорной ноге, выполняет вышагивание другой ногой вперед, назад или в сторону, удаляясь тем самым от защитника.

Повороты выполняют вперед и назад на стоящей сзади или впереди ноге с мячом и без мяча, на месте и в движении.

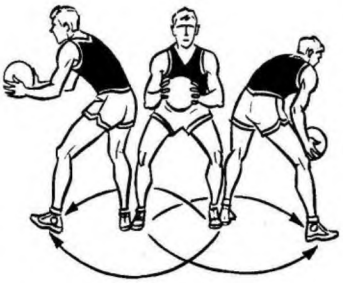


Рис. 5. Повороты на месте

При поворотах с мячом на месте игрок, находящийся в стойке, отталкиваясь и переставляя одну ногу вперед или назад вокруг опорной, поворачивается на передней части стопы, не отрывая ее от площадки. Ноги при этом согнуты, основная тяжесть тела приходится на опорную ногу, маховой делают шаги, позволяющие удалиться от противников (рис. 5).

Рекомендуемые упражнения.

1. Ходьба выпадами, в полуприседе, на внутренней и внешней стороне стопы, на носках и пятках.

2. Бег с различных исходных положений: правым, левым боком, спиной вперед, бег с поворотами приставными шагами, выполнение рывков-ускорений по 15-20 м, прыжки на одной и двух ногах, прыжки в шаге, подскоки.

3. Сочетание различных способов перемещений с остановками и поворотами на месте и в движении по сигналу в различном темпе.

Техника владения мячом. Техника владения мячом включает следующие приемы: ловлю передачи, ведение и броски мяча в корзину. Изучение приемов зависит от правильной стойки баскетболиста с мячом.

Для правильного захвата и удержания мяча в стойке рекомендуются следующие упражнения:

- выполнить имитацию держания мяча в руках, следя за воронкообразным расположением кистей с расставленными пальцами;
- то же, но присесть и наложить кисти на мяч, лежащий на полу, и поднять его. Принять стойку;
- выпустить мяч, чтобы он ударился о площадку, а затем, правильно расположив кисти на мяче, принять стойку;
- упражнения жонглирования с мячом.

Ловлю и передачу мяча изучают одновременно, при этом объясняют способ держания мяча двумя руками и технику выполнения передачи двумя руками.

Ловля – прием, с помощью которого игрок может уверенно овладеть мячом и предпринять с ним дальнейшие атакующие действия. Ловля мяча является и исходным положением для последующих передач, ведения или бросков, поэтому структура движений должна обеспечивать четкое и удобное выполнение последующих приемов. Еще не поймав мяч, игрок должен смотреть, куда и кому его потом отдавать. Выбор определенного способа ловли мяча и его разновидности зависит от положения игрока по отношению к летящему мячу, динамики передвижения игрока, высоты и скорости полета мяча.

Наиболее простым и в то же время надежным способом овладения мячом считается *ловля мяча двумя руками*.

Подготовительная фаза: если мяч приближается к игроку на уровне груди или головы, следует вытянуть руки навстречу мячу, ненапряженными пальцами и кистями образуя как бы воронку, размером несколько большую, чем обхват мяча (рис. 6.).



Рис. 6. Положение рук при ловле мяча двумя руками

Основная фаза: в момент соприкосновения с мячом нужно обхватить его пальцами (не ладонями), сближая кисти, а руки согнуть в локтевых суставах, подтягивая к груди. Сгибание рук является амортизационным движением, гасящим силу удара летящего мяча (рис. 7). *Завершающая фаза:* после приема мяча туловище вновь подают слегка вперед; мяч, укрываемый от соперника разведенными локтями, выносят в положение готовности к последующим действиям. Если мяч летит несколько ниже уровня груди, то игрок приседает глубже, чем обычно, снижая тем самым высоту плеч до уровня полета мяча.

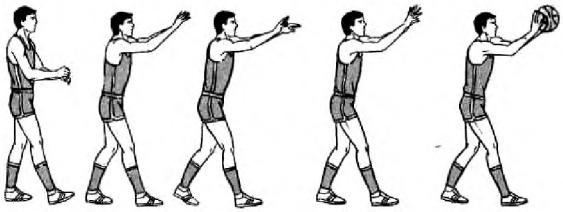


Рис. 7. Ловля мяча двумя руками

Для того чтобы поймать мяч, летящий высоко над головой, нужно выпрыгнуть и руки с разведенными кистями резко вынести вверх (расстояние между большими пальцами не должно превышать нескольких сантиметров, остальные пальцы свободно разведены). В момент, когда мяч коснется пальцев, кисти сближают, поворачивают внутрь и крепко обхватывают ими мяч, а руки, сгибая в локтевых суставах, опускают и притягивают мяч к туловищу. При ловле низко летящего мяча руки опускают, кисти и пальцы образуют как бы раскрытую чашу.

При борьбе за мяч, опускающийся на площадку, не следует ждать, пока он отскочит на удобную для ловли высоту. Нужно двигаться навстречу, ловить его в начальный момент отскока. Игрок делает выпад к мячу, быстро наклоняет туловище вперед, руки опускает вперед-вниз, кисти подводит к мячу с внешних сторон, но не сверху. Захватив мяч, он сразу же выпрямляется и подтягивает его к себе.

При ловле мяча в движении с намерением тут же выполнить передачу или бросок в корзину применяют так называемую двухшажную технику. Если игрок хочет сразу после ловли на бегу сделать передачу или бросок, предположим правой рукой, он должен поймать мяч, слегка напрыгивая на него, в тот момент, когда уже выполнен толчок левой ногой, а правая вынесена вперед. Затем следуют толчок правой ногой (первый шаг), толчок левой ногой (второй шаг) и передача или бросок мяча правой рукой в прыжке.

Ловля мяча одной рукой. Когда обстановка не позволяет дотянуться до летящего мяча и поймать его двумя руками, следует ловить его одной рукой (рис. 8).

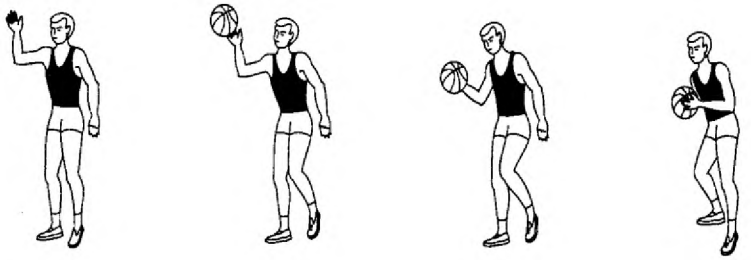


Рис. 8. Ловля одной рукой

Подготовительная фаза: игрок вытягивает руку таким образом, чтобы пересечь траекторию полета мяча (кисть и пальцы не напряжены).

Основная фаза: как только мяч коснется пальцев, руку нужно отвести назад-вниз, как бы продолжая этим движением полет мяча (амортизационное движение). Этому движению помогает небольшой поворот туловища в сторону ловящей руки.

Завершающая фаза: мяч нужно поддержать одной рукой, затем крепко обхватить двумя руками так, чтобы быть готовым немедленно действовать дальше.

Высоко летящий мяч ловят одной рукой в прыжке с небольшим прогибанием туловища, быстрым снижением мяча, поддержкой другой рукой и подтягиванием к туловищу. Поймав мяч, игрок немедленно принимает положение равновесия, раздвинутыми локтями предохраняя от попыток соперника выбить его из рук (рис. 9).



Рис. 9. Ловля высоко летящего мяча одной рукой

Передача мяча – основной технический прием, с помощью которого игрок направляет мяч партнеру для продолжения атаки. Умение правильно и точно передать мяч – основа четкого, целенаправленного взаимодействия баскетболистов в игре. Существует много различных способов передачи мяча: двумя руками от груди, двумя руками сверху, двумя руками снизу, одной рукой от плеча, одной рукой крюком, одной рукой снизу, одной рукой сбоку, также используют так называемые скрытые передачи: под рукой, за спиной, из-за плеча. Применяют их в зависимости от игровой обстановки.

Первой изучается передача мяча двумя руками от груди, одной от плеча. Основы техники осваиваются в передачах с места. Внимание акцентируют на исходном положении и рабочей фазе (одновременно выполняются работа рук и выпрямление ног).

Затем, изучают передачи в движении (двухшажная техника), затем в прыжке.



Рис. 10. Держание мяча двумя руками для передачи

Передача мяча двумя руками от груди – основной способ, позволяющий быстро и точно направить мяч партнеру на близкое или среднее расстояние в сравнительно простой игровой обстановке, без плотной опеки соперника.

Подготовительная фаза: кисти с расставленными пальцами свободно обхватывают мяч (рис. 10), удерживаемый на уровне пояса, локти опущены. Кругообразным движением рук мяч подтягивают к груди.

Основная фаза: мяч посылают вперед резким выпрямлением рук почти до отказа, дополняя его движением кистей, придающим мячу обратное вращение (рис. 11).

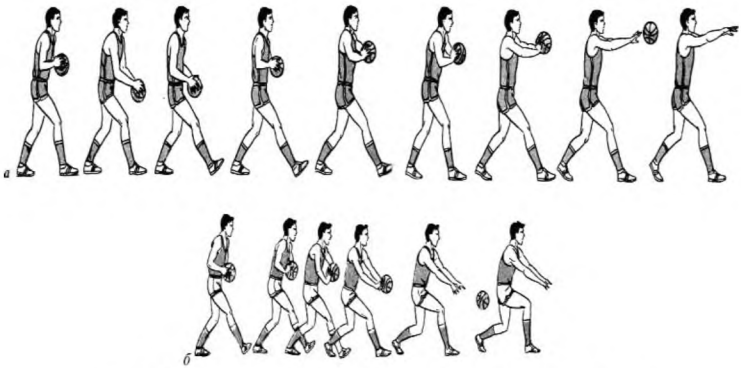


Рис 11. Передача мяча двумя руками от груди:
а – двумя руками; от груди; *б* – ударом о площадку

Завершающая фаза: после передачи руки расслабленно опускают, игрок выпрямляется, а затем занимает положение на слегка

согнутых ногах (такая завершающая фаза типична и для остальных способов передачи). Если соперник активно мешает передаче на уровне груди, то мяч можно послать так, чтобы он, ударившись о площадку вблизи партнера, отскочил прямо к нему. Чтобы мяч отскочил быстро, ему иногда придают поступательное вращение. Ноги при такой передаче нужно сгибать больше, а руки с мячом направлять вперед-вниз (рис. 11, *б*).

Передача мяча одной рукой от плеча – наиболее распространенный способ передачи мяча на близкое и среднее расстояние.

Здесь минимальное время для замаха и хороший контроль за мячом. Дополнительное движение кисти в момент вылета мяча позволяет игроку изменять направление и траекторию полета мяча в большом диапазоне.

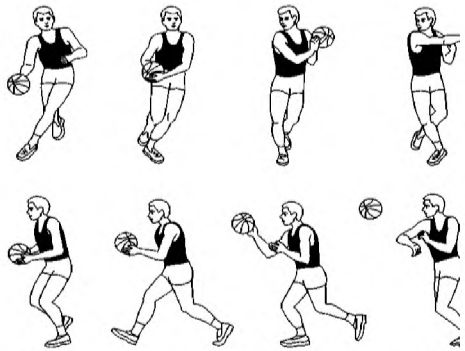


Рис. 12. Передача мяча одной рукой от плеча:
а – вид спереди; *б* – вид сбоку

Подготовительная фаза: руки с мячом отводят к правому плечу (при передачах правой рукой мяч лежит на кисти правой руки и поддерживается левой рукой) так, чтобы локти не поднимались; одновременно игрок поворачивается в сторону замаха (рис. 12).

Основная фаза: мяч на правой руке, которую сразу же выпрямляют, и одновременно выполняют захлестывающее движение кистью и поворот туловищем.

Подготовительная фаза: правую руку с мячом (при поддержке левой рукой) поднимают и слегка отводят за голову. Одновременно поворачивают туловище. Таким образом достигается достаточная амплитуда замаха.

Основная фаза: мяч на правой руке, которую сразу же с большой силой быстро выпрямляют, одновременно выполняя захлестывающее движение кистью и мощный поворот туловищем.

Завершающая фаза: после вылета мяча правая рука на короткое мгновение как бы сопровождает его, а затем расслабленно опускается вниз; игрок возвращается в положение равновесия на слегка согнутых ногах.

Передача одной рукой от головы или сверху позволяет направить мяч через все поле контратакующему партнеру на расстояние 20-25 м.

Рекомендуемые упражнения.

Подводящие упражнения:

- перекладывать мяч из руки в руку, обводить вокруг туловища, не касаясь его;
- мяч за спиной в двух руках. Перебросить мяч через голову вперед и поймать его;
- то же, но мяч впереди, перебросить через голову назад и поймать его сзади;
- то же выполнить одной рукой;
- в стойке баскетболиста вытянуть руки и имитировать положение кисти на мяче;
- то же, но присесть и положить руки на мяч, лежащий на полу. Поднять его и принять стойку с мячом;
- повторить то же, затем выпустить мяч из рук и после отскока его от площадки поймать, правильно располагая кисти на мяче;
- то же, но мяч подбросить вертикально вверх, а затем после отскока поймать его;
- подбросить мяч вперед-вверх и, выбежав к месту отскока, поймать его.

Специальные упражнения:

- построение во встречных колоннах. Мяч передается определенным способом из колонны в колонну с последующим переходом во встречную колонну;
- то же, но передачи выполняются во встречном движении. Ловля мяча выполняется в безопорном положении (считать первым шагом приземление с мячом в руках);
- в парах или тройках, передачи мяча друг другу с продвижением вдоль площадки.

Ведение мяча – прием, дающий возможность игроку продвигаться с мячом по площадке с большим диапазоном скоростей и в любом направлении (рис. 13). Ведение позволяет уйти от плотно опекающего защитника, выйти с мячом из-под щита после успешной

борьбы за отскок и организовать стремительную контратаку; поставить заслон партнеру или, отвлечь на время соперника, опекающего партнера, чтобы затем передать ему мяч для атаки.



Рис. 13. Положение игрока при ведении мяча

Во всех остальных ситуациях злоупотреблять ведением не следует, чтобы не снижать быстроту контратак и не нарушать ритма игры.

Непосредственно ведение осуществляется последовательными толчками мяча вперед-вниз одной рукой или поочередно правой и левой. Игрок контактирует с мячом широко расставленными пальцами, но не ладонью.

Существует несколько разновидностей ведения в зависимости от высоты отскока мяча.

Ведение с высоким отскоком мяча (высокое ведение) применяется при отсутствии плотной опеки со стороны защитника (рис. 14). Мяч при этом варианте ведения после каждого выталкивания поднимается до уровня пояса, ведение осуществляется в основном энергичным разгибанием руки в локтевом суставе. Игрок встречает отскочивший от поля мяч широко расставленными пальцами и опущенным вниз предплечьем. Сгибая руку, он несколько сопровождает мяч вверх, а затем снова энергично толкает в пол под определенным углом. Ноги согнуты до положения полуприседа, туловище немного наклонено, голова держится прямо, взгляд направлен вперед.

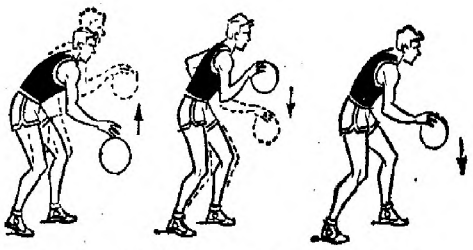


Рис. 14. Высокое ведение мяча

Ведение с низким отскоком (низкое ведение), напротив, используется, если защитник находится в непосредственной близости и существует угроза выбивания мяча.

При низком ведении (рис. 15) ноги сгибаются сильнее, ведение осуществляется частыми толчками мяча кистью с отскоком не выше колена. Главное в технике ведения – отсутствие зрительного контроля, асинхронная работа рук и ног, равноценность правой и левой рук, сочетание с высокой скоростью передвижения. Туловище слегка подают вперед, плечо и рука, свободная от мяча, должны не подпускать соперника к мячу.



Рис. 15. Низкое ведение мяча

Для ведения характерна синхронность ритма чередования шагов и движений руки, контактирующей с мячом (рис. 16).

Игрок, продвигаясь таким образом, должен в то же время следить за расположением партнеров, соперников и ориентироваться на щит. Целесообразно периодически переключать зрительный контроль с мяча на поле и обратно.

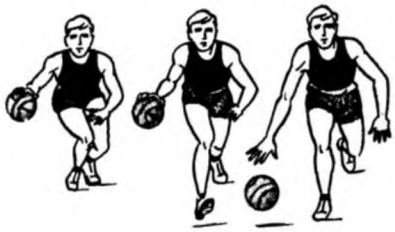


Рис. 16. Положение игрока, ведущего мяч

Баскетболист при ведении обязан одинаково хорошо владеть правой и левой рукой.

Ведение с асинхронным ритмом движения руки с мячом и ног с успехом используется для обводки нескольких противников подряд. Здесь защитникам трудно выбрать момент для выбивания мяча или угадать направление прохода, так как ритм или темп движений руки с мячом не совпадает с ритмом и темпом бега (рис. 17).

Рекомендуемые упражнения.

Подводящие упражнения:

- упражнения для развития подвижности в кистевых, локтевых, плечевых суставах, перемещение спиной вперед, рывки и ускорение из различных исходных положений;

- упражнения на расслабление, имитация движений, ведения мяча в стойке баскетболиста;

- вначале использовать одноразовые удары мяча в пол с активными разгибаниями предплечий;

- то же, но в сочетании с приставным шагом вперед-назад, вправо-влево;

- далее применять многоразовые удары в пол;

- ведение мяча правой и левой руками, стоя на месте, при беге на месте, с небольшими перемещениями в разные стороны.

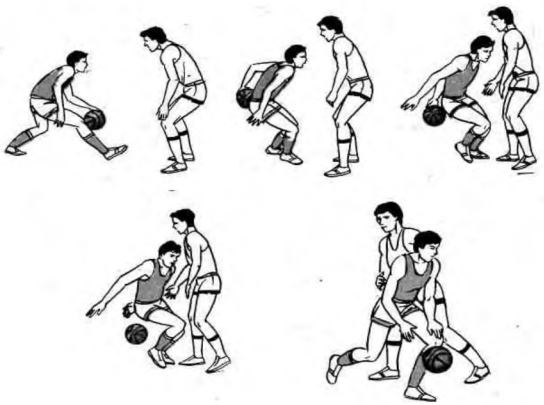


Рис. 17. Обводка с переводом мяча за спиной

Специальные упражнения:

- ведение мяча на месте левой рукой, правой с последующим ведением (высокое, низкое) по прямой;

- ведение с изменением направления;

- ведение с обводкой препятствий;

- ведение после выполнения других приемов – ловли и передачи мяча, остановок, поворотов, прыжков и т. п.;

- ведение при смене способа перемещения: бегом, подскоком, приставным шагом;

- ведение со сменой ритма движений по сигналу преподавателя.

Бросок в корзину – прием, который, в конечном счете, определяет результат игры. Основные требования к броску – точность, стабильность, быстрота, эффективность в условиях активного противодействия. Решающее влияние на точность оказывают прицеливание и работа ног, рук, особенно кисти. Важно уметь сохранять равновесие и координировано выполнять движение в любом положении.

При обучении и совершенствовании техники бросков мяча необходимо знать следующее:

- мяч считается заброшенным, если он прошел в кольцо сверху. Из этого следует, что траектория полета мяча должна быть достаточно высокой: говоря образно, мяч должен «заглянуть» в кольцо сверху. Однако при чрезмерно высокой траектории вероятность попадания уменьшается, так как увеличивается путь полета мяча и одновременно увеличивается площадь рассеивания;

- каждый бросок по кольцу должен быть прицельным, т. е. выполнять бросок надо не просто в направлении кольца, а в определенную точку, служащую мишенью. Попадание в эту точку-мишень обеспечивает попадание мяча в кольцо. Такой мишенью является ближайшая точка на дужке кольца: при броске взгляд должен быть направлен в эту точку, а мяч должен упасть на нее сверху;

- установлено, что при бросках сбоку от кольца вероятность попаданий выше, если мяч брошен с отражением от щита. Определены также точки на щите, отражаясь от которых, мяч чаще всего падает в кольцо. Так, стоя под углом 45° к щиту, мяч надо бросать в верхний ближний уголок нарисованного на щите прямоугольника;

- броски выполняются с различных дистанций – коротких (до 3 м), средних (от 3 до 7 м) и дальних с места, в движении, в прыжке. Различают броски в корзину двумя руками и одной.

Бросок двумя руками от груди преимущественно используется для атаки корзины с дальних дистанций. Этот бросок занимающиеся осваивают наиболее быстро, поскольку структура его близка к структуре передачи мяча тем же способом.

Подготовительная фаза: мяч охватывается пальцами, образующими плотную чашу (рис. 18), и выносится на уровень лица, ноги – на ширине плеч, слегка согнуты в коленях, одна нога выставлена на 30-40 см вперед. Руки полностью выпрямляются

вверх-вперед по небольшой дуге, кисти и пальцы, раскрываясь, дают мячу направляющий мягкий толчок, одновременно с движением рук выпрямляются и ноги. При броске с дальних дистанций игрок должен больше сил вкладывать в движение рук, резче сгибать ноги и энергичнее их разгибать. Для точности броска очень важна согласованность плавных движений рук и ног.

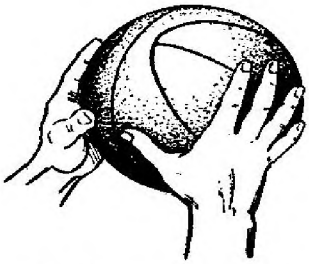


Рис. 18. Держание мяча

Бросок одной рукой от плеча – наиболее распространенный способ атаки корзины с места со средних и дальних дистанций (рис. 19).

Подготовительная фаза: игрок выставляет правую ногу вперед, поворачиваясь правым плечом по направлению к корзине. Ноги слегка сгибаются, правую руку также слегка сгибают и поднимают вверх таким образом, чтобы мяч был вынесен над плечом, левая рука продолжает поддерживать мяч сбоку.

Основная фаза – примерно на уровне головы мяч целиком остается на правой руке, которая начинает выпрямляться вперед-вверх по направлению к корзине. В темпе движения руки и ноги выпрямляются. Мяч направляется в корзину в результате равномерного и одновременного выпрямления руки и кисти (под углом в 60-65°), во время которого мяч скатывается с пальцев (от их основания к конечным фалангам) и отрывается от кончиков пальцев в момент, когда плечо, предплечье, кисти образуют ведущую прямую, определяющую траекторию полета мяча. При этом кисть описывает максимально возможную дугу. После выполнения броска рука опускается вниз.

Бросок одной рукой сверху используют чаще других для атаки корзины в движении с близких дистанций и непосредственно из-под щита.

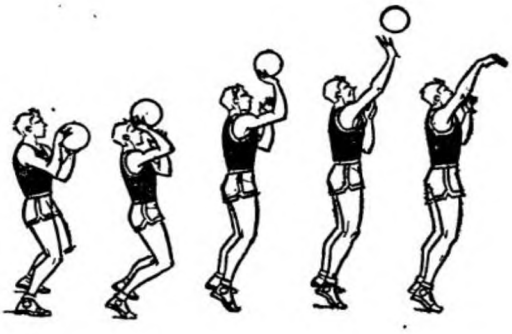


Рис. 19. Бросок одной рукой от плеча

Подготовительная фаза: мяч ловят под правую ногу (при броске правой рукой). Шаг, под который ловят мяч, наиболее растянут. Последующий шаг должен быть укороченным, стопорящим – игрок должен быстрее и сильнее оттолкнуться почти вертикально вверх. При отталкивании от площадки мяч выносят над плечом и перекладывают на повернутую кисть правой руки (рис. 20).

Основная фаза: в высшей точке прыжка рука выпрямлена для максимального приближения мяча к кольцу, мяч выталкивается мягким движением кисти пальцев, ему придается обратное вращение.



Рис. 20. Бросок одной рукой сверху в движении

Завершающая фаза: игрок приземляется на согнутые ноги недалеко от кольца, принимает положение равновесия и готовится

к борьбе за отскок в случае промаха. После броска игрок приземляется на согнутые ноги недалеко от корзины и готовится к борьбе за отскок в случае промаха. Чтобы укрыть мяч туловищем от противника, при проходе к щиту применяется бросок одной рукой сверху «со скачком». Игрок отталкивается правой ногой и сильно прыгает вперед. Находясь в воздухе, он ловит мяч, повернувшись к противнику спиной.

Приземление также следует на правую ногу. Затем игрок делает второй шаг левой ногой и, подпрыгнув, бросает мяч в корзину.

Бросок одной рукой в прыжке – основной способ атаки корзины с самых различных дистанций. Выполняется с места, после ведения. При выполнении броска с места из положения стойки игрок отталкивается двумя ногами вверх, одновременно поднимая руки с мячом выше уровня головы и перекладывая мяч на бросающую руку. Свободная рука поддерживает его. В высшей точке прыжка игрок, опуская поддерживающую руку, заканчивает разгибание руки с мячом вверх, немного вперед, завершая движение активной направляющей работой кисти. Туловище грудью развернуто к корзине, держится вертикально или отклонено назад, ноги расслаблены. Приземление происходит одновременно на обе ноги (рис. 21).

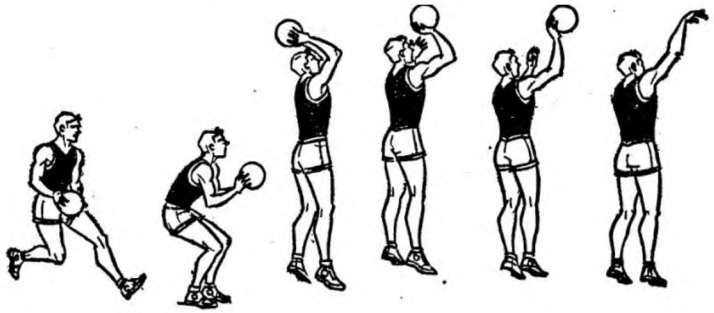


Рис. 21. Бросок одной рукой сверху в прыжке

Для эффективного обыгрывания защитника необходимы высокое положение мяча перед завершающим разгибанием руки, выпрямление ее вверх, умение бросать мяч с отклонением туловища, в высшей точке прыжка, при взлете, при опускании, а также большая быстрота подготовительных движений («скорострельность броска»).

При броске после бега или ведения надо принять устойчивое положение перед толчком. Для этого, ловя мяч, игрок опережает ногами туловище, ставя их на площадку последовательно или одновременно небольшим прыжком. В момент, когда плечи оказываются над опорой, начинается активное разгибание ног и движение рук с мячом вверх, завершающееся отталкиванием. Далее бросок выполняется так же, как и бросок с места.

Добивание мяча выполняют одной или двумя руками в прыжке, после того, как он отскакивает от щита, и пролетает вблизи корзины. Выпрыгнув вверх, игрок поднимает мяч на раскрытую кисть слегка согнутой в локте руки и пальцами толкает его по направлению к корзине.

Бросок одной рукой сверху в прыжке (бросок в прыжке) – основное средство нападения в современном баскетболе. Есть несколько разновидностей данного броска. Выбирают их в зависимости от дистанций и особенностей противодействия защитника.

Штрафной бросок. При изучении этого броска внимание концентрируется не только на технике, но и на процедуре подготовки выполнения. На начальном этапе обучения лучше использовать способ двумя руками сверху, который позволяет в последующем быстрее перейти к броску одной рукой. Необходимо объяснить правила прицеливания (на передний край корзины), уточнить исходное положение, научить расслаблению и подготовке к броску (сосредоточиться, освободиться от излишнего напряжения), выполнению броска в постоянном ритме, с постоянной амплитудой движений.

Рекомендуемые упражнения.

Подготовительные упражнения для обучения броскам мяча в корзину включает упражнения для развития подвижности в кистевых, локтевых и плечевых суставах и принятие исходных положений перед броском. Перемещения и остановки с принятием исходных положений для броска.

Разучивание техники броска одной рукой от плеча в движении с двух шагов с атакой на щит (без мяча).

Подводящие упражнения:

- многократное принятие исходных положений;

- выполнение занимающимися передач друг другу с траекторией, свойственной броску;

- то же, но акцентировать внимание занимающихся на работе рук, кистей, ног и их согласованность;

- броски в корзину изучать в следующей последовательности: двумя руками от груди и сверху с места, бросок одной рукой с места и одной рукой от плеча в движении, штрафной бросок в прыжке и добивание.

Специальные упражнения:

- построение в колоннах. На месте штрафного броска принять исходное положение;

- встать на линию штрафного броска, выполнить один-два удара мячом в площадку и принять исходное положение;

- то же, но перед броском сделать вдох и в момент броска задержать дыхание;

- то же, что и в первых 3 упражнениях, но выполнить сам бросок, поймать мяч после броска, передать следующему в колонне и перейти в конец колонны;

- то же, в колоннах под углом к щиту, первый выполняет бросок одной рукой сверху, в движении подбирает мяч, передает следующему и идет в конец колонны;

- то же, но занимающийся выполняет набрасывание мяча себе на ходу, ловит его в прыжке и выполняет атаку корзины с 2 шагов;

- то же, но упражнение проводится в 2 колоннах. После броска на подбор мяча выходит занимающийся из другой колонны с последующим переходом в другую колонну;

- то же, но выходящий на подбор занимающийся выполняет добивание мяча в случае, если мяч не попал в корзину.

3.2. Техника игры в защите

Независимо от функций, выполняемых в нападении, все игроки команды должны уметь эффективно защищаться. Для этого необходимо владеть приемами защиты. Техника защиты подразделяется на две основные группы:

- техника передвижений;

- техника овладения мячом и противодействие.

Обучение технике противодействия и овладения мячом начинается сразу же вслед за тем или иным изученным приемом техники владения мячом.

Техника передвижения. Стойка при игре в защите отличается от стойки при игре в нападении положением рук, она изменяется в зависимости от ситуации. Если защитник далеко расположен от

нападающего без мяча, руки его свободно согнуты в локтях. Если нападающий владеет мячом и еще не перешел на ведение, одну руку защитник направляет к мячу, а другую опускает в сторону возможного прохода. Если нападающий использовал ведение, то защитник направляет обе руки в сторону мяча. Положение защитника изменяется в зависимости от обстановки (рис. 22).

При удержании игрока, находящегося слева или справа, защитник выставляет вперед ту ногу, которая затруднит проход вдоль нападающей боковой или лицевой линии, то есть ближайшую к нему ногу. При движении игрока, расположившегося по середине площадки, ноги ставят параллельно или выставляют ту ногу, со стороны которой подопечный игрок наиболее эффективно выполняет проходы. Изменение направления и характер передвижения защитника, как правило, зависят от действий нападающего.

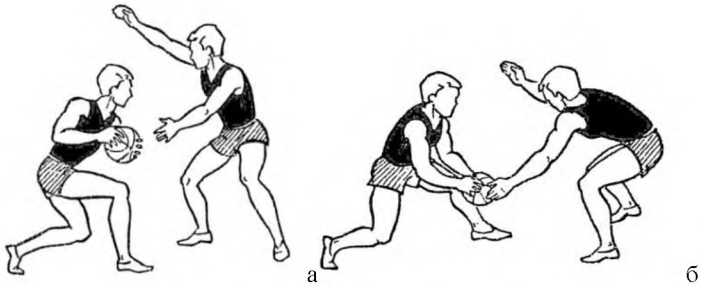


Рис. 23. Стойки баскетболиста в защите:
а – стойка с параллельной постановкой ног;
б – стойка с выставленной вперед ногой

Поэтому защитник всегда должен сохранять положение равновесия и быть готовым переместиться в нужном направлении, все время изменяя направление бега в стороны, вперед, назад (часто спиной вперед).

Техника овладения мячом и противодействия. *Выбивание мяча из рук противника.* Защитник сближается с нападающим, активно препятствуя его действиям. Для этого он выполняет неглубокие выпады с вытянутой к мячу рукой, отступая затем в исходное положение (рис 24, I).

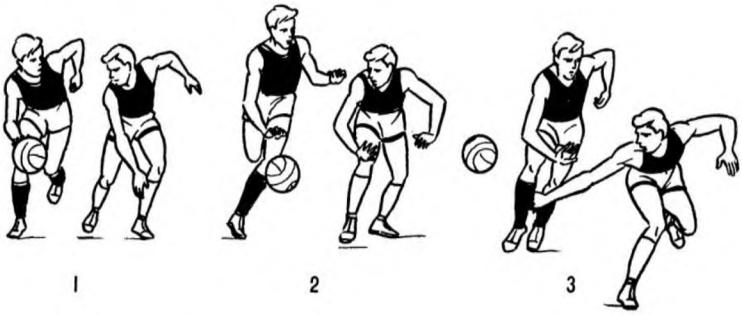


Рис. 24. Выбивание мяча у противника при ведении

Выбивание (сверху или снизу) осуществляется резким, коротким движением кисти с плотно прижатыми пальцами. Рекомендуется выбивать мяч в момент ловли и преимущественно снизу. Особенно эффективно выбивание мяча снизу из рук приземляющегося противника, который поймал мяч в высоком прыжке и не принял необходимых мер предосторожности (рис 24, 2).

Выбивание мяча при ведении. Защитник должен отступить или слегка отпрыгнуть назад, отсечь противнику путь к корзине и скользящим шагом преследовать его, оттесняя к боковой линии. Затем защитнику следует набрать такую же скорость, как у нападающего, и, определив ритм ведения, выбить мяч ближайшей к противнику рукой в момент отскока мяча от площадки (рис 24, 3).

Рекомендуемые упражнения.

Подготовительные упражнения включают комплекс на развитие силы мышц рук, плечевого пояса, быстроты движения, скорости перемещения.

Подводящие упражнения:

- в парах: имитация выполнения приёма;
- изучения приёма в искусственно созданных условиях при умеренной активности занимающихся;
- специальные упражнения в работе.

Специальные упражнения при выбивании мяча:

- в парах: один держит мяч, задача другого – выбить у него мяч сверху или снизу в зависимости от высоты держания мяча;
- то же, но владеющий мячом удерживает его, перемещая мяч в различных направлениях;

- то же, но мяч выбить у игрока, выполняющего повороты.

Специальные упражнения для обучения технике выбивания мяча при ведении:

- в парах: первый выполняет ведение мячом на месте, второй, находясь рядом в стойке защитника со стороны ведущей руки, боковым движением старается выбить мяч;

- то же, но защитник расположен лицом к нападающему;

- то же, но нападающий выполняет ведение и укрывает мяч корпусом.

Вырывание мяча. Если защитнику удалось захватить мяч, то, прежде всего, следует попытаться вырвать его из рук противника. Для этого нужно захватить мяч возможно глубже, после чего резко рвануть к себе, сделав одновременно поворот туловищем. Мяч надо поворачивать вокруг горизонтальной оси, что облегчает преодоление сопротивления противника.

Рекомендуемые упражнения.

Комплекс упражнений для развития подвижности и силы кистевых и плечевых суставов, упражнения с сопротивлением партнёра, упражнения с набивными мячами, кистевым эспандером:

- держание и сильный обхват мяча;

- в парах. Имитация выполнения приёма в различных исходных положениях;

- в парах. Перетягивание мяча в различных исходных положениях: сидя, стоя на коленях, лёжа, стоя.

Специальные упражнения для обучения вырыванию мяча:

- первый стоит с мячом в основной стойке, второй, захватив мяч, по команде вырывает его способом, указанным преподавателем;

- то же, но первый выполняет повороты с мячом вперед и назад, не укрывая мяч. Второй должен, выбрав момент, захватить мяч и вырвать его;

- то же, но первый выполняет повороты, стараясь укрыть мяч;

- вырывание мяча из рук соперника при его активном противодействии: в исходном положении оба игрока обхватывают мяч в положении стоя, стоя на коленях, сидя на полу и т.п.;

- мяч лежит на площадке между двумя игроками, по сигналу преподавателя они стремятся обхватить мяч и вырвать его друг у друга;

- то же, но после рывка на 3-5 м из различных исходных положений для овладения летящим или катящимся мячом.

Методические указания. Перехват стремиться выполнять тогда, когда мяч отдаляется от рук передающего игрока. После броска нападающего защитник должен преградить сопернику путь к щиту, занять устойчивое положение, а затем бороться за отскок, быстро и своевременно выпрыгивая для овладения мячом (рис. 25).



Рис. 25. Овладение мячом при борьбе за отскок у своего щита

Контрольные вопросы

1. Виды стоек в баскетболе.
2. Передвижения по площадке в баскетболе.
3. Виды передач мяча в баскетболе.
4. Техника выбивания мяча из рук в баскетболе.

4. Особенности организации проведения подвижной игры

Мероприятия по организации и проведению подвижной игры включают следующие компоненты: определение места руководителя игры и играющих, объяснение игры, распределение на команды, определение капитанов, руководство игровыми действиями, подведение итогов.

Начиная игру, необходимо построить играющих таким образом и в такое исходное положение, из которого они начнут играть. Преподавателю при объяснении игры важно занять такое место, откуда его хорошо видят и слышат студенты, и он сам видит всех. Качественное объяснение игры является важнейшим условием успешности ее проведения. Изложение сути игры должно быть кратким, логичным, последовательным и может быть построено по следующей схеме: название игры, роль играющих и места их расположения, ход игры, конечная цель, и правила. Целесообразно отметить допустимые зоны перемещения игроков, меры предосторожности, объяснение игры сочетать с демонстрацией ее содержания. Подробное объяснение игры требуется, если она проводится впервые, а при повторном проведении – напомнить основные моменты и правила игры.

При распределении игроков на команды, следует стремиться к тому, чтобы команды были равными по количеству и подготовленности студентов. Желательно избегать назначения капитанами команд одних и тех же студентов.

Руководство игровыми действиями заключается, прежде всего, в осуществлении объективного и точного судейства, правильной дозировке физической нагрузки и своевременном окончании игры.

Правильное и четкое судейство в подвижной игре – залог воспитания у студентов честности, уважения к судье и соперникам. Замечания и разъяснения, касающиеся судейства, рекомендуется проводить по окончании игры, не вступая в спор со студентами.

Методические приемы, позволяющие относительно точно регулировать нагрузку в подвижной игре:

а) уменьшение или увеличение площадки для игры;

б) сокращение (увеличение) преодолеваемого расстояния;

в) изменение числа препятствий, инвентаря, повторений;

г) увеличение (сокращение) времени игры;

д) организация кратковременных перерывов;

е) введение усложненных (упрощенных) правил игры.

Оканчивать игру нужно своевременно и тактично: преждевременное окончание не принесет желаемого образовательного эффекта, а затягивание не вызовет положительных эмоций участников. Давать сигнал об окончании игры лучше всего, когда студенты удовлетворены ею, но еще не утомились. Определение результатов игры, неверных действий, допущенных ошибок имеет существенное воспитательное значение. При подведении итогов важно учитывать не только быстроту и правильность действий в игре, но и волю к победе, взаимовыручку, товарищество, дисциплинированность. Результаты игры рекомендуется согласовывать со своими помощниками по судейству.

Следует отметить наиболее отличившихся студентов, нарушителей правил, обязательно указать, в чем и когда они отличились либо совершили ошибки. Соблюдение вышеуказанных методических рекомендаций поможет преподавателям вузов максимально эффективно организовать и провести подвижную игру со студентами на занятии.

4.1. Подвижные игры с элементами баскетбола

Эстафета. Играют две – три команды, которые выстраиваются в колонны по одному у лицевой линии. Перед каждой колонной расставляются 4-5 стоики на расстоянии 1,5-2 м. По сигналу студенты, стоящие первыми начинают бег с ведением мяча, обегая стойки змейкой. Обегают последнюю стойку, возвращаются назад, передают мяч, а сами встают в конец колонны. Команда, игроки которой первыми выполнили упражнение, выигрывает.

Передал – садись! Играющих выстраивают в две – три колонны. Перед ними на расстоянии 2-4 м встают капитаны с мячами в руках. По сигналу капитаны передают мяч двумя руками от груди (или одной рукой от плеча) первым игрокам в колонне, которые ловят его, возвращают тем же способом обратно и принимают положение упора присев. Затем следует передачи вторым игрокам и т.д. Когда последний в колонне передает мяч капитану, тот поднимает его вверх – и вся команда быстро встает. Команда, сделавшая это раньше, побеждает.

Быстрая передача. Играющие в парах. Расстояние между учениками 4-5 м. По сигналу они начинают передавать мяч заданным

способом. Пара, быстрее всех сделавшая 10 (15,20) передач, выигрывает.

Бросай – беги. Играющие стоят в двух разомкнутых на 3-4 шага шеренгах. Одна шеренга рассчитывается на первый-второй, а другая на второй-первый. Первые номера – одна команда, вторые – другая.

У края каждой шеренги лежат мячи. По сигналу крайние игроки берут мяч, передают его по диагонали игроку своей команды, стоящему напротив, и сами бегут вслед за мячом. Игрок, получивший, передает его по диагонали игроку, стоящему напротив, и сам бежит на его место и т. д. Когда мяч достигнет крайних игроков, они ведут мяч, обегая противоположную колонну, на место игрока, начавшего передачу первым, и передают мяч по диагонали напротив, т.е. игра начинается сначала. Игра заканчивается, когда игроки, начавшие передачу первыми вернуться на свои места. Команда, сделавшая это первой, выигрывает.

Мяч среднему. Играющих делят на две команды, которые образуют два круга. В центре каждого круга становится игрок с баскетбольным мячом. По сигналу игроки в центре поочередно бросают мяч своим игрокам и получают его обратно. Получив мяч от последнего, игрок в центре поднимает его вверх. Можно ввести дополнительное упражнение: игрок, получивший мяч от центрового, сначала должен ударить мячом о пол и только после этого передать мяч обратно.

Эстафета с ведением мяча. Играющие в двух – трех колоннах выстраиваются параллельно друг другу у лицевой линии. По сигналу первые ведут мяч до отмеченного места, останавливаются, бросают мяч в стену и ловят (вращают его вокруг себя; переводят с ведением мяч под ногой; и т. д.) С ведением возвращаются в конец колонны и прокатывают мяч первому под ногами всех участников. Следующие все повторяют. Команда, закончившая первой, побеждает.

Борьба за мяч. Играют две команды на баскетбольной площадке. Преподаватель в центре подбрасывает мяч между капитанами, которые стараются отбить его одному из своих игроков. Овладев мячом, игроки передают мяч друг другу (можно с ведением), а игроки противоположной команды пытаются овладеть мячом. Команда, сделавшая 10 передач подряд, получает очко. После

этого игру начинают с центра. Команда, набравшая большее количество очков, побеждает.

Колесо. Играющие стоят в колоннах по три, расставленных лучами по окружности лицом от центра. У первых игроков по мячу. По свистку первые игроки бегут с ведение мяча по кругу, обегая колонны (в одном заданном направлении). Добегая до своей колонны, передают мяч из рук в руки первому, а сами встают в конец колонны. И так до тех пор, пока первый вновь не становится в начале. Выигрывает команда, выполнившая задание первой.

Гонка мячей по шеренгам. Две команды выстраиваются шеренгами. У первых игроков по мячу. По сигналу мяч передается стоящему рядом, тот следующему и так до последнего, который в том же порядке передает его назад. Передачи следуют обусловленным способом. Количество игроков в шеренгах одинаково. Выигрывает команда, закончившая передачи первой.

Вызов номеров. Две равные команды встают за лицевой линией с обеих сторон щита. Рассчитываются по порядку номеров, которые сохраняются за игроками на все время игры. Перед каждой командой ставится мяч. Преподаватель называет номер игрока, например, три. Оба третьих номера выбегают вперед, берут мяч и ведут его до стоек, обводя их, и возвращаются назад, поставив мяч на прежнее место. Затем вызываются другие номера. За каждого игрока, пришедшего первым, команда получает очко. За пять минут нужно набрать большее количество очков.

Эстафета с ведением мяча и броском в корзину. Две команды за чертой в колоннах. Сигнал – первые игроки ведут мяч до щита, бросают в корзину, в случае промаха подбирают мяч и бросают снова до попадания, затем с ведением возвращаются в колонну назад. Передав мяч следующему, стать в конец колонны. При проведении эстафеты второй раз команды меняются местами.

Мяч своему. Две команды по 6-7 игроков. Один из игроков становится в круг (диаметр 2 м) – ловящий. Другой игрок (защитник) становится около круга соперников. Остальные располагаются произвольно. После розыгрыша в центре завладевшие мячом, передавая мяч друг другу, стараются подвести его к кругу и передать своему ловящему. Выигрывает команда, ловящий которой поймал мяч большее число раз за определенное время (5-10 мин). Игра по баскетбольным правилам.

Баскетбольные салочки. Одна команда, владея мячом, водя его и передавая друг другу, старается осалить мячом игроков другой команды. Салить можно, только не выпуская мяч из рук. Пробежки и осаливание броском мяча не допускаются. Осаленные садятся на скамейку. Затем команды меняются ролями. Играют оговоренное время, выигрывает команда, осалившая большее число соперников; если играют до осаливания всех игроков убегающей команды, то выигрывает команда, справившаяся с задачей быстрее.

Контрольные вопросы

1. Что включает мероприятия по организации и проведению подвижной игры?
2. Какие методические приемы, позволяют регулировать нагрузку в подвижной игре?
3. Какие подвижные игры с элементами баскетбола вы знаете?

Рекомендуемая литература

1. Безбородов, А. А. Физическая культура: практические занятия по баскетболу / А. А. Безбородов, С. А. Безбородов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 112 с.

2. Коновалов, В. Л. Баскетбол : учебное пособие / В. Л. Коновалов, В. А. Погодин. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 84 с.

3. Мансурова, Н. И. Баскетбол в вузе: теоретические и практические аспекты : учебное пособие / Н. И. Мансурова ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2020 94 с.

4. Нестеровский, Д. И. Баскетбол. Теория и методика обучения приемам игры: учебное пособие / Д. И. Нестеровский, Т. А. Пашкова, А. И. Горбачев. – Пенза: ПГУАС, 2023 – 139 с.

5. Подвижные игры в физическом воспитании : учебно-методическое пособие / сост. И. В. Ветрова [и др.]. – Красноярск : КГПУ им. В. П. Астафьева, 2019. – 426 с.

6. Подвижные игры в физическом воспитании школьников и сту-дентов : учебно-методическое пособие / сост. С. А. Лешкевич, В. А. Лешкевич. – Севастополь : СевГУ, 2022. – 92 с

Учебное издание

Ишкина Ольга Александровна
Аксенов Денис Александрович

Элективные курсы по физической культуре и спорту. Спортивные и подвижные игры.

Обучение игре в баскетбол

Методические указания

В авторской редакции

Подписано в печать 17.09.2024 г. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 2,4, печ. л. 2,6
Тираж 50. Заказ № 263.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр 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
«Самарский государственный аграрный университет»

В. А. Мезенцева, С. С. Петрова

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ
Общая физическая подготовка

Учебно-методическое пособие

Кинель 2024

УДК 796/799
ББК 75я7
М44

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Р е ц е н з е н т ы :

Д. В. Романов, канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрой «Педагогика, философия и история», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ;

И. А. Васельцова, канд. пед. наук, доцент зав. кафедрой «Физвоспитание и спорт», ФГБОУ ВО СамГУПС

Мезенцева, В. А.

М44 Элективные курсы по физической культуре и спорту. Общая физическая подготовка : учебно-методическое пособие / В. А. Мезенцева, С. С. Петрова. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 150 с. **ISBN 978-5-88575-746-1**

В учебно-методическом пособии представлена методика практических занятий дисциплины «Элективные курсы по физической культуре и спорту. Общая физическая подготовка». Рассматриваются вопросы реализации методических подходов проведения занятий с обучающимися по общей физической подготовке: развитие скоростных способностей, развитие координационных способностей, развитие гибкости, развитие силовых качеств, развитие выносливости, развитие скоростно-силовых качеств.

Предназначено для обучающихся по всем направлениям подготовки.

УДК 796/799
ББК 75 я 7

ISBN 978-5-88575-746-1

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2024
© Мезенцева В. А., Петрова С. С., 2024

Оглавление

Предисловие 4
1. Развитие скоростных способностей 5
1.1. Обучение технике бега на короткие дистанции 5
1.2. Совершенствование техники бега на короткие дистанции 19
1.3. Прием контрольных нормативов 20
2. Развитие координационных способностей 22
2.1. Обучение технике прыжков через скакалку 22
2.2. Совершенствование техники прыжков через скакалку 36
2.3. Обучение и совершенствование «Челночный бег 3×10 (с)»..... 37
2.4. Прием контрольных нормативов 42
3. Развитие гибкости 44
3.1. Гимнастика (Оздоровительная гимнастика – девушки, атлетическая гимнастика – юноши) 48
3.2. Прием контрольных нормативов 110
4. Развитие силовых качеств 112
4.1. Обучение и совершенствование техники сгибание и разгибание рук в упоре лежа 112
4.2. Обучение и совершенствование техники подъем туловища в сед из положения лежа..... 114
4.3.Обучение и совершенствование техники подтягивание на высокой и низкой перекладине 116
4.4. Обучение и совершенствование техники рывок гири 119
4.5. Прием контрольных нормативов 125
5. Развитие выносливости 129
5.1. Обучение техники бега на средние дистанции 129
5.2. Совершенствование техники бега на средние и длинные дистанции 135
5.3. Прием контрольных нормативов 136
6. Развитие скоростно-силовых качеств 137
6.1. Обучение и техника метания гранаты 137
6.2. Совершенствование техники метание гранаты 142
6.3. Обучение техники прыжка в длину с места 143
6.4. Совершенствование техники прыжка в длину с места 145
6.5. Прием контрольных нормативов 146
Рекомендуемая литература 148

Предисловие

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с рабочими программами по дисциплине «Элективные курсы по физической культуре и спорту. Общая физическая подготовка» для студентов всех форм обучения.

Целью данного учебно-методического пособия является оказание методической помощи обучающимся в развитии основных двигательных качеств и оптимизации общей физической подготовки, а также в повышении спортивного мастерства в избранном виде спорта.

В издании представлены методические подходы реализации разделов рабочей программы по дисциплине «Элективные курсы по физической культуре и спорту», таких как: развитие скоростных способностей, развитие координационных способностей, развитие гибкости, развитие силовых качеств, развитие выносливости, развитие скоростно-силовых качеств.

Элективные курсы по физической культуре и спорту в учебном заведении Самарского ГАУ являются важным элементом образовательной программы, способствуя подготовке высококвалифицированных специалистов по программам «бакалавр и «специалист».

Элективные курсы по физической культуре и спорту должны способствовать формированию активной жизненной позиции будущих специалистов, способствовать воспитанию людей неравнодушных, обладающих высокими гражданскими качествами, умеющих качественно и производительно работать, готовых, если понадобится, к защите страны.

Перед молодежью сегодня стоит задача интегрировать отечественный культурный потенциал в мировое сообщество. Для этого необходимы специалисты, отвечающие современным требованиям и обладающие глубокими знаниями по специальности, высокой физической подготовкой, личной духовностью и неофициальными лидерскими качествами. Развитие физической культуры в стране сегодня стремится к демократизации и гуманизации педагогического процесса, что способствует формированию современного специалиста, включая агропромышленную отрасль.

Данное учебно-методическое пособие может расширить знания о видах и формах физического совершенствования, научит эффективно использовать физические упражнения, составлять программы тренировок, научит владеть средствами физической культуры, средствами повышения физической подготовленности.

1. Развитие скоростных способностей

Скоростные способности – это возможности человека, которые обеспечивают выполнение двигательных действий в кратчайший для данных условий промежуток времени.

1.1. Обучение технике бега на короткие дистанции

Бег на короткие дистанции характеризуется относительной непродолжительностью работы при максимальной ее интенсивности.

Обучение технике бега на короткие дистанции целесообразно начать с обучения технике бега вообще. Задачи обучения на начальном этапе состоят в следующем.

1. Научить основам техники правильного бега в медленном (120-140 шагов в мин) и быстром темпе (положение туловища и головы, постановка ноги на опору, вынос вперед маховой ноги, движение рук).

2. Научить технике высокого старта (рис. 1.1).

Методическая последовательность обучения:

1. Исходное положение (и. п.) – стоя на носках. Ходьба на месте с постановкой ног на переднюю часть стопы (пятки не касаются опоры).

2. И. п. – стоя на носках. Бег на месте с постановкой ног на переднюю часть стопы.

3. Бег на месте на передней части стопы, с последующим переходом на бег с продвижением вперед:

а) в медленном темпе;

б) в быстром темпе;

в) чередуя упражнения в медленном и быстром темпе.

4. Бег в коридоре шириной 50 см (с целью обучения прямолинейному бегу).

Бег по разметкам: 60, 70, 80 см (с целью обучить бегать с различной длиной шага).

Бег по разметкам 60, 70, 80 см в коридоре шириной 50 см.

5. Бег на месте с различной частотой движений в единицу времени (например, за 10 с выполнить 10 и 15 шагов, 8 и 10 шагов).

6. Бег с продвижением вперед с разной частотой шага в единицу времени (например, за 10 с выполнить 10 и 15 шагов, 8 и 10 шагов).

Технику бега принято условно делить на следующие фазы: старт, стартовый разгон, бег по дистанции и финиширование.



Рис. 1.1. Высокий старт

Методика обучения технике высокого старта:

1. По команде: «На старт!» обучающийся подходит к стартовой линии, ставит сильнейшую ногу носком к линии, не переступая ее, другую отставляет назад, упираясь носком в грунт.

2. Плечо и рука, разноименные выставленной вперед ноге, выносятся вперед, другая рука отведена назад.

3. По команде: «Внимание!» обучающийся сгибает обе ноги таким образом, чтобы вес тела распределялся в направлении впереди стоящей ноги (туловище наклонено вперед).

4. По команде: «Марш!» обучающийся отталкивается от грунта впереди стоящей ногой, маховая нога (сзади стоящая) активно выносится вперед от бедра, руки работают перекрестно.

Методическая последовательность обучения технике высокого старта:

1. Старты во время ходьбы в наклоне, выполняемые по сигналу преподавателя или при подходе к определенной отметке.

2. Старты «падением» из положения стоя на двух ногах (на носках) и на одной (толчковой) ноге.

3. Старты «падением» из положения согнувшись вперед (в наклоне), руки опущены вниз или на коленях.

4. И. п. – стойка в широком шаге с наклоном вперед, сильнейшая (толчковая) нога впереди. Руки полусогнуты в локтевых суставах, одна впереди, другая, одноименная выставленной вперед ноге, отведена назад. Имитация активного выноса вперед сзади стоящей ноги от бедра в сочетании с перекрестной работой рук.

5. Высокий старт из положения стоя, поставив вперед сильнейшую (толчковую) ногу.

Методические указания. Начинать обучение технике бега со старта следует тогда, когда занимающийся научился бежать с максимальной скоростью без возникновения скованности. Следить, чтобы обучающиеся на старте выносили вперед плечо и руку, разноименные выставленной вперед ноге. По мере усвоения старта необходимо увеличивать наклон туловища, довести его до горизонтального и стараться сохранять наклон возможно дольше. К выполнению старта по сигналу переходить только после уверенного усвоения техники старта.

Методика обучения технике старта с опорой на одну руку (разновидность высокого старта) (рис. 1.2*)*:

1. Старт с опорой на одну руку – вариант высокого старта – применяется, кроме того, как упражнение, подводящее к низкому старту.

2. В отличие от высокого старта по команде: «На старт!», ноги здесь согнуты сильнее, вес тела больше переносится вперед. Рука, противоположная ноге, выставленной вперед, касается грунта, другая, согнутая в локте, отведена назад.

3. По команде: «Внимание!» тяжесть тела переносится на руку и толчковую ногу.

4. По команде: «Марш!» обучающийся отталкивается от грунта рукой и обеими ногами. Первые шаги следует делать с большим наклоном, постепенно уменьшая его.

Методическая последовательность обучения технике старта с опорой на одну руку:

1. Принятие положения высокого старта с опорой на одну руку по команде: «На старт!».

2. Перенос тяжести тела вперед с опорой на одну руку и впереди стоящую ногу по команде: «Внимание!», вернуться в положение «На старт!».

3. Бег с высокого старта с опорой на одну руку без сигнала.

4. Бег с высокого старта с опорой на одну руку по сигналу преподавателя.



Рис. 1.2. Высокий старт с опорой на одну руку

Для обеспечения удобства и прочности опоры ног используются стартовые колодки (рис.1.3) или стартовые станки.

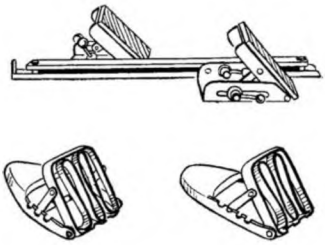


Рис. 1.3. Стартовые колодки

Методика обучения технике низкого старта (рис. 1.4). Низкий старт – наиболее распространенный способ начала спринтерского бега, так как позволяет быстрее начать бег и развить максимальную скорость на коротком отрезке.

При обычном старте расстояние от стартовой линии до первой колодки 1,5-2 стопы, такое же расстояние от первой до второй колодки. Для начинающих спортсменов можно применять расстановку по длине голени, т. е. расстояние до первой колодки и от первой до второй равно длине голени.

При сближенном старте расстояние от стартовой линии до первой колодки – 1,5 стопы, от первой до второй – 1 стопа.

При узком старте расстояние от стартовой линии до первой колодки не меняется, а меняется расстояние от первой до второй колодки от 0,5 стопы и меньше.

Применение старта зависит от индивидуальных возможностей каждого спортсмена, в первую очередь от силы мышц ног и реакции спортсмена на сигнал.

По команде: «На старт!» обучающийся перешагивает через стартовую линию и встает так, чтобы колодки оказались позади него, далее обучающийся приседает, ставит руки на грунт, упирается стопой сильнейшей ноги в опорную площадку задней колодки. Затем он опускается на колено ноги, упирающейся в заднюю колодку, подтягивает руки за стартовую линию и ставит их вплотную к ней таким образом, чтобы опора тела приходилась на кисти, большие пальцы были повернуты внутрь, а остальные – наружу (можно опираться на кисти с согнутыми пальцами).

Руки в локтях должны быть выпрямлены, но не напряжены, плечи – слегка падать вперед. Спину следует округлить, но не напрягать. Голова свободно продолжает линию тела, а взгляд устремлен вперед на расстояние 0,5-1 м от стартовой линии.

По команде: «Внимание!» обучающийся отрывает колено ноги, упирающейся в заднюю колодку, от земли, поднимает таз несколько выше плеч и подает туловище вперед-вверх. Тяжесть тела перемещается на руки и впереди стоящую ногу. Переходить из положения «На старт!» в положение «Внимание!» следует плавно. Затем надо прекратить всякие движения, ожидая выстрела или команды: «Марш!».

После выстрела или команды: «Марш!» обучающийся отрывает руки от дорожки и одновременно отталкивается от колодок. Первой от колодки отрывается сзади стоящая нога, которая выносится вперед и слегка внутрь бедром.

Чтобы сократить время и путь прохождения стопы от колодки до места ее постановки на грунт, первый шаг должен быть стелющимся, т.е. проносить стопу нужно возможно ближе к земле.

Благоприятные условия для наращивания скорости бега в возможно более короткий срок создаются благодаря достаточно острому углу отталкивания от колодок и наклонному положению тела спринтера при выходе со старта.

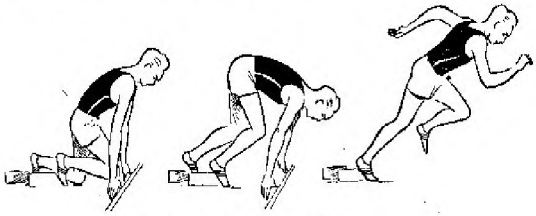


Рис. 1.4. Низкий старт

Методическая последовательность обучения технике низкого старта:

1. Старты из различных и. п.:

- из положения стоя согнувшись;
- из упора лежа согнувшись;
- из упора стоя на коленях;
- из упора стоя на одном колене (маховой ноги), туловище прямо, руки опущены вниз.

2. Стоять на сильно согнутой толчковой ноге, туловище

горизонтально, другую ногу (прямую) отвести назад. Руки полусогнуты, одна впереди, другая сзади. Из этого положения начать бег, сохраняя горизонтальное положение туловища как можно дольше.

3. Наклоны туловища в ходьбе. Впереди стоящая нога согнута, руки опущены. По сигналу преподавателя – резкое движение вперед головой и плечами. Нога, стоящая сзади, активным движением бедра выносится вперед по кратчайшему пути, а нога, стоящая впереди, с нарастающим усилием проталкивает обучающегося вперед, он принимает положение, как при беге с низкого старта в момент ухода с колодок, и переходит на бег.

4. Выполнение команд: «На старт!» (рис. 1.5) и «Внимание!» без стартовых колодок. Преподаватель проверяет правильность принятия стартовых положений, занимающихся и устраняет ошибки. Только после того как все обучающиеся освоят стартовые позиции, можно переходить к обучению бегу с низкого старта.

5. Бег с низкого старта без колодок (без сигнала и по сигналу преподавателя). Выполнение низкого старта без стартового сигнала необходимо для того, чтобы обучающиеся могли сосредоточить внимание на правильности формы и ритма движений, а не на быстроте и силе выполнения.



Рис. 1.5. Выполнение команды «На старт»

6. Установка стартовых колодок.

7. Выполнение команд: «На старт!», «Внимание!» (рис. 1.6) с колодок. Положение по команде: «Внимание!» сохранять неподвижно 2-3 с.



Рис. 1.6. Выполнение команды «Внимание»

8. Выталкивание от стартовых колодок без шага приземления на руки. Впереди колодок можно положить мат для смягчения падения на кисти.

9. Прыжки в длину с места из положения низкого старта с колодок. Упражнения 8 и 9 выполняются для овладения техникой отталкивания.

10. Бег с низкого старта с колодок без сигнала.

11. Бег с низкого старта с колодок по сигналу преподавателя (команда: «Марш!» (рис. 1.7) выстрел стартового пистолета, свисток), таким образом обучающимся дается установка на быстрое выполнение первого шага.

Ошибки, допускаемые при выполнении низкого старта:

1. Голова закинута назад, потому что обучающийся смотрит в направлении финиша – спина прогибается.

2. Руки не выпрямлены – центр тяжести сдвинут назад.

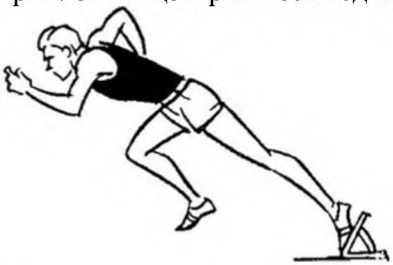


Рис. 1.7. Выполнение команды «Марш»

Ошибки, допускаемые при выполнении низкого старта:

1. Голова закинута назад, потому что обучающийся смотрит в направлении финиша – спина прогибается.

2. Руки не выпрямлены – центр тяжести сдвинут назад.

3. Руки опираются, под углом – тяжесть тела чрезмерно переносится назад.

4. Спина прогибается.

5. Обучающийся «сидит», слишком отклонив туловище назад.

6. Таз поднят очень высоко – ноги почти выпрямлены.

7. Обучающийся слишком сильно опирается на руки.

8. Выпрямление произошло до того, как ноги сделали первое движение.

9. Маховая нога поднимается чрезмерно высоко.

10. Обе руки слишком отводятся назад.

Методика обучения технике стартового разгона. Стартовым разгоном (рис. 1.8) называют бег на начальном участке дистанции после старта, где обучающийся развивает скорость, близкую к максимальной, и постепенно принимает характерное для бега по дистанции положение, чтобы обеспечить плавное увеличение длины шага и соответственно скорости бега. В начале стартового разгона обучающийся должен сохранять достаточный наклон тела вперед, но не чрезмерный (во избежание падения). Чем лучше у обучающегося развиты скоростно-силовые качества, тем в большем наклоне он сможет удержать туловище, чтобы обеспечить себе благоприятные условия для отталкивания.

Важнейшая задача преподавателя при обучении стартовому разгону – научить постепенному выпрямлению туловища.

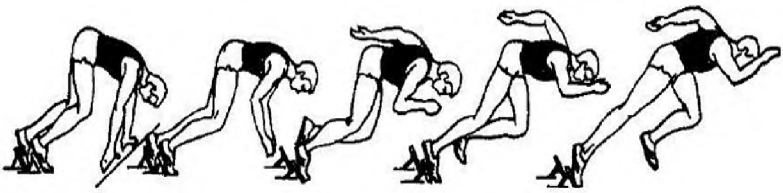


Рис. 1.8. Старт и стартовый разгон

Методическая последовательность обучения технике стартового разгона:

1. Выбегание с низкого старта под «воротами», сделанными из веревки, резиновой ленты или планки для прыжков в высоту на 1,5-2 м от линии старта.

2. Выбегание с низкого старта «на вожжах в упряжке» с преодолением сопротивления. Партнер удерживает стартующего длинной резиновой лентой, скакалкой, пропущенной под мышками бегущего.

3. Выбегание с низкого старта с сопротивлением партнера. Партнер, стоя лицом к стартующему в наклоне, одна нога впереди, упирается прямыми руками в его плечи. С выбеганием бегуна со старта партнер продолжает оказывать умеренное сопротивление, отбегая спиной вперед.

4. Бег с низкого старта (10-15 м) с сохранением оптимального наклона туловища.

Методические указания. Если обучающийся с первых шагов после старта преждевременно выпрямляется, целесообразно увеличить расстояние от колодок до стартовой линии или установить на старте наклонную рейку, ограничивающую возможность подъема. Хорошим упражнением для устранения преждевременного выпрямления бегуна со старта является начало бега из высокого стартового положения с опорой рукой и горизонтальным положением туловища.

Обучая низкому старту, необходимо на первых занятиях указать занимающимся, чтобы они не начинали бег до сигнала – фальстарт. При фальстарте надо обязательно возвращать бегунов и обращать их внимание на недопустимость фальстартов. Рекомендуется подавать только один заключительный сигнал. При этом обучающиеся принимают без команды позу, занимаемую по сигналу «Внимание!». Низкий старт по сигналу применяется на занятиях после овладения правильными движениями. Количество повторений может колебаться от 3 до 15.

Методика обучения технике бега по дистанции (прямой) (рис. 1.9). Почувствовав, что скорость бега приблизилась к максимально возможной и бежать дальше в наклоне становится неудобно, бегун постепенно выпрямляет туловище и бежит по дистанции, стараясь совершать беговые движения свободно, без напряжения. Правильная постановка стопы: передняя часть стопы – носок.

Во время важнейшей фазы спринтерского бега – отталкивания, обучающийся мощным отталкиванием распрямляет толчковую ногу в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах. При этом эффективному отталкиванию способствует энергичный вынос вперед-вверх бедра маховой ноги. В безопорной полетной фазе нога, которая закончила отталкивание и двигалась вначале назад-вверх, сгибается в колене и продолжает движение вперед-вверх. Одновременно с этим маховая нога энергично разгибается, опускается вниз и ставится на грунт. Упругая постановка ноги обеспечивается за счет приземления на переднюю часть стопы и некоторого сгибания ноги в коленном суставе. Это позволяет смягчить силу удара о грунт, сократить тормозную фазу опоры.

Небольшой наклон туловища вперед во время бега по дистанции сохраняется. В момент отталкивания поясница должна быть слегка прогнута и напряжена. Согнутые в локтях руки двигаются вперед – назад свободно и энергично в соответствии с ритмом беговых шагов.

Методическая последовательность обучения технике бега по дистанции (прямой):

1. Ходьба с высоким подниманием бедра, руки на пояс, туловище держать прямо.

2. Бег с высоким подниманием бедра:

а) стоя на месте в положении упора под разными углами;

б) на месте без упора, руки на поясе;

в) с небольшим продвижением вперед, руки на поясе. Бедро поднимается по горизонтали, а опорная нога в это время полностью выпрямляется;

г) с «подкидыванием» пятки под бедро и одновременным подниманием колена вверх.

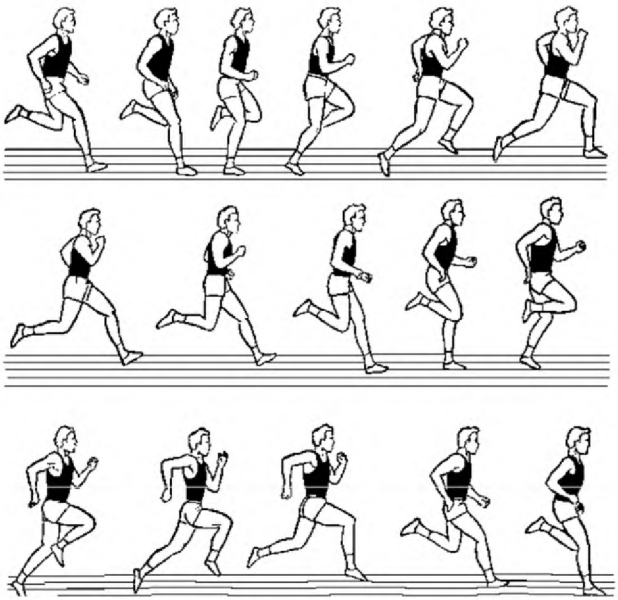


Рис. 1.9. Бег по дистанции (прямой)

3. Семенящий бег (упражнение способствует овладению прямолинейной постановкой стопы и полным выпрямлением ноги в коленном суставе):

а) на месте с опорой;

б) без опоры;

в) с медленным продвижением вперед.

4. Овладение прямолинейным движением:

а) бег по «коридору» (узкой дорожке) шириной 20-30 см, сделанному из резиновой ленты, шнура или шпагата;

б) бег по прямой линии шириной 5 см, стопы ставятся по линии и параллельно ей;

в) бег по гимнастическим скамейкам.

5. Прыжки с ноги на ногу. Это упражнение вырабатывает широкий шаг, правильное положение после отталкивания и следующего за этим полета (туловище удерживается вертикально, с небольшим наклоном вперед, движения рук – как при беге). Нога в момент отталкивания полностью выпрямлена, а другая, согнутая в коленном суставе, выносится вперед-вверх.

6. Прыжки с ноги на ногу с переходом на бег по дистанции.

7. Бег на прямых ногах (упражнение «Ножницы») за счет сгибания и разгибания ног в голеностопных суставах. Продвижение вперед при минимальном сгибании ноги в коленном суставе.

8. Бег на расстояние 10-15 м с высоким подниманием бедра – переход на бег с ноги на ногу на расстояние 10-15 м – переход на бег по дистанции 20-30 м.

9. Бег в ровном, спокойном темпе с постановкой стопы на переднюю часть, с увеличением скорости по сигналу преподавателя (команде, свистку, хлопку).

10. Бег с ускорением. Скорость увеличивается до тех пор, пока сохраняется свобода движений и правильная их структура.

11. Бег на время с ходу (20 м, 30 м).

Методические указания. Вначале нужно обучать свободному бегу по инерции по прямой дистанции на отрезках 60-100 м. Обращается особое внимание на обучение умению переходить от бега с максимальной скоростью к свободному бегу, не теряя скорости.

Сокращать продолжительность свободного бега по инерции необходимо постепенно, по мере овладения искусством переключения интенсивности усилий при беге.

Перечень упражнений и их дозировка подбираются для каждого занимающегося с учетом недостатков в технике бега. Все беговые упражнения вначале выполняются каждым в отдельности. По мере освоения техники бега упражнения выполняются группой. В беге с ускорением нужно постепенно увеличивать скорость, но так, чтобы движения обучающегося были свободными.

Повышение скорости следует прекращать, как только появится излишнее напряжение, скованность.

При достижении максимальной скорости нельзя заканчивать бег сразу, а нужно его продолжить некоторое время, не прилагая максимальных усилий (свободный бег). Дистанция свободного бега увеличивается постепенно. Бег с ускорением – основное упражнение для обучения технике спринтерского бега.

Все беговые упражнения необходимо выполнять свободно, без излишних напряжений. При выполнении бега с высоким подниманием бедра и семенящего бега нельзя откидывать верхнюю часть туловища назад. В беге с захлёстыванием голени следует избегать наклона вперед. Количество повторений рекомендуемых упражнений устанавливается в зависимости от физической подготовленности обучающихся (3-7 раз).

Методика обучения технике работы рук при беге на короткие дистанции. Обучению правильной работе рук при спринтерском беге (рис. 1.10) следует уделить особое внимание.



Рис. 1.10. Работа рук в беге на короткие дистанции

Неправильная, закрепощенная работа рук оказывает влияние на нарушение техники бега в целом, приводит к заметному снижению результатов бега на короткие дистанции. Энергичные расслабленные движения рук способствуют увеличению скорости движения ног.

Руки при беге согнуты в локтевых суставах, плечи несколько опущены, кисти расслаблены; пальцы полусогнуты, большой палец касается середины указательного пальца.

Движения рук выполняются в едином ритме с движениями ног вперед и немного внутрь, а при движении назад – немного наружу.

Методическая последовательность обучения технике работы рук при беге на короткие дистанции:

1. И. п. – одна рука на поясе, другая согнута в локтевом суставе, как при беге. Движения согнутой рукой в медленном темпе в плечевом суставе. При движении вперед кисть выносится до уровня подбородка, при движении назад – до упора. То же – другой рукой.

2. И. п. – выставить одну ногу вперед, руки согнуты, как при беге. Выполнить беговые движения обеими руками. Сочетать напряжения мышц плечевого пояса и рук с их расслаблением. То же – при ходьбе, медленном и быстром беге.

3. Движения руками – как при беге из исходного положения: одна нога впереди, другая – сзади, туловище несколько наклонено вперед, руки согнуты в локтевых суставах.

4. То же в различном темпе.

5. Беговые движения руками с постепенным выпрямлением туловища из исходного положения наклон вперед.

6. Стоя на слегка согнутых ногах, руками удерживать концы скакалки, перекинутой через шею и плечи. Движения руками, как при беге.

7. Бег в медленном, среднем и быстром темпе с акцентом на правильную работу рук.

Методические указания. Упражнения 2-6 выполнять сериями по 10-15 с, не более. Длительное выполнение упражнений вызывает у учеников утомление, что приводит к лишним движениям головой, туловищем.

Методика обучения технике бега по повороту. При беге по повороту туловище наклоняется немного влево для преодоления центробежной силы. Для лучшей устойчивости левая стопа ставится на дорожку развернутой наружу, а правая стопа – внутрь. Амплитуда движения правой руки шире, чем левой. При этом при движении назад правая рука отводится несколько в сторону, а при движении вперед – больше внутрь. При беге с низкого старта для увеличения отрезка, пробегаемого по прямой, колодки устанавливаются у внешнего края дорожки.

Методика обучения технике финиширования. Финиширование – это усилие бегуна на последних метрах дистанции (рис. 1.11). Бег считается законченным, когда бегун коснется воображаемой плоскости финиша какой-либо частью туловища.

Бегущий первым коснется ленточки (нити), натянутой на высоте груди над линией, обозначающей конец дистанции. Чтобы быстрее ее коснуться, нужно на последнем шаге сделать резкий наклон вперед, отбрасывая руки назад. Этот способ называется «бросок грудью».

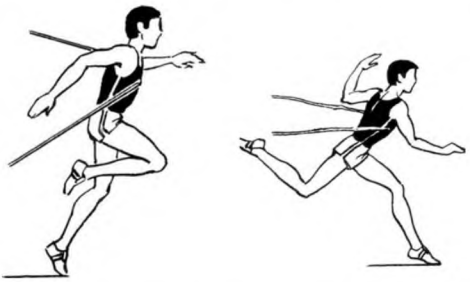


Рис. 1.11. Финиширование в беге на короткие дистанции

Применяется и другой способ – финиширование плечом, при котором бегун наклоняется вперед, одновременно поворачиваясь к финишной ленточке боком так, чтобы коснуться ее плечом.

Методическая последовательность обучения технике финиширования:

1. Стоя в шаге, левую (правую) ногу поставить вперед, руки опущены вниз. Выполнить шаг вперед с быстрым наклоном туловища вперед и отведением рук назад.

2. Наклон вперед с отведением рук назад при ходьбе.

3. Наклон вперед на ленточку с отведением рук назад и при медленном и быстром беге.

4. Наклон вперед на ленточку с поворотом плеч в медленном и быстром беге индивидуально и в группах.

5. Бросок на ленточку грудью вперед небольшими группами по 3-4 человека с ускоряющегося бега. Каждый бегущий должен бежать на одном уровне с остальными (не обгоняя их), а за 6-8 м до финишной ленточки по сигналу учителя ускорить бег, чтобы постараться коснуться ленточки первым.

Обучая занимающихся финишированию, важно приучить их заканчивать бег не у линии финиша, а после нее. Для успешности обучения нужно проводить упражнения парами или группами по 3-4 человека, подбирая равных по силам учащихся или применяя гандикап (фору).

Методические указания. Обучая финишированию с броском на ленточку, надо воспитывать умение проявлять волевые усилия, необходимые для поддержания достигнутой максимальной скорости до конца дистанции. Важно также приучать бегунов заканчивать бег не у линии финиша, а после нее. Для успешности обучения нужно проводить упражнения парами, подбирая бегунов, равных по силам, или применяя форы.

1.2. Совершенствование техники бега на короткие дистанции

Упражнения для закрепления и совершенствования техники низкого старта:

1. Бег с низкого старта с колодок в горку.

2. Бег с низкого старта с колодок по различным сигналам, заменяющим стартовые команды (например, «Гоп!», «Беги!» и т. п.).

3. Бег с низкого старта с колодок с затягиванием команды: «Марш!» после команды: «Внимание!» на 3-5 с.

4. Бег с низкого старта с колодок после выполнения кувырка вперед.

5. Бег с низкого старта с колодок после прыжка в длину с места.

6. Из положения «На старт!» бросок набивного мяча вперед с последующим быстрым стартом, пытаясь догнать летящий мяч.

Упражнения для закрепления и совершенствования навыков техники бега на короткие дистанции:

1. Бег на расстояние 10-15 м с высоким подниманием бедра с последующим переходом на свободный бег.

2. Бег прыжками с ноги на ногу с постепенным увеличением темпа и переходом на свободный бег (20-30 м).

3. Сменяющий бег мелкими, но быстрыми и свободными шагами.

4. То же (10-20 м) с переходом на свободный бег.

5. Бег с ускорением до максимальной скорости и последующим переходом в свободный бег (по инерции).

6. Переменный бег с несколькими переходами от максимального темпа к бегу по инерции.

7. Бег с ходу на 10-20 м с заданиями:

а) выполнять беговые шаги как можно чаще;

б) выполнять бег с наименьшим количеством шагов (на длину шага).

8. Бег с высокого, низкого старта по команде с переходом на бег по дистанции (20-30 м).

Хороший эффект в овладении структурой беговых движений дает их выполнение без помощи рук, а также в режиме переключения – с работой рук и без их помощи.

Методические указания. Техника спринта лучше всего совершенствуется при беге в равномерном темпе с неполной интенсивностью; в беге с ускорением, в котором скорость доводится до максимальной; при выходах со старта с различной интенсивностью. Стремление бежать с максимальной скоростью при неосвоенной технике и недостаточной подготовленности почти всегда приводит к излишним напряжениям. Чтобы избежать этого, на первых порах следует применять преимущественно бег в 1/2 и 3/4 интенсивности, так как при легком, свободном, ненапряженном беге спортсмену легче контролировать свои движения.

С каждым последующим занятием скорость бега должна повышаться. Но как только обучающийся почувствует напряженность, закрепощение мускулатуры и связанность движений, скорость нужно снижать. В результате совершенствования навыков излишнее напряжение будет появляться позднее, обучающийся будет достигать все большей скорости бега, выполняя движения легко и свободно.

Надо постоянно следить за техникой низкого старта. Особое внимание необходимо уделять сокращению времени реакции на стартовый сигнал, не допуская при этом преждевременного начала бега. Обязательно подавать сигнал возвращения обучающихся, если кто-то начал бег раньше сигнала.

1.3. Прием контрольных нормативов

Обычно, бег на 30, 60 или 100 м (в зависимости от возраста обучающихся) – позволяет оценить качество быстроты. Тест лучше всего проводить на спортивной площадке либо в спортивном зале соответствующих размеров. Если бег проводится в помещении, то нужно предусмотреть пространство для торможения и остановки. Забег проводится с низкого старта после предварительной 5-7-минутной разминки. Регистрируется время преодоления заданного отрезка в секундах с десятыми и сотыми долями. Для регистрации результата используется секундомер. При тестировании на улице не следует проводить забег вовремя и сразу после дождя, а также при слишком

жаркой или, наоборот, слишком холодной погоде. Одежда должна быть легкой и удобной, не стесняющей движения. Измеряется время бега в секундах.

Оценочные шкалы и соответствующие им половозрастные нормативы результатов в беге есть у каждого преподавателя физической культуры.

Бег на 30 м выполняется с высокого старта, бег на 60 и 100 м – с низкого или высокого старта. Участники стартуют по 2-4 человека. Ошибки, в результате которых испытание не засчитывается:

- участник не готов к старту через 2 мин после вызова стартера;
- участник во время бега уходит со своей дорожки, создавая помехи другому тестируемому;
- старт участника раньше команды стартера «Марш!» или выстрела.

Контрольные вопросы

1. Дать определение «скоростные способности».
2. Какие дистанции относятся к коротким дистанциям?
3. На какие фазы словно делят технику бега на короткие дистанции?
4. Что применяется для лучшего упора ногами при старте в беге на короткие дистанции?
5. Какие команды подаются для старта в спринтерском беге?

2. Развитие координационных способностей

Координационные способности – это умение человека наиболее совершенно, быстро, целесообразно, экономно, точно и находчиво решать двигательные задачи, при возникновении сложных и неожиданных ситуаций.

2.1. Обучение технике прыжков через скакалку

Классическая техника выполнения (рис. 2.1). Прыжки через скакалку являются не просто физическим упражнением – это универсальное средство для активного отдыха, учебного и тренировочного процесса. С помощью прыжков через скакалку развиваются такие физические качества как координация движений, быстрота, выносливость, прыгучесть. Использовать прыжки через скакалку можно как тренировочные упражнения в различных видах спорта, так и как вид соревновательной деятельности. Поэтому важно научить обучающихся правильно выполнять прыжки через скакалку

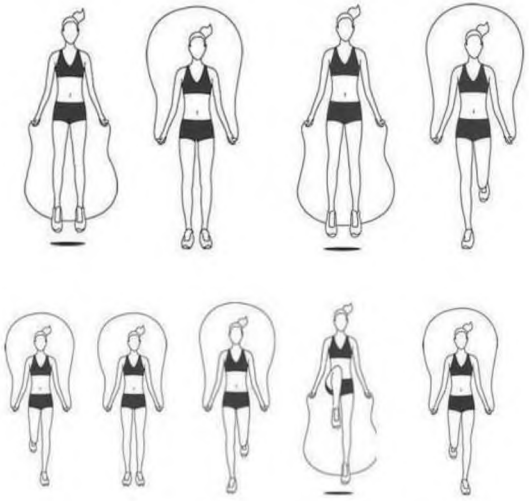


Рис. 2.1. Классическая техника прыжков через скакалку

Прыжки через скакалку – целый комплекс упражнений, множество вариантов для тренировки тела, поддержания здорового

духа. Для этого существуют базовые упражнения с простой техникой выполнения. Скакалку держат на уровне бёдер, руки располагаются вдоль туловища. Следует начать с отталкивания подушечками стоп обеих ног, слегка сгибая нижние конечности в коленях. Оптимальная высота базового подскока составляет 2-4 см.

После освоения базовой техники приступают к более интенсивным упражнениям. К ним принадлежат поочередные прыжки, выполняются они аналогично базовым, только на одной ноге – способ напоминает быстрое перешагивание через шнур с подскоком.

Базовые техники комбинируют между собой. Методика выглядит следующим образом: базовый прыжок двумя ногами-левой-двумя-правой-двумя.

Чтобы повысить интенсивность занятий, базовые, или поочередные подскоки выполняют с высоким поднятием ног. Аналогичный эффект дает «одноножная методика», когда одну ногу поднимают, согнув в колене, а другой прыгают. Рабочую ногу сменяют после выполнения серии упражнений (5-10).

Высокие прыжки дают усиленную нагрузку на мышцы живота, позволяя подкачать пресс, избавиться от локальных жировых отложений. Интенсивные занятия по 15 мин обеспечивают эффективную кардиотренировку.

Рекомендации по обучению прыжкам для начинающих:

- начинать упражнения следует с небольшого темпа – это позволит прогреть мышцы, повысить их эластичность;

- скакалка должна быть оптимального размера, подобранная по росту;

- первые упражнения должны длиться не более 5 мин. Соотношение отдыха и занятий должно быть в пропорции 2:1, после второй недели занятий – 1:1;

- во время тренировки не стоит делать незапланированные остановки – это сбивает пульс и дыхание;

- приземляться необходимо мягко, на носочки;

- со временем следует комбинировать разные техники подскоков – это сделает занятия интересными, разнообразными.

Правило дыхания. Немаловажную роль в том, как правильно прыгать на скакалке, играет правильное дыхание. Дышать следует носом, ритмично. Это позволит во время выполнения упражнений получать равномерные порции кислорода, способствующих

эффективной работе организма и сжиганию жиров.

Если пряжки быстро изнуряют обучающихся, рекомендуется выполнять их до тех пор, пока можно свободно разговаривать. При появлении отдышки сделать перерыв 1-2 мин.

Продвинутые техники прыжков. Более сложные элементы – двойные прыжки. Во время подпрыгивания необходимо успеть выполнить два оборота шнура. Двойные и тройные подпрыгивания позволяют задействовать различные группы мышц, поэтому требуют больших затрат энергии. Продвинутой техникой прыжков через скакалку являются прыжки крест-накрест (рис. 2.2). Для этого необходимо чередовать простые скачки и подскоки со скрещенными руками, во время которых туловище проходит через образовавшуюся петлю. Приступать к крестообразным упражнениям следует после освоения простой и двойной техники.

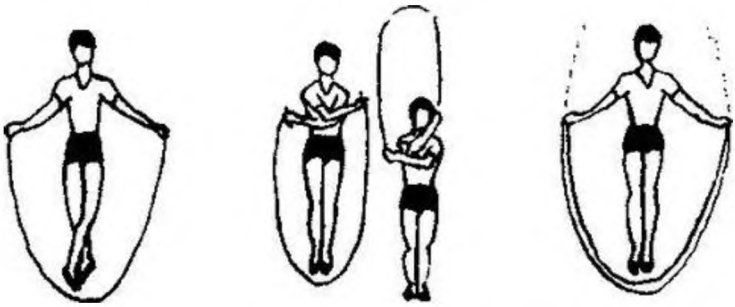


Рис. 2.2. Прыжки крест-накрест

Выполнение различных трюков. Прыжки через скакалку могут быть не только полезными, но и занимательными. Несколько интересных трюков разнообразят занятия. Это могут быть:

- прыжки в другую сторону, назад;
- боковые элементы;
- подпрыгивания через двойную скакалку;
- групповые элементы, когда в упражнении задействованы несколько человек («вертолет»).

Гимнастическая скакалка вращается очень быстро и может наносить сильные удары, поэтому начинать упражнение следует с медленного темпа.

При обучении прыжкам через скакалку важно придерживаться простых правил:

- начинать с простых прыжков двумя ногами на месте (без спортивного снаряда);

- второй этап – упражнения с ровным вращением скакалки. Инвентарь держат кистью руки и вращают его в темпе прыжка;

- перескакивания через шнур.

Во время упражнений обучающийся должен делать паузы для отдыха.

Прыжки через скакалку – простое, эффективное средство для поддержания тела в тонусе. Они включают разнообразные упражнения, направленные на укрепления мышц, нормализацию работы сердца и сосудов, дыхания, похудение. Научиться выполнять прыжки со скакалкой легко, достаточно придерживаться простых рекомендаций:

- начинать следует с простых, базовых движений;

- перед тем как совершать прыжки с высоким темпом, следует подготовить, разогреть мышцы, суставы;

- наращивать интенсивность и усложнять упражнения следует постепенно;

- необходимо помнить о правильном дыхании, следить за частотой пульса, совмещать прыжки с отдыхом;

- для похудения следует заниматься регулярно, придерживаться рационального питания.

Прыжки через длинную скакалку. Прыжки через длинную скакалку осваиваются после того, как обучающиеся научатся прыгать на месте на одной и двух ногах.

Прыжки на обеих ногах через неподвижную скакалку, поднятую на высоту 10-15 см от пола. Обучающийся стоит у середины скакалки, лицом к ней. Слегка согнув колени, он отталкивается двумя ногами и, перепрыгнув на другую сторону скакалки, приземляется на носки обеих ног, слегка согнув их в коленях. Другой вариант: обучающийся стоит боком к скакалке, толчком двух ног, с приземлением на обе, перепрыгнуть 3 раза с одной стороны скакалки на другую, оставаясь к ней боком.

Прыжки через качающуюся скакалку. Обучающийся стоит у середины висящей скакалки. Она отводится в сторону и посылается под ноги обучающегося, который в это время прыгает вверх. Сделать 3-5 таких прыжков. Следующие упражнения: перепрыгивание через качающуюся скакалку с шага вперед, с промежуточным подскоком и без него; с различными положениями рук,

с поворотами в прыжке в стороны; прыжки вдвоем, втроем, держась за руки.

Упражнения с вращающейся скакалкой. Сначала обучающиеся учатся пробегать под скакалкой, вращающейся сверху вниз навстречу бегущему. Упражнения в пробегание под скакалкой легче, чем прыжки. Пробегать нужно в тот момент, когда скакалка опустится до уровня груди. Обучение прыжкам через вращающуюся скакалку лучше начинать с прыжков с места. Обучающийся становится боком к скакалке и, когда она опишет первый круг, подпрыгивает, пропуская ее под ногами. После этого можно предложить прыжки с вбеганием навстречу скакалке и выбегавание из-под нее. Под скакалку, вращающуюся сверху навстречу бегущему, лучше вбегать и выбегать в косом направлении. Вбегание производится в момент, когда скакалка находится на уровне груди.

Прыжки через короткую скакалку. К обучению прыжкам через короткую скакалку приступают после освоения обучающимися прыжков через длинную скакалку.

Последовательность обучения:

1. Определение нужной длины скакалки: встать на середину скакалки в стойку ноги врозь, отвести согнутые под прямым углом руки в стороны.

2. Обучение правильному вращению скакалки в боковой плоскости. Скакалка вращается за счет круговых движений кисти (не следует делать движений в плечевых суставах). Вначале движение делается медленно, затем, постепенно ускоряя движения, довести до быстрых вращений.

3. Из положения: скакалка за спиной перебросить ее через голову вперед, перешагнуть через нее и снова повторить (5-6 раз).

4. То же вращение, но с прыжком через скакалку. Прыжок делается такой частоты, чтобы пропустить скакалку, не задев ее ногами. Ноги при прыжках прямые. Повторять это упражнение до тех пор, пока не получится 3-4 прыжка в темпе без остановки вращающейся скакалки.

5. Прыжки ноги вместе с промежуточным подпрыгиванием, т. е. скакалка, проходит под ногами на каждый второй прыжок.

Предварительно рекомендуется проделать несколько прыжков в темпе с вращением скакалки сбоку, то справа, то слева.

6. Прыжки с промежуточным подпрыгиванием без пауз (до 10-15 прыжков). Основное внимание обращать на вращение

скакалки, чтобы она была все время натянута, прыжки выполнять ритмично за счет сгибания стоп в голеностопных суставах.

7. Прыжки без промежуточных подпрыгиваний (10-15 прыжков, пауза 10-15 с). Повторить упражнение 4-5 раз.

С короткой скакалкой, так же, как и с длинной, можно применять игровые задания, например, играющие делятся на 3-4 команды, каждая из которых строится в колонну по одному. Первые двое в каждой колонне (водящие) берут за концы короткую скакалку и становятся лицом к своей команде. По сигналу преподавателя водящие бегут вдоль команды и проносят скакалку под ногами подпрыгивающих игроков. Как только последний игрок перепрыгнет через скакалку, один из водящих подает сигнал, по которому его команда поворачивается кругом. Водящие бегут со скакалкой обратно, а игроки снова перепрыгивают через нее. Выигрывает команда, водящие которой первыми вернутся в и. п.

Прыжки через короткую скакалку вращением назад.

Последовательность обучения:

1. Повторить прыжки на двух вращением скакалки вперед.

2. Вращая скакалку назад сбоку, прыгать, когда скакалка будет приближаться вниз.

3. Из стойки скакалка спереди, перебросив ее назад, перепрыгнуть через нее.

4. То же, но перепрыгнуть толчком одной с приземлением на другую.

5. То же, но перепрыгнуть через скакалку толчком двумя с приземлением на обе ноги.

6. При медленном вращении скакалки соединить 3-4 прыжка на двух с промежуточным подскоком.

7. То же, но без промежуточного подскока. Следует помнить, что при обучении прыжковым упражнениям со скакалкой основными являются прыжки на двух с вращением ее вперед и назад.

Упражнения со скакалкой, рекомендуемые для развития физических качеств обучающихся, можно условно разделить на следующие группы:

1. Групповые упражнения с длинной скакалкой.

2. Упражнения с короткой скакалкой (индивидуальные, в парах и втроем).

3. Общеразвивающие упражнения со скакалкой.

4. Игры и эстафеты.

Прыжки через длинную скакалку наиболее зрелищные, эмоциональные и наиболее просты, но для их проведения необходимо иметь достаточно места для построения обучающихся, пробегания и отбегания от скакалки. Поэтому эти упражнения лучше проводить на открытой площадке в осенний и весенний периоды года. Группа делится на несколько отделений по 6-8 человек. Каждое отделение имеет свою скакалку и место для выполнения упражнений. После объяснения и показа обучающиеся по очереди выполняют упражнения. Начинают и заканчивают упражнения по команде преподавателя. При необходимости преподаватель останавливает выполнение, делает замечания, а затем дает команду повторить упражнение или объясняет новое.

Вращают скакалку двое обучающихся. Если вращает один обучающийся, то второй конец скакалки укрепляется к стене или к какому-нибудь предмету на высоте 100-120 см. Вращение длинной скакалки должно быть равномерным, скакалка почти касается пола или земли. Для упражнений с пробеганиями скакалку надо вращать так, чтобы она из верхнего крайнего положения двигалась вниз на пробегающего, а при перепрыгивании через вращающуюся скакалку – наоборот, т. е. вращают скакалку так, чтобы из верхнего крайнего положения она двигалась вниз от пробегающего. Пробегать нужно в тот момент, когда скакалка пройдет на уровне головы и будет двигаться к полу. Очередной пробегающий должен стоять в одном-двух шагах от крайней точки (ближней к полу) окружности, описываемой скакалкой.

Прыжки через короткую скакалку – более сложные координационные действия и у новичков, впервые взявших скакалку в руки, вызывают чрезмерное напряжение мышц всех частей тела, что приводит к быстрой утомляемости. Не получаются прыжки, как правило, из-за неумения сочетать вращательные движения руками с прыжком. Тем более что и вращение скакалки, и прыжок – довольно сложные двигательные действия и требуют самостоятельного изучения каждого в отдельности, а затем сочетания их движения по частям, начиная с самых простых. Прежде всего обучающихся надо научить держать скакалку без излишнего напряжения. При хвате за концы скакалки большой палец должен быть сверху. Держать их нужно свободно между большим и указательным пальцами, не напрягая руки.

Затем обучающиеся осваивают такие движения:

- быстро складывать скакалку вдвое, вчетверо (чтобы она не/запутывалась);
- хват за концы одной и двумя руками;
- принимать различные исходные положения со скакалкой;
- передавать ее из рук в руки.

Прыжки через скакалку – упражнения с большой физической нагрузкой. Поэтому очень важно научить правильным движениям руками, чтобы избежать излишней траты энергии, не допуская ненужных для вращения скакалки движений. Тщательно нужно продумывать дозировку и методику обучения. Необходимо показывать упражнения, а не ограничиваться методами слова. Это обеспечит более правильное воспроизведение заданных упражнений. Начальная нагрузка должна быть не более одной минуты, затем ее постепенно увеличивать до 5-6 мин.

Обучение вращению скакалки следует начинать с раскачивания и махов вначале одной, а затем одновременно двумя руками. Далее надо учить кругам и махам скакалкой в боковой плоскости:

1. И. п. – стойка, скакалка, сложенная вдвое, в правой руке. Круговые махи скакалкой согнутой рукой в правой боковой плоскости, а затем то же, левой рукой. То же, назад.

2. И. п. – стойка, руки вправо, скакалка в двух руках. Выполнять махи и круги руками в боковой плоскости.

Начальное вращательное движение скакалки выполняется всей рукой, начиная плечевым, локтевым и лучезапястным суставами, а затем, после одного-двух вращений, – только круговым вращением кисти (движение выполняется главным образом за счет лучезапястного сустава). Быстрые вращения, особенно двойные, выполняются кистью, а медленные – всей рукой.

Обучающихся необходимо научить правильному положению локтевых суставов и плавной работе кисти. Движения кисти должны быть равномерными, скакалка должна вращаться натянутой, не касаться пола и тела занимающихся. Махи и круги скакалкой необходимо сопровождать небольшими пружинистыми движениями ног и наклонами туловища в сторону маха.

Изучение подскоков (прыжков) следует начинать с вращения скакалки вперед. Это позволяет прыгающему зрительно контролировать движение скакалки и точно определять момент толчка ногами. В прыжках, подскоках тело в безопорном положении

подтянуто, носки вытянуты. Толчок энергичный и короткий, главным образом за счет разгибания голеностопных суставов (колени сгибать слегка), а приземление мягкое в полуприсед перекатом с носков на полную стопу. Чтобы овладеть мягким приземлением, правильной работой кистей и правильной осанкой, прыжки необходимо разучивать без скакалки у опоры и на середине.

Все формы прыжков сначала изучаются без скакалки в подготовительной или основной части практического занятия. Начинать обучение рекомендуется с простого (обычного) прыжка, выполняемого толчком двух ног, вытягивая тело в фазе полета и приземляясь на носки с перекатом на всю стопу в полуприсед. Вначале осваивают двойные прыжки на обеих ногах.

Рекомендуются следующие подготовительные упражнения:

1. И. п. – стойка, руки в стороны-книзу, скакалка впереди:

а) перешагнуть через неподвижно висящую скакалку;

б) перешагнуть двойным прыжком вперед и назад через неподвижно висящую скакалку;

в) то же, но через качающуюся скакалку.

2. И. п. – стойка, скакалка сзади:

а) перемахнуть скакалку через голову вперед и перешагнуть через скакалку;

б) то же, но вращая скакалку;

в) то же, но с небольшим прыжком перешагнуть через скакалку (двойной прыжок);

г) выполнить несколько двойных прыжков через скакалку без остановки.

После освоения подготовительных упражнений переходят к серийному выполнению двойных прыжков, вращая скакалку вперед и назад. Затем осваивают одинарные прыжки и прыжки на одной ноге. Постепенно прыжки разнообразят и усложняют, используя для этого различные и.п., переводы скакалки, повороты, передвижения и др., вращая скакалку вперед, назад, скрестными вращениями (петлей) назад и вперед. Скрестные вращения легче усваиваются при вращении скакалки назад. С них и надо начинать обучение этому более сложному вращению.

Вращение скакалки петлей назад легче выполнять потому, что движения и положения рук более удобны как вначале, так и в конце движения при выходе из петли. Выполняется петля в основном движениями в лучезапястном суставе. При этом руки скрестно

и слегка согнуты в локтях так, чтобы кисти выходили за линию тела чуть выше тазобедренных суставов, петля скакалки сохраняется посередине. Заканчивать вращение нужно энергичным движением кистей рук. Внимание обучающихся следует обратить на то, что сильно согнутые руки укорачивают петлю и выполнять прыжки значительно труднее.

Подводящие упражнения для освоения данного вращения следующие:

1. И. п. – стойка, руки в стороны-книзу, скакалка впереди. Чередование движений руками скрестно и в стороны.

2. И. п. – стойка, скакалка впереди:

а) накидывание петли назад;

б) то же, вращая скакалку назад петлей;

в) то же, с прыжком на обеих ногах;

г) то же, чередуя вращение скакалки назад просто и петлей.

3. И. п. – стойка, скакалка сзади:

а) накидывание петли вперед с последующим перешагиванием через скакалку;

б) то же, вращая скакалку вперед петлей;

в) то же, с прыжком на обеих ногах;

г) то же, чередуя вращение скакалки вперед просто и петлей;

д) то же, прыжок в присед с вращением скакалки вперед петлей.

После освоения этих подготовительных упражнений прыжки усложняются (на одной, с одной ноги на другую и др.), меняя положения и способы вращения скакалки.

Подготовительные упражнения для освоения прыжка с одной ноги на другую:

1. И. п. – стойка, скакалка впереди. На счет 1-2 – качнув скакалку назад, прыжок через нее толчком левой на правую, сгибая левую назад. На 3-4 – качнув скакалку вперед, прыжок толчком правой на левую, правую вперед-вниз.

2. И. п. – стойка, скакалка сзади. На счет 1 – вращая скакалку вперед, прыжок толчком левой на правую, согнув левую назад. На счет 2 – шаг левой назад, вращение скакалки замедленное. Методическое указание – движение ног на счет 1-2 выполняется за одно вращение скакалки.

3. И. п. – стойка, скакалка впереди. Прыжки толчком правой на левую, вращая скакалку назад.

4. И. п. – стойка, скакалка сзади. Вращая скакалку вперед, последовательные прыжки с одной ноги на другую, сгибая свободную ногу назад. Упражнение выполняется с продвижением вперед и с небольшим наклоном вперед.

5. И. п. – то же. Вращая скакалку вперед, последовательные прыжки толчком одной на другую, свободная нога вперед-вниз. То же, вращая скакалку назад. Упражнение можно выполнять с междускоками.

Прыжки с двойным вращением скакалки. Такие прыжки выполняются за счет высоты вылета и быстроты вращения скакалки. Обучение следует начинать с вращений:

1. И. п. – стойка, руки в стороны, скакалка, сложенная вдвое, в правой руке. На счет 1 – малый круг скакалкой вперед-книзу в боковой плоскости справа. На счет 2 – два малых круга скакалкой в том же направлении. То же, но скакалка в левой руке.

После овладения упражнением, обучающимся можно предложить три малых круга на счете 2.

2. И. п. – стойка, скакалка сзади. Повторить первое упражнение с прыжками.

3. И. п. – то же. Прыжки, вращая скакалку вперед, чередуя одиночные вращения с двойными.

4. И. п. – стойка, скакалка впереди. Те же прыжки, но вращая скакалку назад, чередуя одиночные вращения с двойными.

Переводы скакалки. Применяются для перемены направления вращения скакалки. Наиболее простые переводы – перемахом через голову вперед или назад и переводом скакалки одной рукой назад или вперед. Выполняется перевод скакалки одной рукой так: вначале правой или левой рукой нужно сделать круг (вкруг) дугой вперед, переводя скакалку назад. То же, обратным движением перевести скакалку вперед. При переводах нужно избегать остановок движения скакалки. Вначале упражнение выполняется медленно, а затем быстрее и в сочетании с прыжками.

Для выполнения прыжков с одной скакалкой двумя или тремя обучающимися нужна скакалка несколько длиннее. Чтобы не было односторонней нагрузки на ноги и для разностороннего воздействия на весь организм упражнения со скакалкой следует чередовать с другими гимнастическими упражнениями. Для этого хорошо сочетать прыжки с общеразвивающими упражнениями

со скакалкой, без предметов, с другими предметами (набивными мячами, палками и др.).

Последовательность изучения упражнений с длинной скакалкой. Упражнения с длинной скакалкой изучаются в следующей последовательности:

1. Перешагивания и прыжки через неподвижную, лежащую на полу или на земле скакалку, стоя лицом, боком или спиной к ней.

2. То же через неподвижную скакалку, но висящую на высоте 10-15 см.

3. Прыжки толчком одной или двумя ногами через лежащую, а затем и висящую (неподвижно) скакалку.

4. Пробегание после нескольких вращений скакалки.

5. Пробегание боком и спиной вперед.

6. Пробегание после каждого вращения скакалки.

7. Пробегание потоком (один за другим) после определенного числа вращений.

8. Пробегание по внезапному сигналу преподавателя.

9. Пробегание с различным положением рук (на поясе, за головой, за спиной, с хлопками, с поворотами).

10. Пробегание по двое (раздельно и держась за руки).

11. Пробегание через несколько скакалок, расположенных одна за другой.

12. Перепрыгивание через неподвижную скакалку на высоте 15-20 см от пола:

- с места толчком одной;
- с шага и с разбега;
- после определенного количества шагов;
- те же упражнения толчком двумя ногами;
- те же упражнения, но с поворотами и с хлопками;
- те же упражнения вдвоем, втроем и т. д.

13. Перепрыгивание через качающуюся скакалку (подводящие упражнения к прыжкам через вращающуюся скакалку):

- с шага или с разбега вперед, в сторону, назад;
- вдвоем и втроем, взявшись за руки;
- с поворотами;
- то же, но последовательно через две качающиеся скакалки.

14. Перепрыгивание через вращающуюся скакалку:

- вбегать, перепрыгнуть через скакалку и выбегать;
- вбегать боком, перепрыгнуть и выбегать;

- вбегать вдвоем в затылок друг другу, перепрыгивать и выбегать;

- вбегать вдвоем лицом друг другу с противоположных сторон, перепрыгивать и выбегать;

- перепрыгивать с поворотом на 90,180 и 360°;

- вбегать, перепрыгивать, поворот кругом и выбегать (без прыжка);

- вбегать с мячом, перепрыгнуть и бросить мяч партнеру, выбегать;

- вбегать, перепрыгнуть и бросить мяч в цель, выбегать;

- перепрыгнуть через две вращающиеся скакалки;

- вбегать потоком (один за другим) и после одного перепрыгивания выбегать.

15. Прыжки. Вбегать, выполнить двойные и обычные прыжки на обеих ногах (лицом, боком, спиной к скакалке) с различными усложнениями (с поворотами, движениями руками, заданное количество прыжков), выбегать.

16. Прыжки на одной ноге; то же, с поворотами.

17. Прыжки в приседе и в полуприседе (по одному и по два).

18. Один выполняет прыжок, а другой – пробегание.

19. Прыжки вдвоем, втроем (лицом друг к другу или в затылок), поочередно вбегая и выбегая после прыжков.

20. То же втроем, вчетвером, вбегая поочередно и выбегая одновременно.

21. То же, но одновременно вбегая и поочередно выбегая.

22. Бег на месте с высоким подниманием бедра после вбегания.

23. Прыжки с бросанием и ловлей мяча. То же, но на заданное число раз.

24. Прыжки ноги вместе и ноги врозь, скрестные прыжки.

25. Прыжки с изменением способа после каждого прыжка.

Последовательность изучения упражнений с короткой скакалкой:

1. Перешагивание (скакалка сзади). Махнуть скакалкой вперед и перешагнуть через нее. Выполнять сначала медленно, затем постепенно увеличивать темп.

2. Прыжки на обеих ногах (одинарные и двойные). Несколько первых занятий разучивать и совершенствовать двойные прыжки, а затем включать и одинарные.

3. Прыжки ноги врозь двойные и одинарные (начинать с двойных прыжков).

4. То же, но одна нога впереди, а другая сзади.

5. Прыжки на одной ноге, поднимая другую вперед и назад (одинарные и двойные).

6. Прыжки со скрещенными ногами.

7. Прыжки с ноги на ногу поочередно (сначала скакалка проходит под находящейся впереди ногой, затем эта нога опускается на пол, а нога, находящаяся сзади, поднимается махом назад, и скакалка проходит под ней).

8. То же, но меняя на каждый прыжок ногу (первый прыжок – левая впереди, второй – правая впереди и т. д.). То же, но с высоким подниманием маховой ноги.

9. Прыжки на обеих ногах с продвижением в различных направлениях (подготовительные к более трудным).

10. Прыжки на одной ноге с продвижением в разных направлениях.

11. Бег на месте с высоким подниманием коленей на каждое вращение скакалки.

12. Бег с высоким подниманием ног с продвижением в различных направлениях (по кругу, вперед, по диагонали и т. д.).

13. Прыжки с вращением скакалки в боковом направлении: вправо и влево (одна рука находится сзади, другая – впереди).

14. Прыжок ноги врозь (вперед и назад) в воздухе. При прыжке вверх ноги разводятся, при приземлении – соединяются. Положение ног в воздухе меняется при каждом прыжке: первый прыжок – левую вперед, второй – правую вперед и т. д.

15. Прыжки с поворотами на 90,180° и т. д.

16. Прыжки в приседе и в полуприседе.

17. «Метелочка» в приседе на одной или обеих ногах (скакалку, сложенную вдвое, одной рукой кружат под ногами).

18. Прыжки петлей в стойке, в приседе, в полуприседе. При переводе скакалки спереди назад руки скрестить перед грудью (кисти около плеч), в момент, когда скакалка образует петлю, выполнить прыжок. Движение выполнять мягко, без рывков.

19. Прыжки с одновременным махом ногой в сторону на месте и в движении.

20. Прыжок с двойным вращением скакалки.

21. Прыжки с переменой ручек скакалки при прохождении ее над головой.

22. Обычные и двойные прыжки вдвоем с одной скакалкой лицом друг к другу.

23. Прыжки втроем. Скакалку может вращать как стоящий впереди, так и стоящий сзади. Можно выполнять упражнение также с передачей скакалки друг другу в процессе прыжков. Для этого прыгающий без скакалки приближает кисти к ручкам скакалки и берет скакалку, не прекращая вращения.

24. Прыжки вдвоем, стоя боком друг к другу, держась за руку или за талию друг друга. Скакалку каждый вращает свободной рукой.

25. Прыжки вдвоем с поворотами одного во время прыжков. Повороты выполняет не имеющий скакалки.

26. Прыжки втроем, стоя друг к другу боком. Скакалку вращают стоящие по краям.

27. Прыжки втроем, скакалку вращает средний. Прыжки выполняются на месте и с продвижением в различных направлениях.

2.2. Совершенствование техники прыжков через скакалку

Упражнения для совершенствования техники прыжков со скакалкой:

1. Прыжки на месте. Минимальное отрывание ног от пола, так, чтобы проходила скакалка.

2. Попеременные прыжки. Прыжок на правой ноге, прыжок на двух ногах, прыжок на левой ноге.

3. Боксер. Прыжки из стороны в сторону. Прыжок влево, прыжок вправо – так тренируются боксеры.

4. Маятник. Прыжки вперед и назад.

5. Бег на месте. Бег на месте (не перемещаясь), пропуская каждый шаг через скакалку.

6. Ножницы. Прыжки с перекрещивание ног, при этом меняется положение ног сзади и спереди. Выполняется перекрест правая нога впереди, затем ноги по ширине плеч и снова перекрест, но уже левая нога впереди.

7. Усложненные ножницы. Интенсивный вариант ножниц. Из предыдущего упражнения убирается промежуточный этап, когда ноги на ширине плеч, и продолжить делать ножницы.

8. Циркуль. Ноги вместе – прыжок, ноги на ширине плеч – прыжок. Упражнение, которое поможет отдохнуть перед выполнением следующего.

9. Колени вверх. Прыжки с высоким подниманием коленей, ноги чередуются.

10. Пятки вверх. Прыжки с закидыванием пяток назад.

11. Пяточка-носочек. Прыжки с пятки на носок. Главное удерживать равновесие.

12. Петля. Чередование прыжков: классический прыжок, прыжок через петлю.

13. Твист. Прыжки с нижней части туловища вправо и влево. Колени сначала смотрят в одну сторону (влево), затем в другую (вправо).

14. На пятках. Прыжки на пятках. Тяжелое и немного дискомфортное упражнение. Если пятки отбиваются о поверхность, выбирайте обувь подошвой помягче.

15. Марш. Прыжок с вытянутой вперед одной ногой, затем прыжок на обеих ногах, затем прыжок с вытянутой вперед другой ногой.

16. Быстрый марш. Тоже упражнение, что и Марш, только убираем из него промежуточный вариант (прыжок на обеих ногах), то есть прыжок с вытянутой левой ногой, затем прыжок с вытянутой правой ногой.

17. На одной ноге. Прыжки на одной ноге, затем прыжки на другой ноге. Например, 5 раз левой, затем 5 раз правой (можно больше).

18. Двойная прокрутка. Высокий прыжок с прокруткой скакалки два раза.

19. Вращение назад. Прыжки с вращением скакалки назад.

20. Спринт. Интенсивно чередуя ноги и поднимая колени вверх прыгаем вперед, затем медленно возвращаемся назад в исходную точку.

2.3. Обучение и совершенствование «Челночный бег 3 × 10 (с)»

Челночный бег развивает скорость и скоростную выносливость, координацию. Эти движения присутствуют во многих спортивных и подвижных играх, эстафетах. Высокий эмоциональный подъем, вносимый ими в игровые и соревновательные ситуации, в большей мере, чем упражнения чисто учебного характера, способствует развитию быстроты. Сочетание же тех и других упражнений (игровых и учебных) повышает их эффективность.

Из средств, используемых для развития скорости бега, челночный бег характеризуется самым широким спектром вариантов. В то же время он имеет точную временную характеристику, т. е. в нем можно определить точный результат. Последнее обстоятельство служит одним из стимулов совершенствования для обучающихся и ориентиром в подборе учебных средств – для преподавателя.

Разметка. Для челночного бега не требуется большой площади. Его с одинаковым успехом можно проводить как на открытой площадке, так и в спортивном зале. В местах его применения лучше иметь постоянную разметку – например, на спортивной площадке нарисовать две параллельные линии на расстоянии 10 м друг от друга, которые можно использовать для выполнения нормативных упражнений в челночном беге на 30 м и 100 м. Разметку для челночного бега можно нанести и в спортивном зале.

Техника старта (рис. 2.3). В отличие от обычного бега, в челночном беге присутствует несколько вариантов старта, стартовых ускорений и торможений. В то же время, если внимательно проанализировать исходные и промежуточные стартовые положения, можно заметить их сходство. В основном это положение высокого старта и его разновидность – положение старта с опорой на одну руку. Отсутствие стартовых колодок в челночном беге не снижает возможности обучения обучающихся выходу со старта, выполнению первого шага стоящей сзади маховой ногой.

При всей кажущейся простоте при выполнении первого шага со старта часто возникает ошибка, когда первоначально поднимается впереди стоящая нога, на что уходит 0,1-0,4 с., и только потом выполняется шаг маховой ногой.

Для того чтобы предупредить, своевременно исправить ошибку, допускаемую занимающимися необходимо оптимально загрузить толчковую ногу. Помогая обучающимся словом, показом и действием, нужно научить их принимать стартовое положение с небольшим наклоном туловища вперед и постановкой маховой ноги на носок. Не стоит исключать вариант постановки маховой ноги на внутреннюю часть голеностопного сустава (на ребро) с разворотом носка на 30-60°. Это положение напоминает старт конькобежца.

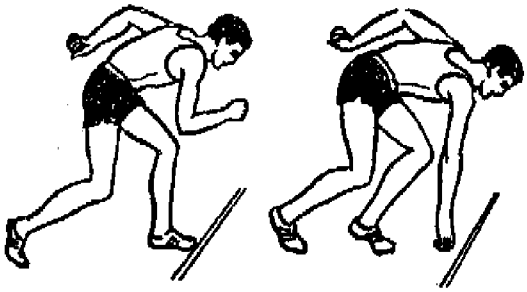


Рис. 2.3. Техника старта в челночном беге

Бег по дистанции (рис. 2.4). Обучая первому шагу со старта, можно предложить обучающимся такие подводящие упражнения:

- прыжок в длину с места махом одной и толчком другой ногой;
- различные многоскоки (например, восьмерной прыжок).

Для наглядности на линию старта у носка толчковой ноги обучающегося можно положить веревку или планку для прыжков в высоту и дать задание сделать первый шаг за этот ориентир маховой ногой. Обучение первому шагу происходит при перемещениях в волейболе, баскетболе, футболе, нацеливая обучающихся на увеличение стартовой скорости.

Увеличению частоты шагов способствуют различные виды прыжков со скакалкой в быстром темпе.

Поворот (рис. 2.4). Обучение стопорящему шагу можно позаимствовать из баскетбола. Цель остановки в баскетболе и в челночном беге одна и та же – как можно быстрее изменить направление бега. Подготовительные упражнения по освоению стопорящего шага:

- передвижение приставными шагами;
- прыжками в приседе прямо и боком.

К выполнению прыжков в приседе следует подходить постепенно – сначала тренировать их в облегченных условиях, например, при передвижении с небольшим подпрыгиванием в приседе с опорой руками о колени. Затем те же прыжки, обучающиеся выполняют без опоры руками, с большим углом разгибания ног в коленных суставах. И лишь затем следуют многоскоки из глубокого приседа с полным разгибанием ног и максимальным

продвижением вперед. Количество серий и прыжков в многоскоках следует увеличивать постепенно.

Физически подготовленные обучающиеся в фазе поворота осуществляют опору на одну руку и из этого положения выполняют промежуточный старт. Как правило, поворот выполняется налево. Большинство обучающихся к тому же берут предмет правой рукой. Человек настолько привык бегать против часовой стрелки (например, по кругу стадиона), что поворот направо ему кажется неудобным.

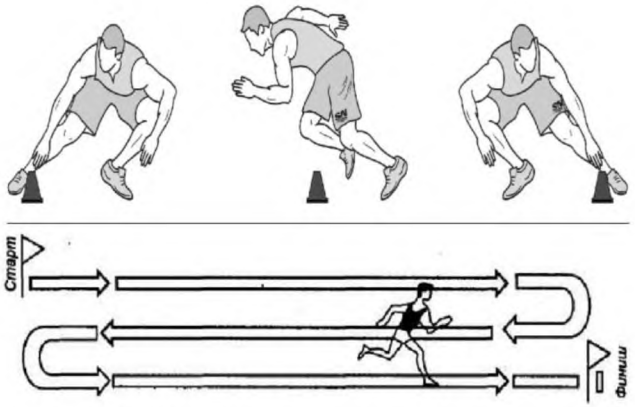


Рис. 2.4. Бег по дистанции и поворот

Вместе с тем для равномерного развития всех мышц и связок ног необходимо включать в занятия бег по часовой стрелке, в том числе и челночный (предварительно оговорив условия поворота). Для этого в подготовительной части занятия можно провести бег «змейкой» с выбором произвольного направления и бег за лидером или направляющим по заданному маршруту, заранее обозначенному.

Финиширование. На открытых площадках с ограниченными размерами, где проводится челночный бег, остро встает вопрос о правильном выборе места для финиширования. Во главу угла здесь ставится техника безопасности. Финиш по возможности должен быть удален от растущих кустов и деревьев, скамеек, стоек и т. д.

В спортивном зале тоже в полной мере надо выполнять все требования техники безопасности. Линию старта челночного бега следует располагать ближе к середине зала, чтобы обучающиеся имели достаточно места для остановки.

Наиболее подготовленным обучающимся можно дать задание выполнить остановку с поворотом в 1-2 м от стены. Кроме того, не стоит пренебрегать способом остановки с опорой ногой о стену на уровне колена, пояса. Почему ногой, а не руками? Потому что мышцы и связки одной ноги в несколько раз сильнее обеих рук, которые в таких условиях непроизвольно бегуны выставляют вперед, что небезопасно. При торможении же ногой с опорой на стену бегун находится в более надежном положении. Почти идеальная мера предупреждения травматизма – использование поролоновых матов, поставленных вертикально и вплотную к стене.

Игры и эстафеты используемые для совершенствования техники челночного бега.

Проведение челночного бега в соревновательной форме помогает повысить его эмоциональный фон – например, проведение забегов с выбыванием по олимпийской системе или эстафета с челночным бегом и переноской кубиков. Для этого на полу в спортивном зале следует краской нанести четыре ряда точек, удаленных друг от друга на 2 м. Всего в каждом ряду по 8 точек. На первые четыре точки ряда ставятся деревянные кубики такого размера, чтобы их можно было легко взять в руку. Первой четверке обучающихся, стоящей на старте, дается, к примеру, такое задание: кубик с 1 точки перенести на 5, бегом вернуться за кубиком, расположенным на 2 точке, и перенести его на 6 точку, кубик с 3 точки перенести на 7, а с 4 – на 8 точку. При этом на 8 точке участники лишь касаются кубиком пола и движутся в обратном направлении. Такая эстафета несет большой эмоциональный заряд, способствует развитию скоростных качеств, координации, внимания.

Особого внимания заслуживают и сами эстафеты, которые обучающиеся передают друг другу в ходе их проведения.

При встречных передачах эстафеты следует исключить пересечение путей передающего и принимающего эстафету и оптимально удалить зону передачи от стен, оборудования и других предметов.

Можно применить в спортивном зале вариант челночного бега в разные стороны. Старт и финиш расположены в середине зала. Соревнующиеся пары стартуют в противоположных направлениях и здесь же финишируют. Интерес представляют необычность направлений бега и встречный финиш. К тому же количество

стартующих увеличивается вдвое. На стартовой линии можно положить набивной мяч, который должен быть слева (справа) от бегунов и оставаться с этой же стороны и при финишировании.

Регулирование нагрузки. Во всех вариантах челночного бега основными компонентами нагрузки служат общая длина дистанции, количество поворотов, длина отрезков от поворота до поворота, количество повторений и продолжительность отдыха между повторениями.

Скорость бега определяется условиями выполнения заданий, физической и технической подготовленностью обучающихся. Так, челночный бег с постановкой ноги на контрольную линию будет проходить с большей скоростью, чем бег с переноской кубиков, а он, в свою очередь, быстрее, чем эстафета с переноской набивных мячей.

Индивидуализации нагрузки служат постоянные и временные установки с учетом предыдущих результатов обучающихся. Это в основном касается нормативных упражнений.

Контрольные забеги стоит проводить не реже одного раза в месяц. В период, предшествующий контролю, можно определить лучшего в группе, на курсе и факультете. В значительной мере челночный бег используется в эстафетах, играх. Выходит, что практически через занятие или даже каждое занятие осуществляется выполнение подготовительных беговых упражнений и челночного бега.

2.4. Прием контрольных нормативов

Челночный бег проводится на любой ровной площадке с твёрдым покрытием, обеспечивающим хорошее сцепление с обувью.

Упражнение выполняются на ровной площадке с размеченными линиями старта и финиша. Ширина линии старта и финиша входит в отрезок 10 м.

По команде «Марш» обучаемый должен пробежать 10 м, коснуться площадки за линией поворота любой частью тела, повернуться кругом, пробежать, таким образом, еще два отрезка по 10 метров. Рекомендуется осуществлять тестирование в соревновательной борьбе, стартуют минимум по два человека.

Техника выполнения испытания.

По команде «На старт» тестируемый становится перед стартовой линией, так, чтобы толчковая нога находилась у стартовой линии, а другая была бы отставлена на полшага назад (наступать на стартовую линию запрещено).

По команде «Внимание!», слегка сгибая обе ноги, тестируемый наклоняет корпус вперёд и переносит тяжесть тела на впереди стоящую ногу. Допустимо опираться рукой о землю.

По команде «Марш!» (с одновременным включением секундомера) тестируемый бежит до финишной линии, пересекает ее касается любой частью тела, возвращается к линии старта, пересекает ее любой частью тела и преодолевает последний отрезок финишируя.

Судья останавливает секундомер в момент пересечения линии «Финиш». Результат фиксируется до 0,1 с.

Ошибки, в результате которых испытание не засчитывается:

- участник начал выполнение испытания до команды судьи «Марш!» (фальстарт);
- во время бега участник помешал рядом бегущему;
- участник не пересек линию во время разворота любой частью тела.

Контрольные вопросы

1. Дать определение «координационные способности».
2. Какие физические качества развиваются с помощью прыжков через скакалку?
3. На какие части можно условно разделить челночный бег?
4. Какие физические качества развиваются в челночном беге?
5. Какие ошибки в челночном беге совершает испытуемый, в результате которых испытание не засчитывается?

3. Развитие гибкости

Гибкость – это одно из пяти основных физических качеств человека. Она характеризуется степенью подвижности звеньев опорно-двигательного аппарата и способностью выполнять движения с большой амплитудой. Это физическое качество необходимо развивать систематически с самого раннего детства.

Гибкость – это способность выполнять упражнения с большой амплитудой. Измерителем гибкости является максимальная амплитуда движения.

Хорошая гибкость обеспечивает свободу, быстроту и экономичность движений, увеличивает путь эффективного приложения усилий при выполнении физических упражнений.

Активная подвижность обусловлена силой мышечных групп, окружающих сустав, их способностью производить движения в суставах за счет собственных усилий. Активная гибкость зависит от силы мышц, производящих движение в данном суставе.

Пассивная подвижность соответствует анатомическому строению сустава и определяется величиной возможного движения в суставе под действием внешних сил. Соответственно поэтому различают и методы развития гибкости. При пассивной гибкости амплитуда движений в суставе больше, чем при активной.

Активная гибкость развивается следующими средствами:

1) упражнениями, в которых движения в суставах доводятся до предела за счет тяги собственных мышц;

2) упражнениями, в которых движения в суставах доводятся до предела за счет создания определенной силы инерции.

Пример: махи ногами, махи ногами с утяжелителями, сочетание махов ногами с утяжелителями и махов ногами без них.

Пассивная гибкость развивается упражнениями, в которых для увеличения гибкости прилагается внешняя сила: вес, сила, вес различных предметов и снарядов. Эти силы могут прикладываться кратковременно, но с большей частотой, или длительно, с постепенным доведением движения до максимальной амплитуды. Упражнения на растягивание мышц и связок следует выполнять как можно чаще, особенно в подростковом и юношеском возрасте, когда гибкость снижается.

Кроме пассивной и активной форм гибкость можно подразделить ***на общую и специальную***.

Под общей гибкостью подразумевают подвижность в суставах и сочленениях, необходимую для сохранения хорошей осанки, легкости и плавности движений.

Специальная гибкость – необходимый уровень подвижности, которая обеспечивает полноценное владение техническими действиями спортсмена. Специальная гибкость – способность успешно (результативно) выполнять действия с минимальной амплитудой.

На гибкость во время занятий существенно влияют внешние условия:

1. Время суток. Доказано, что по утрам гибкость меньше, чем днем и вечером.

2. Температура воздуха. При 20-30°С гибкость выше, чем при 5-10°С.

3. Проведена ли разминка (после разминки продолжительностью 20 мин гибкость выше, чем до разминки). Перед выполнением специально-подготовительных упражнений следует выполнять специальную разминку, включающую специально-подготовительные упражнения, обеспечивающие профилированную подготовку организма к предстоящей деятельности.

4. Разогрето ли тело (подвижность в суставах увеличивается после 10 мин нахождения в теплой ванне при температуре воды +40°С или после 10 мин пребывания в сауне).

Подвижность в суставах развивается неравномерно в различные возрастные периоды. У детей школьного возраста активная подвижность в суставах увеличивается, в дальнейшем она уменьшается.

Объем пассивной подвижности в суставах также с возрастом уменьшается, при этом, чем больше возраст, тем меньше разница между активной и пассивной подвижностью в суставах. Это объясняется постепенным ухудшением эластичности мышечно-связочного аппарата, межпозвоночных дисков и другими морфологическими изменениями.

Возрастные особенности суставов необходимо принимать во внимание в процессе развития и гибкости. Специальное воздействие физическими упражнениями на подвижность в суставах должно быть согласовано с естественным ходом возрастного развития организма.

На уровень развития гибкости оказывают влияние наследственные факторы и факторы среды.

На протяжении жизни человека значительно изменяется величина суставных поверхностей, эластичность мышечно-связочного аппарата, межпозвоночных дисков, суставных сумок. Поэтому естественно, что и величина подвижности в суставах в разном возрасте неодинакова.

В практике тренерской работы используются наиболее простые методы определения гибкости:

- наклон вперед из положения основной стойки (о.с.) с поднятыми руками, результат определяется по касанию пола: кончиками пальцев – «удовлетворительно», кулаками – «хорошо», ладонями – «отлично» (при условии прямых ног в коленном суставе);

- наклон вперед из положения сидя ноги врозь, пятки – на одной линии, результат определяется по линейке, закрепленной на линии (больше «0» – плюс, меньше «0» – минус);

- для измерения гибкости позвоночника: стоя ноги врозь спиной к гимнастической стенке, – опускание назад-вниз, с перехватом рук о стенку (результат определяется расстоянием от последней опоры рук до пола линейкой или сантиметром);

- для определения гибкости в плечевых суставах: стоя ноги врозь, руки вверх с гимнастической палкой – выполнить «выкрут» рук назад-вниз за спину, не сгибая рук в локтевых суставах; результат определяется линейкой или сантиметром, измеряется расстояние между кистями;

- выполнение «шпагата» на правую и левую ногу с удержанием это положения в течение 10 с (результат определяется по положению ног: «отлично» – с максимальным касанием ног опоры и полным удержанием в течение 10 с или измерением линейкой расстояния от ног до опоры);

- различные равновесия на одной ноге;

- наклоны влево-вправо, где одна рука скользит вдоль туловища, другая на поясе;

Гибкость развивают в основном с помощью повторного метода, при котором упражнения на растягивание выполняют сериями. Активная и пассивная гибкость развиваются параллельно друг другу.

Упражнения, направленные на развитие гибкости, основаны на выполнении разнообразных движений: сгибания-разгибания,

наклонов и поворотов, вращений и махов. Такие упражнения могут выполняться самостоятельно или с партнером, с отягощениями, на тренажерах, у гимнастической стенки, с гимнастическими палками, скакалками, обручами и т. д.

Одним из показателей качества гибкости служит амплитуда движений, которая влияет на проявление быстроты, ловкости и других физических качеств. Для развития гибкости эффективны различные упражнения:

- для рук, ног, туловища, головы, с предметами и без них, выполняемые с большой амплитудой;
- различные виды ходьбы и бега длинными шагами;
- прыжки в шаге, прыжки на месте, сгибая ноги к груди;
- глубокие приседания на всей стопе и др.

Развитию активной гибкости способствуют самостоятельно выполняемые упражнения; выполнение упражнений на растягивание с относительно большими весами увеличивает пассивную гибкость. Пассивная гибкость развивается в 1,5-2,0 раза быстрее, чем активная.

Уровень гибкости должен быть таким, чтобы можно было беспрепятственно выполнять необходимые движения. Наибольшее значение имеет подвижность в суставах позвоночника, тазобедренных, плечевых суставах и кисти.

Средством развития гибкости являются упражнения на растягивание. Эти упражнения делятся на две группы: *динамические и статические*.

Динамические упражнения – это однофазные и пружинящие движения (наклоны); маховые и фиксированные; без отягощений; с партнером (парные).

Статические – упражнения на снарядах, с партнером, с отягощением.

Упражнения на растягивание рекомендуется выполнять сериями по нескольку повторений в каждой. Число повторений должно возрастать постепенно: от 8-10 на первом занятии до 20-40 раз через 2-3 месяца. В частности, для развития подвижности плечевых и тазобедренных суставов количество повторений должно составлять 15-25 раз.

Упражнения для развития активной гибкости выполняются, как правило, в темпе «одно повторение в секунду». Темп

упражнений на пассивную гибкость несколько реже. Время выдержек в статических упражнениях – 4-6 с.

Для развития гибкости наиболее целесообразны маховые движения с постепенным увеличением амплитуды, пружинящие движения с выпадами, приседания, наклоны и т.д. Особенно полезны эти движения с опорой на снаряд и с помощью партнера.

При выполнении упражнений на улучшение гибкости нужно быть и внимательными по отношению к собственным ощущениям. При осуществлении выбранного метода растяжки главное – осторожность действий, недопущение рывков, не доводить растяжку до боли. Очень важно разогреваться.

Удерживать растянутое положение необходимо не менее 10 с, в противном случае желаемого эффекта не добиться. Идеальная пауза в состоянии растяжки – не менее мин.

Нельзя задерживать дыхание, наоборот, оно должно быть глубоким. Это способствует расслаблению мышц и хорошей растяжке.

При растяжке не допускайте болевых эффектов. Наличие некоторого дискомфорта неизбежно, но острой боли быть не должно.

У разных людей разная степень гибкости и состояние связок. Полезно следовать составленной программе растяжки, учитывающей наиболее нагружаемые мышцы. Необходимо помнить, что увеличение нагрузки к концу занятия до значительной (частота пульса 160-180 уд/мин) оказывает тренирующее воздействие на организм, а низкая или, наоборот, чрезмерная нагрузка приводит, как правило, к противоположным результатам.

3.1. Гимнастика (Оздоровительная гимнастика – девушки, атлетическая гимнастика – юноши)

Оздоровительная гимнастика – это система упражнений направленная на укрепление основных мышечных групп, улучшение деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, корректирование телосложения, совершенствование обменных процессов в организме.

Существует несколько видов оздоровительной гимнастики: общеразвивающие упражнения, гигиеническая, профессионально-прикладная, фитнес, аэробика, ритмическая гимнастика, атлетическая, корригирующая, шейпинг, калланетик, стретчинг, лечебная,

восстановительная, статическая, батутная, дыхательная, водная гимнастика, цигун, йога, ушу и т.д.

Виды и характеристика фитнес гимнастики.

Пилатес – представляет собой систему гимнастических упражнений, разработанную Джозефом Пилатесом, на основе восьми принципов, при этом комплексы отличаются кондиционной и коррекционной направленностью. Система пилатес изначально включала в себя 34 базовых упражнения, в настоящее время – свыше 500 упражнений. Комплексы пилатеса отличаются отсутствием ударной и прыжковой нагрузки, исключением чрезмерного напряжения; при этом структура и содержание методики позволяют комплексно проработать поверхностные и глубокие мышцы.

Базовые упражнения для составления комплекса повышенной сложности:

1. *«Сотня»*. Упражнение «Сотня» обеспечивает средний разогрев мышц пресса (центра силы) и верхнего плечевого пояса.

Выполнение упражнения:

И. п. для классической сотни: лежа на спине, фиксируется центр тела. Согнуть ноги в коленях под углом 90° и поднимать их в позицию столика, носки вытянуты. Поднимать голову, плечи и лопатки от пола, руки вытянуты вдоль туловища. На 5 кратких вдохов – 5 кратких выдохов выполнить удары руками по воздуху (вверх-вниз). Количество повторений: повторите 10 раз, что в сумме даст сотню.

Методические указания:

- при выполнении упражнения мышцы шеи не напрягаются – смотреть прямо перед собой (взгляд на уровне коленей), представлять, что между подбородком и грудью зажат теннисный мяч;
- держать руки натянутыми, удары проводить с силой и энергично;
- дыхание не задерживается, живот втянут, дышать ребрами;
- для усложнения «Сотни» поднимать прямые ноги к вверх, продвинутый вариант – прямые ноги перед собой под углом 45° к туловищу;
- чтобы облегчить выполнение упражнения «Сотни» (начальный уровень), поставить согнутые ноги на пол. В данном случае работать только руками и прессом.

2. *Скручивание наверх.* Упражнение на растяжение и массажа позвоночника и мышц спины, укрепление мышц пресса и центра тела.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, выпрямить ноги, притянуть пальцы ног на себя, зафиксировать центр тела, втянуть живот. Сделать вдох и поднять руки перед грудью. На выдохе поднять голову от пола и начинать медленно скручивать вверх, позвонок за позвонком. Дотянуться руками до пальцев ног, вдох, а с выдохом медленно опуститься на пол. Количество повторений: 8 повторений.

Методические указания:

- упражнение «Скручивание наверх» проводится плавно и медленно, без рывков и резких опусканий на пол;
- не отрывать ноги от пола во время выполнения упражнения;
- мышцы шеи не напрягаются;
- для усложнения скручивания наверх натянуть носочки вперед;
- для упрощения упражнения (начальный уровень) не подниматься до положения сидя, достаточно отрывать лопатки от пола (при этом действует тот же принцип дыхания). Можно также согнуть ноги в коленях.

3. *Скручивание ног за голову.* Упражнение для растяжения и массажа позвоночника и мышц спины, укрепление мышц пресса и центра тела, растяжка задней поверхности бедер и ягодичных мышц.

Выполнение упражнения:

Вариант 1. И. п.: лежа на спине, руки вдоль туловища, ноги выпрямлены на полу, носки натянуты. Зафиксировать центр тела, втянуть живот. Сделать вдох, на выдохе поднять ноги от пола и медленно скручивать их за голову, насколько это получается. В идеале занимающийся должен коснуться носочками пола, вдохнуть и с выдохом плавно опустить ноги на пол.

Вариант 2. И. п.: то же, что и в первом варианте, на выдохе проводится скручивание ног за голову с натянутыми носками, на вдохе стопы становятся в позицию «флекс» и с выдохом проводится раскручивание вниз. Количество повторений: 8 повторений.

Методические указания:

- не помогать себе руками, как бы отталкивая ноги от пола;

- не делать резких движений, скручивание выполняется плавно – позвонок за позвонком;

- стараться держать ноги прямыми и дотронуться пальцами ног пола за головой;

- более легкая версия скручивания ног за голову – из положения с ногами в позиции столика (поднятые ноги согнуты в коленях под углом 90°).

4. *Круги ногой*. Упражнение для растяжки и укрепления мышц ног, тренировка мышц нижнего пресса, развитие координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, ноги вытянуты вперед. Притянуть одну ногу к груди, аккуратно растянуть ее. Оставить ногу поднятой, вытянуть носочек прямо к вверх. Нарисовать носочком на потолке маленькие кружочки (по 6 кружков на каждую сторону), затем повторить упражнение на другую ногу. Действует принцип полукруга (полкруга вдох, полкруга выдох).

Методические указания:

- стараться вытянуть ногу максимально вверх, приподнимая при этом ягодицу;

- чем больше амплитуда движения (чем больше круги), тем сложнее упражнение;

- держать живот втянутым;

- рисовать круги натянутым носочком;

- для упрощения упражнения можно согнуть опорную ногу в колене (начальный уровень).

5. *Перекаты на спине.* Упражнение для растяжки и массажа позвоночника и мышц спины, тренировка мышц на животе.

Выполнение упражнения:

И. п.: сидя ноги согнуты, хват руками под коленями, и слегка поднять ноги от пола (носки натянуты), округлить спину, втянуть живот. На вдохе перекатиться в положение лежа, стараясь сохранить дистанцию между лбом и коленями, на выдохе силой мышц пресса вернуться в и. п. Количество повторений: 5-6 повторений.

Методические указания:

- при перекате задержаться на плечах, не класть шею и голову на пол;

- упражнение выполнять плавно, без рывков, работая мышцами пресса;

- не ставить ноги на пол между перекатами;

- чтобы усложнить упражнение, в и. п. поднимать согнутые в коленях ноги под углом 90°. Также возможно обхватить руками крест-накрест под коленями, максимально притянув колени ко лбу;

- при проблемах с позвоночником, занимающимся необходимо проконсультироваться с врачом о возможности выполнения перекатов на спине.

6. *Растягивание ног поочередно*. Упражнение на растяжку мышц спины и ног, тренировка пресса, укрепление центра тела, дыхательная гимнастика.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, живот втянут, согнутые в коленях ноги подняты под углом 90°. С выдохом поднять лопатки от пола и притянуть одну ногу к груди, другую ногу вытянуть вперед. Согнутую ногу с внутренней стороны обхватить за колено, а с наружной – за косточку. Сделать глубокий вдох, с выдохом сменить положение ног. Повторить 4 раза, поменять дыхание (где был вдох, теперь выполнить выдох) и повторить еще 4 раза.

Методические указания:

- ноги должны двигаться как бы по одной линии, носки натянуты;

- не напрягать мышцы шеи, голову немного наклонить к груди;

- для усложнения на каждое притягивание ноги выполнить 2 вдоха – 2 выдоха.

7. *Растягивание ног одновременно*. Упражнение на растяжку и укрепление мышц спины и ног, тренировка пресса.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, втянуть живот, согнуть ноги в коленях и подтянуть к груди, поднять лопатки от пола, положить руки на колени или на голени. На вдохе вытянуть руки по направлению к ушам и вверх, выпрямить ноги под углом 45° к полу, на выдохе снова свернуться в и. п. Количество повторений: 8 повторений.

Методические указания:

- тянуть носочки в каждом положении;

- не напрягать мышцы шеи, наклонить голову к груди;

- чтобы немного упростить упражнение, ноги можно выпрямлять больше вверх, нежели вперед. Новички могут не отрывать лопатки от пола при выполнении упражнения.

8. *Растягивание спины вперед*. Упражнения на растяжку и укрепление спины и позвоночника, растяжка задней поверхности бедра, устранение застоя в легких.

Выполнение упражнения:

И. п.: сидя на полу, ноги вытянуты перед туловищем, пальцы ног тянуть на себя, втянуть живот и вытянуть руки перед собой. Сделать глубокий вдох, с выдохом наклониться вперед (тянуться вперед грудью, спина при этом прямая), в последний момент наклонить голову вперед. На вдохе вернуться в и. п., начиная движение от центра тела. Количество повторений: 8 повторений.

Методические указания:

- спина должна быть прямой на протяжении всего растягивания ее вперед;
- стараться выдыхать весь воздух из легких, максимально втягивать живот, приклеив пупок к позвоночнику;
- не поднимать вверх;
- для упрощения упражнения можно вытянуть носки вперед и немного согнуть ноги в коленях (начальный уровень).

9. *Кресло-качалка*. Упражнение для укрепления мышц пресса, растяжки задней поверхности бедра и спины, улучшение подвижности и массаж позвоночника.

Выполнение упражнения:

И. п.: Сидя на полу, спина округлена, согнутые в коленях ноги перед грудью. Втянуть живот и зафиксировать центр тела. Обхватить ноги руками за щиколотки и, удерживая баланс, выпрямить ноги, натянуть носочки. На вдохе выполнить перекат на спину, зафиксировать положение на плечах, с выдохом вернуться наверх. Количество повторений: 6 раз.

Методические указания:

- держите спину округленной, не делать резких движений;
- оставаться на плечах, не перекатываться на шейный отдел позвоночника;
- не напрягать шею, голова слегка наклонена к груди;
- работать мышцами пресса – именно они должны помогать при вставании, не подниматься при помощи рывка;
- не менять дистанцию между головой и ногами на протяжении выполнения всего упражнения;
- для упрощения упражнения «Кресло-качалка» можно держать ноги вместе или немного согнуть ноги в коленях;
- для усложнения упражнения стараться не держаться за щиколотки, а лишь положить на них руки для баланса.

10. *Штопор*. Упражнение для укрепления мышц пресса и ног.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, руки вдоль туловища, ноги согнуты в коленях и притянуты к груди, живот втянут. На выдохе выпрямить ноги и вытянуть носочки к вверх. Между телом и ногами должен быть прямой угол. На вдохе рисовать ногами круг на потолке (полкруга – вдох, полкруга – выдох), постепенно увеличивать диаметр круга. Количество повторений: 6 раз в каждую сторону.

Методические указания:

- носки должны быть натянуты во время всего упражнения, ноги держать вместе;
- не напрягать шею и не поднимать плечи от пола;
- не сгибать ноги в коленях, держать живот максимально втянутым, дышать ребрами;
- если образуется прогиб в области поясницы, положить руки под копчик.

Для упрощения упражнения «Штопор» выполнять маленькие кружки ногами (начальный уровень).

Для усложнения упражнения «Штопор» (продвинутый уровень) нужно привстать и опереться на локти или даже на ладони (руки при этом выпрямлены). Ноги опустить под углом 45° к полу и рисовать ногами «восьмерку», постепенно увеличивая радиус кружков.

11. *Пила*. Упражнение на укрепление мышц пресса, растяжки задней поверхности бедра и спины, формирование талии, улучшение подвижности позвоночника, устранение застоя в легких.

Выполнение упражнения:

И. п.: сидя на полу, ноги разведены в стороны чуть шире бедер, руки также разведены в стороны и образуют с плечами одну линию, ладони смотрят вниз. Стопы тянуться на себя, живот максимально втянут. Сделать глубокий вдох, на выдохе наклониться вперед, повернуть корпус в сторону и потянуться рукой к противоположной ноге. Держать спину прямой. Стараться положить внешнюю часть руки на косточку на лодыжке, вторая рука устремлена вверх, смотреть на нее. На вдохе вернуться в и. п., с выдохом выполнить в другую сторону. Количество повторений: 4 раза на каждую сторону.

Методические указания:

- при выполнении упражнения спину держать прямо;

- стараться выдыхать весь воздух из легких;

- руки постоянно находятся в прямой линии с плечами;

- не напрягать шею, голова немного наклонена к груди;

- не отрывать ноги или ягодицы от пола при повороте туловища;

- для упрощения упражнения «Пила» можно при наклоне немного сгибать колени;

- для усложнения упражнения добавить наклоны к противоположной ноге на 2 вдоха – 2 выдоха, прежде чем вернуться в и. п.

12. *Ныряющий лебедь*. Упражнение на укрепление мышц тела, растяжка и укрепление задней поверхности бедра, спины, плеч, рук, шеи, развитие гибкости.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на животе, зафиксировать центр тела, ноги вместе, носки натянуты, руки вытянуты вперед. На вдохе поднять туловище от коврика и тут же с выдохом перекатиться вперед, максимально подняв ноги. На вдохе снова перекатиться на ноги, подняв туловище с руками вверх. Количество повторений: 4-5 раз.

Методические указания:

- перекаты проводить плавно, без рывков;

- не запрокидывать голову, макушка все время тянется вверх, как и руки;

- не задерживать дыхание и не сгибать ноги или руки;

- для упрощения упражнения «Ныряющий лебедь» можно немного развести ноги, не ослабляя при этом ягодичные мышцы. Также можно развести руки в стороны (ладони книзу) вместо выпрямления их над головой.

13. *Захлёст одной ногой*. Упражнение для укрепления мышц туловища, растяжка и укрепление задней поверхности бедра, ягодиц, спины (верхней части), плеч, рук.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на животе, зафиксировать центр тела, вытянуть ноги и натянуть носочки. На выдохе поднять корпус от пола, встать на локти (локти прямо под плечами), руки вытянуть вперед и сжать в кулачки. Выровнить спину – спина и голова должны быть в одной линии. На 2 кратких вдоха поднять одну ногу от пола (нога согнута в колене) и сделать 2 захлеста в направлении к ягодице, на 2 выдоха плавно положить ногу на пол. Повторите 2-ой ногой. Количество повторений: 4 повторения на каждую ногу.

Методические указания:

- при выполнении упражнения носочки всегда натянуты;
- не запрокидывать голову, смотреть прямо перед собой;
- вытягивать втянутый живот вверх, отрывая его от пола;
- для упрощения упражнения «Захлест одной ногой» можно опираться не на кулачки, а на ладони. Абсолютные новички могут выполнять данное упражнение полностью лежа на животе;
- если после выполнения захлестов чувствуются боли в пояснице, нужно растянуть спину, приняв позицию ребенка – встать на четвереньки, раздвинуть колени в стороны на ширину коврика и соединить большие пальцы стоп. Поддать таз назад и опуститься ягодицами на пятки. Поместить живот в пространстве между бёдрами и вытянуть спину от копчика до шеи. Вытянуть руки вперёд и выпрямить их в локтях, развернуть кисти ладонями в пол. Развести лопатки, чтобы между плечами и ушами оставалось свободное пространство. С выдохом опустить лоб на коврик и расслабиться.

14. *Захлёст двумя ногами*. Упражнение на укрепление мышц туловища, растяжка и укрепление задней поверхности бедра, ягодиц, спины, рук.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на животе (голова упирается лбом или подбородком в пол), зафиксировать центр тела, вытянуть ноги и натянуть носочки, руки сцепить за спиной либо в замок, либо сделав из большого и указательного пальцев кружочки. На 2 кратких вдоха согнуть ноги в коленях и сделать 2 захлеста, стараясь дотянуться носочками до ягодиц. На выдохе плавно положить ноги на пол и одновременно поднять корпус, сведя лопатки и вытянуть сцепленные руки параллельно полу. Количество повторений: 8 раз.

Методические указания:

- держать носочки натянутыми;
- не запрокидывать голову, смотреть перед собой, макушку тянуть вверху;
- на выдохе стараться максимально прогнуть спину, поднять грудь от пола;
- живот и ягодицы все время должны быть напряжены;
- новички могут выполнять захлесты двумя руками с позиции, когда руки согнуты в локтях перед туловищем;
- если после выполнения захлестов чувствуется боли

в пояснице, растянуть спину, приняв детскую позицию.

15. *Вытяжение шеи.* Упражнение для растяжки задней поверхности бедра и спины, улучшение подвижности позвоночника, формирование правильной осанки, избавление от болей в шейном отделе позвоночника.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, положить руки под голову, не переплетая пальцы. Прямые ноги вытянуть перед собой и развести на ширину бедер, стопы тянуть на себя. Втянуть живот, зафиксировать центр тела, прижать позвоночник к полу. На выдохе плавно поднять голову от пола и скручивать корпус вперед, выдохнуть, достигнув максимального наклона вперед (спина округлена). На вдохе сесть ровно, спина прямая и тянуть макушку к потолку.

На выдохе отклониться с ровной спиной немного назад, держите корпус мышцами пресса, вдохнуть и вернуться в положение сидя прямо (не обязательная позиция для выполнения).

С выдохом округлить спину и позвонок за позвонком провести раскручивание назад до положения лежа. Количество повторений: 4 раза.

Методические указания:

- все время работать мышцами пресса;
- не скрещивать руки под головой и не тянуть шею наверх руками;
- не поднимать ноги во время выполнения скручиваний;
- локти должны быть широко развернуты в стороны;
- при скручиваниях спина округлена, не делать резких движений, особенно при опускании на пол;
- для упрощения упражнения «Вытяжение шеи» можно слегка согнуть ноги при скручивании наверх. Если тяжело держать руки за головой, можно вытянуть их перед грудью;
- для усложнения упражнения натянуть носки ног и держать ноги вместе.

16. *Ножницы.* Упражнение для растяжки и укрепление мышц спины и ног, тренировка пресса, укрепление центра тела, дыхательная гимнастика, развитие координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спину, втянуть живот, согнутые в коленях ноги подняты под углом 90°. На выдохе поднять лопатки от пола и вытянуть обе ноги, одну из них притянув к себе и зафиксировать

ее руками. Выполнить вдох, на выдохе смените положение ног. Повторить 4 раза, затем поменять дыхание (на месте вдоха будет выдох) и повторить еще 4 раза.

Вторая версия ножниц: притянуть к себе одну ногу и сделать 2 вдоха, поменять ногу и сделать 2 выдоха.

Методические указания:

- носки должны быть максимально натянуты, живот втянут и стремится к позвоночнику;
- не напрягать мышцы шеи;
- при смене ног в воздухе верхняя половина тела должна быть зафиксирована;
- новички могут держать ноги слегка согнутыми в коленях.

Для продвинутого уровня ножницы могут проводиться с приподнятыми ягодицами. Из положения лежа с согнутыми перед собой ногами выполнить «Березку» (тянуться прямыми ногами к потолку). Поддерживать поясницу руками, устойчиво лежать на лопатках. На вдохе развести ноги, на выдохе поменять положение ног. Дыхание – как описано выше в более легкой версии. Можно также проводить упражнение на 2 вдоха – 2 выдоха.

17. *Велосипед.* Упражнения для укрепления мышц туловища, растяжки, развитие гибкости и укрепление ног, ягодиц, спины, рук.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на пол, руки вдоль туловища, ноги согнуты в коленях, зафиксировать центр тела, втянуть живот. Выполнить вдох, на выдохе медленно поднимать ноги от пола и поднимаясь в позицию «Березки», поддерживая себя руками, вытянуть ноги вверх, натянуть носки. На вдохе опустить прямую правую ногу параллельно полу и потянуться носком вперед, в то же время левую ногу согнуть в колене и потянуться носком к полу. На выдохе потянуть носок левой ноги к ягодице, на вдохе сменить положение ног (левое колено тянуть к груди и выпрямить ногу параллельно полу, правую ногу согнуть и опустить вниз). Количество повторений: 3- 4 повторения на каждую ногу.

Методические указания:

- не прогибать спину, держаться наверху мышцами пресса;
- при смене ног не болтаться, центр тела должен быть зафиксирован;
- не становиться на шею, оставаться на плечах;

- при вытяжении ног убедиться, что ягодицы напряжены, при этом растягивается задняя и передняя поверхность бедер.

- если после выполнения велосипеда занимающийся чувствует боли в пояснице, растянуть спину, приняв детскую позицию.

- для упрощения упражнения «Велосипед» можно слегка согнуть ноги в позиции наверху;

- для усложнения велосипеда вытягивать ноги в продольный шпагат.

18. *Мостик на плечах.* Упражнения для укрепления мышц туловища, укрепление и подтягивание ягодиц и нижней части спины.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, согнуть ноги в коленях, стопы параллельно друг другу. Руки вдоль тела. Со вдохом поднимать ягодицы максимально вверх (как будто кто-то тянет за пояс), задержаться на несколько счетов в таком положении, сжимая ягодицы, с выдохом опуститься вниз, но не класть ягодицы на пол. Количество повторений: 8 повторений.

Методические указания:

- не подниматься до уровня шеи, всегда оставаться на плечах;

- поднимать ягодицы медленно, округляя спину позвонок за позвонком;

- не ставить ноги слишком далеко друг от друга, держать живот втянутым;

- стараться больше опираться о пятки, чем о пальцы ног;

- для усложнения мостика на плечах можно подвинуть стопы ближе к ягодицам и обхватить лодыжки руками. Можно также поднять пальцы ног, оторвав их от пола, и выполнять упражнение только на пятках.

19. *Скручивание спины.* Упражнение для укрепления косых мышц живота, формирование талии, растяжение мышц спины и позвоночника, устранение застоя в легких.

Выполнение упражнения:

И. п.: сед прямо, макушка устремлена вверх, ноги вытянуть перед собой, пальцы ног тянуть на себя. Развести прямые руки в стороны, ладони смотрят вниз. Удостовериться, что руки и плечи образуют одну линию. Втянуть живот, зафиксировать центр тела и сделайте глубокий вдох, открыть ребра. На 2 выдоха повернуться в одну сторону, зафиксировать положение. На вдохе вернутся в и. п. (прямо) и повторить скручивание спины в другую сторону.

Количество повторений: 4 раза на каждую сторону.

Методические указания:

- скручивание проводить от талии, не от плеч или рук;

- вытягивать руки и плечи в одну ровную линию на каждом этапе проведения упражнения;

- держать спину прямой, живот втянутым, позвоночник вытягивать вверх (прочувствовать энергию, пробегающую по позвоночнику снизу-вверх);

- не отрывать ноги от пола, плотно сидеть на ягодицах;

- для упрощения можно немного согнуть ноги в коленях или положить под ягодицы подушечку.

20. *Перочинный нож.* Упражнение для растяжки и массаж спины и позвоночника, укрепление нижней части спины.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, руки вдоль туловища, ноги вытянуты вперед, носки натянуты. Втянуть живот, зафиксировать центр тела. На вдохе поднимать прямые ноги вверх и медленно опускать их за голову, поставив пальцы ног на пол. На выдохе поднимать прямые ноги вверх и вытянуть их в «Березку». На вдохе снова опустить ноги за голову, на этот раз параллельно полу. На выдохе вернуться в и. п. (ноги перед собой на полу). Количество повторений: 4 раза.

Методические указания:

- все время держать живот втянутым, стараться не опираться на руки, работать мышцами пресса;

- все время лежать на плечах, не переходить на шею;

- упражнение «Перочинный нож» выполнять медленно, округляя спину позвонок за позвонком;

- для упрощения упражнения в исходной позиции можно согнуть ноги, а наверху поддерживать спину руками;

- для усложнения упражнения «Перочинный нож» положить прямые руки за голову. Можно также по одной выпрямлять ноги наверх в «Березку» из позиции «ноги за головой».

21. *Серия упражнений на боку (Вперед-назад).* Упражнение для растяжки и укрепление ног, бедер и ягодиц, улучшение координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на боку, положить голову на согнутую в локте руку, вторую руку поставить перед собой, зафиксировать центр

тела, бок вытянуть вверху, прямые ноги притянуть к себе под углом 45°, нижнюю ногу поставить на пальцы, пятки вместе (позиция Пилатес). На выдохе поднимать верхнюю ногу слегка вверх и (чуть выше уровня бедра), развернуть ее пяткой вниз и натянуть стопу на себя. На вдохе еще больше втянуть живот, приклеив пупок к позвоночнику, и выводить ногу максимально вперед, в этом положении сделать маленькое пружинящее движение ногой вперед. На выдохе вернуть ногу в и. п. (под углом 45° к туловищу). Количество повторений: 5-10 раз на каждую ногу.

Методические указания:

- не болтаться при выведении ноги вперед, держать центр тела;
- не горбить спину и не провисать боком вниз;
- ноги должны быть выпрямлены, рабочая нога в позиции «флекс» находится все время на одном уровне;
- для усложнения упражнения завести опорную руку за голову, локоть тянуть вверх. В таком положении держаться исключительно мышцами зафиксированного центра тела.

Вверх-вниз. Упражнение для растяжки и укрепление ног, бедер и ягодиц, улучшение координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на боку, положить голову на согнутую в локте руку, вторую руку поставить перед собой, зафиксировать центр тела, бок вытянуть вверх, прямые ноги притянуть к себе под углом 45°, нижнюю ногу поставить на пальцы, пятки вместе (позиция Пилатес). С выдохом слегка приподнимать верхнюю ногу и развернуть ее пяткой вниз. Это и будет исходная позиция. На вдохе поднять верхнюю ногу максимально вверх – при этом нога должна оставаться прямой, а пятка развернутой книзу. С выдохом опустить ногу в и. п. Количество повторений: 5-10 раз на каждую ногу.

Методические указания:

- держать равновесие при поднятии ноги, держать центр тела;
- спину не сгибать и не провисать боком вниз;
- ноги должны быть выпрямлены, рабочая нога вытянута носком вверх;
- для усложнения упражнения завести опорную руку за голову, локоть тянуть вверх. В таком положении держаться исключительно мышцами зафиксированного центра тела.

Малые круги. Упражнение для растяжки и укрепления ног, бедер и ягодиц, улучшение координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на боку, положить голову на согнутую в локте руку, вторую руку поставить перед собой, зафиксировать центр тела, бок вытянуть вверху, прямые ноги притянуть к себе под углом 45°, нижнюю ногу поставить на пальцы, пятки вместе (позиция Пилатес). С выдохом приподнять верхнюю ногу чуть выше уровня бедра и развернуть ее пяткой вниз. Это и будет исходная позиция. На вдохе рисовать маленькие кружочки ногой вперед. Повторить 5-6 раз, затем сменить направление, рисовать кружки назад. Дыхание по принципу: полкруга – вдох, полкруга – выдох.

Методические указания:

- держать равновесие при рисовании кружков, держать центр тела;
- спину не сгибать и не провисать боком вниз;
- ноги должны быть выпрямлены, рабочая нога вытянута носком вверх;
- для усложнения упражнения завести опорную руку за голову, локоть тянуть вверх. В таком положении держаться исключительно мышцами зафиксированного центра тела. Можно также опереться на предплечье.

Пассе в сторону. Упражнение для растяжки и укрепление ног, бедер (особенно внутренней поверхности) и ягодиц, улучшение координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на боку, голову положить на натянутую руку, тело вытянуть в одну линию, втянуть живот, зафиксировать центр тела. Верхнюю ногу согнуть в колене и поставить ее стопу перед коленом нижней ноги. Натянуть носок на нижней ноге и немного развернуть пятку вверх, с выдохом слегка поднять ногу от пола – и. п. На вдохе поднять ногу максимально вверх, не сгибая ее, с выдохом опустить ее в и. п. Количество повторений: 10 раз на каждую ногу.

Методические указания:

- держать равновесие при поднятии ноги;
- не отрывать корпус от пола. Работать только бедром и ногой;
- для усиления эффекта и усложнения упражнения можно задерживаться на несколько счетов в позиции с максимально поднятой ногой, выполнять ногой быстрые пульсирующие движения

или после поднятия ноги добавить серию кругов нижней ногой;

- для упрощения упражнения положить верхнюю ногу на колено перед собой.

Подъем на внутреннюю поверхность бедра. Упражнение для растяжки и укрепление ног, бедер (особенно внутренней поверхности) и ягодиц, улучшение координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на боку, голова лежит на натянутую руку, тело вытянуто в одну линию, живот втянут, зафиксировать центр тела. Верхнюю ногу согнуть в колене и поставьте ее стопу перед коленом нижней ноги. Натянуть носок на нижней ноге и немного развернуть пятку вверх, с выдохом слегка поднять ногу от пола – и. п. На вдохе поднять ногу максимально вверх, не сгибая ее, с выдохом опустить ее в и. п. Количество повторений: 10 раз на каждую ногу.

Методические указания:

- при поднятии ноги держать равновесие;

- не отрывать корпус от пола. Работать только бедром и ногой;

- для усиления эффекта и усложнения упражнения можно задерживаться на несколько счетов в позиции с максимально поднятой ногой, выполнять ногой быстрые пульсирующие движения или после поднятия ноги добавить серию кругов нижней ногой;

- для упрощения упражнения положить верхнюю ногу на колено перед собой.

22. Подъем на внутреннюю поверхность бедра. Упражнение для укрепления мышц тела, растяжки и укрепление ног, бедер (внутренней поверхности) и ягодиц, улучшение координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на боку, голову положить на натянутую руку, тело вытянуть в одну линию, втянуть живот, зафиксировать центр тела. Ноги находятся в позиции Пилатес. На выдохе поднять обе ноги вверх. На вдохе спустить нижнюю ногу чуть ниже. На выдохе резко подтянуть ее к верхней. Количество повторений: 10 раз на каждую ногу.

Методические указания:

- держать равновесие при поднятии ноги, туловище все время натянуто по одной линии;

- ее отрывать корпус от пола. Работать только бедром и ногой;

- для упрощения упражнения можно держать ноги близко к полу;

- для усложнения упражнения поднимать корпус и опираться головой о руку, согнутую в локте. Вторую руку положить перед собой. Для очень продвинутого уровня возможно заведение обеих рук за голову, что вынудит еще больше вовлечь в работу мышцы центра тела.

23. Велосипед на боку. Упражнение для растяжки и укрепление ног, бедер и ягодиц, улучшение координации, улучшение подвижности тазобедренного сустава.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на боку, положить голову на согнутую в локте руку, вторую руку поставить перед собой, зафиксировать центр тела, бок вытянуть кверху, прямые ноги притянуть к себе под углом 45°, нижнюю ногу поставить на пальцы, пятки вместе (позиция Пилатес). С выдохом слегка приподнять верхнюю ногу. На вдохе отвести верхнюю ногу максимально назад, согнув её в колене и стараться приблизить пятку к ягодице. С выдохом вытянуть колено вперед к плечу, держа ногу на одном уровне, на вдохе выпрямить ногу вперед, затем прямую ногу с выдохом перенесите назад и снова тянуть пятку к ягодице. Количество повторений: 10 раз на каждую ногу.

Методические указания:

- держать равновесие тела при отведении ноги назад или вперед;
- спину не горбить и не провисать боком вниз;
- не отрывать корпус от пола, работать только бедром и ногой;
- не опускать верхнюю ногу ниже уровня таза;
- для упрощения упражнения «Велосипед на боку» положить голову на вытянутую вверх руку;
- для усложнения упражнения завести обе руки за голову, что еще больше вовлечет в работу мышцы туловища.

24. *Головоломка.* Упражнение для мышц пресса, растяжки и укрепление спины и ног.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, руки вытянуты над головой, ноги согнуты в коленях перед собой, колени вместе. Зафиксировать центр тела, втянуть живот. На вдохе поднять руки перед грудью, с выдохом позвонок за позвонком скручивать корпус вперед, вытягивая макушку вверх. В положении, когда мышцы пресса наиболее вовлечены в работу, выровнить спину и задержать на 3 счета, сделать вдох, с выдохом раскрутиться вниз. Количество повторений: 3-5 раз.

Методические указания:

- выполнять упражнение медленно, не делая резких движений;
- вытягивать корпус больше вверх, чем вперед;
- не поднимать плечи к ушам;
- не отрывать стопы от пола;
- для усложнения упражнения поднимать одну ногу вверх, соединив колени, и проводить скручивания вверх, как описано в упражнении.

Чтобы еще больше повысить уровень сложности, в положении с поднятой ногой можно на верхней точке подъема повернуть корпус поочередно в каждую сторону, затем с выдохом опуститься вниз.

25. *Круги ногами.* Упражнение для мышц туловища, пресса и ног.

Выполнение упражнения:

И. п: в положении лежа на спине опереться на локти, выровнить спину, согнуть ноги в коленях и притянуть их к себе. На выдохе выпрямить ноги перед собой и немного в диагонали (под углом 45° к полу), тянуть носочки вперед и рисовать натянутыми ногами кружки. Дыхание по принципу: полкруга – вдох, полкруга – выдох. Количество повторений: 6 раз в каждую сторону.

Методические указания:

- не напрягать плечи и шею, наклонить голову к груди и смотреть на колени;
- живот втянут на протяжении всего упражнения «Круги ногами», не прогибать поясницу;
- для усложнения упражнения (продвинутый уровень), опереться не на локти, а на ладони (пальцы развернуты к телу). Локти в данном случае держать прямыми, держать равновесие при «рисовании» кругов;
- для упрощения упражнения кругов ногами можно слегка приподнять ноги вверх, не сгибая при этом колени. Также между переходом на круги в другую сторону можно притянуть колени к себе и сделать несколько вдохов – выдохов, тем самым давая мышцам небольшую передышку.

26. *Плавание*. Упражнение для растяжки и укрепление спины, рук и ног.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на животе, вытянуть руки вперед, зафиксировать центр тела (живот втянут и минимально касается пола), поднимать голову от пола, смотреть вниз перед собой.

Базовый уровень: на вдохе поднять одну руку и противоположную ей ногу, на выдохе сменить руку и ногу.

Продвинутый уровень: на вдохе одновременно поднимать руки и ноги от пола, выдохнуть, на 5 вдохов – 5 выдохов выполнять плавательные движения, поднимая одну руку и противоположную ей ногу еще немного выше, а затем меняя руку и ногу. Количество повторений: 3-5 раз (1 раз = 5 вдохов-5выдохов)

Методические указания:

- держать равновесие при выполнении упражнения;
- поднимать руки и ноги как можно выше, при этом держать их прямыми, носочки вытягивать;
- не запрокидывать голову назад, смотреть вниз перед собой;
- в продвинутом варианте поднимать от пола грудь и ноги прямо от бедер;
- после выполнения упражнения растянуть спину в позиции ребенка.

27. *Подъем ноги вверх в упоре лежа*. Упражнения для мышц, пресса, растяжки и укрепления спины, ягодиц, рук и ног.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на животе поставить ладони под плечи, зафиксировать центр тела и отжиматься от пола в позицию планки – тело натянуто по одной линии, живот и ягодицы втянуты внутрь, стопы в позиции Пилатес. На выдохе переместить вес тела назад, устремляя пятки к полу, на вдохе вернуться в и.п. Повторить 2-3 раза для разминки запястий и ахиллова сухожилия.

На вдохе поднять одну ногу вверх параллельно полу и вытянуть носок, на выдохе переместить вес тела назад, на вдохе снова вперед и опустить ногу. Количество повторений: 3 раза каждой ногой без чередования ног.

Методические указания:

- не прогибать и не горбить спину, не заваливаться на бок;
- тянуться поднятой ногой назад;
- ладони должны быть прямо под плечами;
- если у занимающегося проблемы с суставами, для упрощения упражнения не выпрямлять локти полностью, вместо ладоней встать на кулачки либо локти;

- для усложнения упражнения поднять прямую ногу максимально высоко и, потянувшись назад, сделать ей несколько пружинящих движений, прежде чем поставить на пол.

28. *Подъем ноги вверх в упоре сзади*. Упражнения для пресса, растяжка и укрепление спины, ягодиц, рук и ног.

Выполнение упражнения:

И. п.: сед с прямой спиной на ягодицы, ноги в позиции Пилатес вытянуть перед собой, руки поставить под плечи, пальцы повернуты вперед (к телу). На вдохе подняться вверх в позицию обратной планки – зафиксировать центр тела, живот и ягодицы должны быть максимально втянуты, потянуться носками к полу, выдох. На вдохе поднять одну ногу максимально вверх, носок при этом натянут, на выдохе притянуть стопу к себе и опустить ногу вниз пяткой, при касании пола снова вытянуть носок. Количество повторений: 3 раза каждой ногой без чередования ног.

Методические указания:

- не прогибать и не горбить спину, не заваливаться на бок;
- не запрокидывать голову, смотреть перед собой;
- не сгибать ногу, поднимать ее ровно настолько, насколько она может оставаться прямой;
- ладони должны находиться под плечами4
- при дискомфортных ощущениях в суставах перейти на локти (кулачки) или вовсе пропустите данное упражнение.

29. *Подъемы ног, стоя на коленях*. Упражнение для рук, спины, ягодиц, бедер и ног, формирование линии талии, развитие координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: стойка на коленях наклониться в одну сторону и поставить ладонь прямо под плечо, вторую руку положить за голову и тянуться локтем вверх. Зафиксировать центр тела. Вдохнуть и с выдохом поднять ногу параллельно полу, носок натянуть. На вдохе перенести прямую ногу вперед насколько это возможно, с выдохом отвести ногу максимально назад. Количество повторений: 4 раза на каждую ногу.

Методические указания:

- туловище должно быть зафиксировано – не горбить спину и не выпячивать живот, держать равновесие;
- вытягивать верхний локоть и бок вверх, голова в одной линии с телом, смотреть вперед;

- не сгибать рабочую ногу и опорную руку при выполнении упражнения, носок все время натянут;

- для упрощения упражнения положить верхнюю руку на бок – это упростит нахождение баланса;

- для усложнения данного упражнения добавить по два пружинящих движения ногой в позиции впереди и сзади.

30. *Планка на боку*. Упражнение для рук, спины, ягодиц, бедер и ног, формирование линии талии, развитие координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: стойка на коленях наклониться в одну сторону и поставить ладонь прямо под плечо, вторую руку положить за голову и тянуться локтем вверх. Зафиксировать центр тела. Вдохнуть и с выдохом поднять ногу параллельно полу, натянуть носок. На вдохе перенести прямую ногу вперед насколько это возможно, с выдохом отвести ногу максимально назад. Количество повторений: 4 раза на каждую ногу.

Методические указания:

- туловище должно быть зафиксировано – не горбить спину и не выпячивать живот;

- вытягивать верхний локоть и бок вверх, голова в одной линии с туловищем, смотреть вперед;

- не сгибать рабочую ногу и опорную руку при выполнении упражнения, носок все время натянут;

- для упрощения упражнения положить верхнюю руку на бок – это упростит нахождение баланса;

- для усложнения данного упражнения добавить по два пружинящих движения ногой в позиции впереди и сзади.

31. *Тюлень*. Упражнения для мышц пресса, растяжки и массаж спины и позвоночника, развитие координации, релаксация.

Выполнение упражнения:

И. п.: сидя с согнутыми перед собой коленями, зафиксировать центр тела, втянуть живот, обхватить себя за щиколотки и с выдохом поднять ноги от пола, развести колени (внутренние части стоп плотно прижаты друг к другу, носки натянуты). На вдохе 3 раза ударить пятками (как тюлень ластами) и перекатиться на спину. В позиции на лопатках снова 3 раза ударить пятками и с выдохом вернуться в и. п. Количество повторений: 6 повторений.

Методические указания:

- не перекатываться рывком, выполнять все движения мышцами пресса;

- не выпрямлять спину, при перекате спина округлена;

- не тянуть плечи к ушам;

- сохранять одинаковое расстояние между лбом и ногами при перекатах;

- не перекатываться на шею, оставаться на лопатках;

- расслаблять спину, плечи и ноги, получать удовольствие от выполняемого упражнения;

- для упрощения упражнения можно пропустить удары пятками в позиции на лопатках, оставив их лишь в положении с ногами перед собой.

32. *Краб*. Упражнение для мышц пресса, растяжки массажа спины и позвоночника, развитие координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: сидя на полу, колени согнуты, скрестить щиколотки, развести колени и притянуть ноги к себе, обхватив за стопы. Зафиксировать центр тела, втянуть живот, округлить спину, голову наклонить к груди. На вдохе перекатиться на лопатки (с помощью мышц пресса, а не рывком), зафиксировать положение, перекрестить ноги в другом направлении. На выдохе перекатиться вперед. Выполнить перекат, пока голова не встанет на пол (коврик). Со вдохом снова перекатиться на спину. Количество повторений: 6 раз.

Методические указания:

- все время держать спину округленной;

- работать мышцами пресса;

- не перекатываться на шею и не тянуть плечи к ушам;

- для усложнения упражнения «Краб» можно в положении стоя на голове немного притянуть голову к груди, что поспособствует большему растяжению позвоночника и мышц шеи и спины.

33. *Перекаты на животе*. Упражнение для спины, гибкости шеи, плеч, передней поверхности бедра и связок колена.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на животе зафиксировать центр тела. Притянуть пятки к ягодицам и обхватить себя за щиколотки с наружной стороны.

На вдохе поднять грудь и ноги от пола, на выдохе перекатиться максимально вперед на грудь, еще больше вытянув ноги к потолку. На вдохе снова вернитесь в и. п. Количество повторений: 5-6 раз.

Методические указания:

- держать руки прямыми, не тянуть плечи к вверх;
- носки должны быть натянутыми;
- не запрокидывать голову, смотреть перед собой;
- не задерживать дыхание;
- максимально отрывать ноги и грудь от пола;
- после выполнения упражнения растянуть спину в детской позиции.

34. *Управление равновесием*. Упражнение для растяжки и укрепление спины, ног, развитие координации.

Выполнение упражнения:

И. п.: лежа на спине, зафиксировать центр тела и приготовиться к скручиванию ног за голову. С выдохом позвонок за позвонком перенести ноги за голову, дотронуться пальцами ног пола, вытянуть руку вверх и обхватить одну ногу за стопу либо за щиколотку. На вдохе поднять вторую ногу вверх и максимально вытянуть ее к потолку. На выдохе сменить ногу, повторить 5 раз и с выдохом медленно опустить вниз. Количество повторений: 2-3 раза (1 раз = 5 смен положения ног).

Методические указания:

- держать баланс туловища, не горбить спину;
- оставаться на лопатках, не переходить на шею;
- держать носки натянутыми;
- руки должны быть прямыми;
- не отрывать голову от пола, не напрягать шею;
- для упрощения упражнения поставить ногу над головой на носок.

Бодифлекс – комплекс дыхательных упражнений, задачей которого является насыщение тканей кислородом посредством разнообразных фаз дыхания – глубокого дыхания, задержек дыхания и др. Дыхательная гимнастика улучшает самочувствие, приводит в норму деятельность основных систем организма. Методика не рекомендуется при заболеваниях щитовидной железы, повышенном давлении.

Примерный комплекс упражнений на все части тела:

Стандартный комплекс упражнений бодифлекс для начинающих направлен на проработку всех групп мышц, включая мышцы лица и шеи.

1. *«Лев».* Помогает избавиться от второго подбородка и разгладить морщины.

Выполнение упражнения:

1. Стойка ноги врозь. Таз отвести назад, ноги согнуть в коленях, ладонями упереться в бедра, расположив ладони выше колен, спину округлить.

2. Выполнить технику дыхания.

3. На этапе задержки вытянуть язык вперед, перевести взгляд на потолок. Задержаться в такой позиции.

4. После завершения этапа, сделать выдох и расслабить мышцы лица.

2. *«Алмаз».* Упражнения для укрепления мышцы рук и груди.

1. Стойка ноги на ширине плеч. Руки согнуть в локтях и поднять на уровне груди. Сомкнуть пальцы, образуя форму алмаза.

2. Выполнить технику дыхания.

3. На этапе задержки максимально сжать пальцы, напрягая мышцы рук и груди.

4. Задержаться в этом положении нужное количество времени.

5. Сделать выдох, вдох и расслабиться.

3. *«Шлюпка».* Упражнения для укрепления и растягивания мышцы внутренней поверхности бедра, прорабатывает мышцы спины.

1. Сесть на пол и развести прямые ноги в стороны как можно шире. Носки смотрят вверх. Ладони поставить между ног.

2. Выполнить технику дыхания.

3. На этапе задержки наклонить корпус вперед максимально вытягивая туловище и руки перед собой. Задержаться в самой нижней точке.

4. Сделать выдох и повторить упражнение.

4. *«Собачка».* Упражнение для улучшения подвижности в тазобедренных суставах.

1. Встать на четвереньки.

2. Выполнить технику дыхания.

3. Во время задержки поднять в сторону согнутую ногу в колене, опустив стопу слегка вниз, а колено направив вверх.

4. Задержаться в таком позиции до выдоха.

5. На вдохе вернуться в и. п. и повторить упражнение на другую ногу. Сделать по три повтора на каждую сторону.

5. *«Ласточка»*. Упражнение прорабатывает ягодичные мышцы.

1. Встать на четвереньки с упором на локти.

2. Слегка округлить спину и выполнить технику дыхания.

3. Задержав дыхание, отвести прямую ногу назад, натянув носок на себя. Зафиксироваться в этой позе.

4. На вдохе вернуться в и.п. и повторить упражнение на другую ногу. Сделать по три повтора на каждую сторону.

6. *«Уголок». Упражнение* способствует укреплению мышц голени и задней поверхности бедра.

1. Лечь на спину. Стопы поставить на пол, руки расположить вдоль тела. Сделать технику дыхания.

2. На задержке поднять прямые ноги вверх, обхватив руками голени или бедра. Носки направить на себя, копчик и поясницу прижать к полу.

3. Удерживать положение максимально возможное время.

4. Сделать выдох и на вдохе опустить ноги на пол. Повторить упражнение 3 раза.

Основной упор в классическом комплексе бодифлекса идет на проработку мышц пресса, благодаря постоянному напряжению мышц во время задержки дыхания и выполнения упражнений. С помощью регулярных занятий можно создать красивую форму талии, избавиться от лишних объемов в этой области и проработать глубинные мышцы живота.

Упражнения для живота и боков

1. *«Боковая растяжка».*

1. Встать прямо, ноги на ширине таза.

2. Выполнить технику дыхания.

3. Задержав дыхание, поднять правую руку вверх и наклонить туловище влево. Следите за тем, чтобы таз не смещался вправо. Рука тянется по диагонали. Левую руку можно поставить на бедро или положить на живот.

4. По истечении этапа расслабить и опустить вниз руку. Сделать вдох и повторить упражнение на другую сторону.

2. *«Простой пресс».*

1. Лечь на спину. Ноги поставить на пол, стопы врозь на расстоянии 30-35 см друг от друга.

2. Сделать технику дыхания.

3. Во время задержки оторвать верхнюю часть туловища от пола, удерживая руки параллельно полу ладонями вниз. Голова прямая, подбородок не прижат к груди. Взгляд направлен вперед. Поясница не отрывается от пола.

4. На выдохе вернуться в и. п. На вдохе повторить упражнение.

3. *«Крендель».*

1. Сесть на коврик, выпрямить ноги перед собой, соединив стопы вместе.

2. Выполнить технику дыхания.

3. На этапе задержки согнуть правую ногу в колене и поставить на пол с внешней части левого бедра.

4. Правую руку поставить назад, а левой рукой обхватить правое бедро и потянуть его к туловищу.

5. Повернуться в правую сторону и посмотреть назад.

6. Вернуться в и. п., сделать выдох и повторить на другую сторону.

4. *«Ножницы» горизонтальные.*

1. Лечь на спину, ноги согнуты. Руки положить под ягодицы, поясницу прижать к полу.

2. Выполнить технику дыхания.

3. Поднять прямые ноги вверх, оттянуть носки и выполнить перекрестные махи, заводя одну ногу на другую.

4. По истечению времени вернуться в и.п., сделать вдох.

5. *«Ножницы» вертикальные.*

1. Оставаясь в том же и. п., как в предыдущем упражнении, выполнить технику дыхания.

2. Задержав дыхание, поднять ноги вверх, оттянуть носки и поочередно поднимать, и опускать ноги с минимальной амплитудой движений.

3. Вернуться в и. п. и сделать вдох.

6. *«Полоскание».*

1. Встать на четвереньки.

2. Сделать технику дыхания, задержать дыхание, не втягивая живот.

3. Удерживая дыхание, расслабить живот, затем с помощью мышц подтянуть его к спине. На протяжении всего этапа задержки чередовать движения.

4. После вернуться в и. п.

Воркаут – разновидность спортивной гимнастики с отягощениями, сводится к тому, что работа идет только с собственным весом при помощи различных спортивных снарядов (турники, брусья и др.) на открытом воздухе. Программу можно рекомендовать студентам для занятий на улице в рамках профессионально-прикладной физической культуры, общей физической подготовки. Программа содержит разновидности подтягиваний, выпрыгивание, преодоление полосы препятствий, сгибания и разгибания рук, упражнения на стационарных тренажерах.

Упражнения для воркаута

- упражнений на брусьях: классические подтягивания, отжимания на брусьях (рис. 3.1);

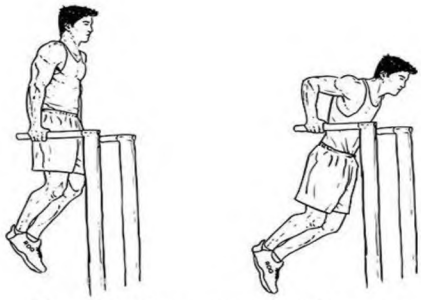


Рис. 3.1. Упражнение на брусьях

- отжимания от пола;
- приседания на одной ноге (рис. 3.2);

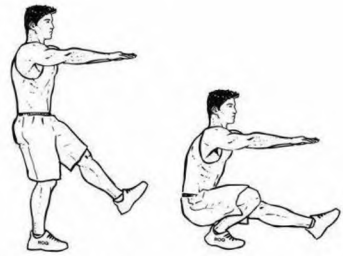


Рис. 3.2. Приседание на одной ноге

- подъём ног в висе на перекладине (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Подъём ног в висе на перекладине

Стретчинг (растяжка) – комплекс упражнений, посредством растягивания мышц, сухожилий и связок. Занятия стретчингом делают мышцы более эластичными; кроме этого, развивается гибкость, подвижность в суставах, повышается тонус мышц, также уменьшается отложение солей, улучшается психофизическое состояние, совершенствуется чувство равновесия и баланса, нормализуется кровообращение. Противопоказаний практически нет, кроме некоторых наклонов, которые не рекомендованы людям, страдающим грыжей и гипертонией. Стретчинг можно рекомендовать студентам специальной группы для занятий физической культурой, а также освобожденным от практических занятий для выполнения в домашних условиях под контролем врача.

Разновидностей упражнений на растягивание существует огромное количество. Выполняются они из различных и. п.

Примерные упражнения:

1. И. п.: сидя на пятках, правая рука на голове. Медленно наклонить голову вправо, помогая себе рукой. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз в каждую сторону.

2. И. п.: сед на пятках, руки за головой. Медленно наклонить голову вниз, кистями вытягивая шею вверх. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

3. И. п.: сед на пятках, руки согнуты, лоб на кистях. Плавно давим головой на кисти рук, а руки противодействуют движению головы. Удерживать напряжение 4 с, затем расслабиться. Повторить от 4 до 8 раз.

4. И. п.: стойка ноги врозь, руки вверх, кисти в замок. Медленно тянуться ладонями вверх, максимально вытягивая мышцы рук,

спины и боковые мышцы туловища. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

5. И. п.: стойка ноги врозь, руки вверх, захват левой кистью правого запястья. Медленно тянуть левой рукой по диагонали вверх. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз в каждую сторону.

6. И. п.: стойка ноги врозь, руки в стороны. Максимально тянуть руки в сторону и назад, ладонями вверх, соединяя лопатки. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

7. И. п.: стойка ноги врозь, правая рука перед собой параллельна полу, левая впереди, согнута в локте. Давить левым предплечьем на правое плечо. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз в каждую сторону.

8. И. п.: стойка ноги врозь, прав. рука вверх, согнута в локте. Плавно тянуть левой рукой вниз за правый локоть. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз в каждую сторону.

9. И. п.: стойка ноги врозь, правая рука вверх согнута в локте, левая внизу. Постараться соединить за спиной кисти рук в замок и прогнуться в лопатках. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить 4 раза с каждой руки.

10. И. п.: стойка ноги врозь, правая рука вперёд, кисть вниз, хват левой за кисть правой руки. Медленно тянуть кисть прав. руки к себе, натягивая мышцы предплечья. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить 4 раза с каждой руки.

11. И. п.: стойка ноги врозь, прав. рука вверх, лев. за спиной. Наклоняясь в левую сторону, тянуться правой рукой влево-вверх. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз в каждую сторону.

12. И. п.: стойка ноги врозь, руки сзади, кисти в замок. Наклоняясь вперёд, тянуться руками вперед-вверх. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

13. И. п.: стойка ноги врозь, руки вверх, кисти в замок. Сгибая ноги в коленях, скруглить спину, живот втянуть. Лопатками тянемся вверх. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

14. И. п.: основная стойка. Сгибая прав. ногу назад, тянуть пятку к ягодице. Колено направлено вниз, в пояснице не прогибаться, таз вперёд. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз с левой и правой ноги.

15. И. п.: о. с (основная стойка). Поднять прав. бедро вверх, прижимая его руками к груди. Корпус держать вертикально. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз с левой и правой ноги.

16. И. п.: стойка на левой правая нога согнута, стопа на бедре левой, руки вверх. Приседая на левой, наклонить туловище вперёд. Тазом тянуться больше назад и вниз. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз с левой и правой ноги.

17. И. п.: стойка ноги врозь, руки вверх. Наклоняясь вперёд, тянуться руками вверх. Ноги в коленях не сгибать, спина прямая. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

18. И. п.: широкая стойка ноги врозь, руки вперёд, согнуты в локтях. Наклоняясь вниз, тянуться предплечьями к полу. Ноги в коленях не сгибать. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

19. И. п.: о. с. Наклоняясь вниз, тянуться кистями к полу. Ноги в коленях не сгибать. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

20. И. п.: выпад левой назад, правая на пятке. Наклоняясь вниз, тянуться руками за носок прав. ноги. Правую ногу не сгибать в колене. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз с левой и правой ноги.

21. И. п.: выпад прав. вперёд. Перенести вес тела на правую ногу. Носок левой ноги смотрит вперёд, пятку не отрывать от пола. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз с левой и правой ноги.

22. И. п.: стойка на левом колене, правая нога на пятке. Наклоняясь вниз, тянуться руками за носок прав. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз с левой и правой ноги.

23. И. п.: сед на правой пятке. Сгибая левую ногу назад, тянуть пятку к ягодице. Корпус держать вертикально. Удерживать положение натяжения 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз с левой и правой ноги.

24. И. п.: стойка на левом колене, правое вперёд. На согнутую правую ногу, перенести вес тела, руки в упоре с двух сторон от ноги. Удерживать положение с правой и левой ноги от 20 до 30 с.

25. И. п.: стойка на левом колене, правая на пятке. Опираясь на руки, скользить правой ногой вперёд, не сгибая ее в колене. Удерживать положение с правой и левой ноги от 20 до 30 с.

26. И. п.: упор на правом колене, левая нога в сторону. Скользить левой ногой в сторону. Удерживать положение с правой и левой ноги от 20 до 30 с.

27. И. п.: широкая стойка ноги врозь, руки в упоре на предплечья. Скользить ногами врозь, стремясь к поперечному шпагату. Удерживать положение от 20 до 30 с (3-4 раза).

28. И. п.: сед ноги врозь, согнуты в коленях, стопы вместе. Опираясь предплечьями на бёдра, прижимать их к полу. Удерживать положение от 20 до 30 с. Повторить 4-8 раз.

29. И. п.: сед ноги врозь, левая согнута в колене к себе. Наклоняясь, скользить руками вперёд. Носок правой ноги смотрит вверх. Удерживать положение с правой и левой ноги от 20 до 30 с.

30. И. п.: сед ноги врозь. Наклоняясь, скользить руками вперёд. Ноги в коленях не сгибать, носки стоп смотрят вверх. Удерживать положение от 20 до 30 с. Повторить 4-8 раз.

31. И. п.: сед. Наклониться вперёд, прижаться грудью к бёдрам. Стопы на себя. Удерживать положение течение 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

32. И. п.: упор сидя сзади, левая нога согнута в колене и стоит за правой. Опираясь правой рукой в левое колено, развернуть корпус влево. Макушкой тянемся вверх. Удерживать положение в течение 8-10 с. Повторить от 4 до 8 раз.

33. И. п.: лёжа на левом боку с опорой на левое предплечье. Сгибая правую ногу назад, тянуть пятку к ягодице. Бедро параллельно полу, таз вперёд. Удерживать положение с правой и левой ноги от 20 до 30 с.

34. И. п.: лёжа на левом боку с опорой на левое предплечье, правая нога вверх. Правой рукой тянуть ногу за стопу в сторону головы. Правую ногу не сгибать в колене. Удерживать положение с правой и левой ноги от 20 до 30 с.

35. И. п.: лёжа на левом боку с опорой на левое предплечье, правая нога согнута и стоит перед левой. Правой рукой тянуть ногу влево. Удерживать положение с правой и левой ноги от 20 до 30 с.

36. И. п.: лёжа на спине, ноги согнуты в коленях. Тянуть колени к груди, обхватив руками голени. Поясницу прижимать к полу.

Удерживать положение от 20до 30 с. Повторить 3-4 раза.

37. И. п.: лёжа на спине, ноги согнуты в коленях, руки обхватывают голени. Округлив спину, выполнять перекаты вперёд-назад. Подбородок прижат к груди. Повторить 4-10 раз.

38. И. п.: лёжа на спине, ноги вперёд. Скрестив ноги прижать колени к груди, помогая руками. Мышцы шеи не напрягать. Удерживать положение от 20 до 30 с. Повторить 3-4 раза.

39. И. п.: лёжа на спине, правая нога вперёд, стопа левой ноги на правом бедре. Руками тянуть правую ногу к груди. левое колено смотрит в сторону, носок прав. ноги на себя. Удерживать положение от 20 до 30 с. с правой и левой ноги.

40. И. п.: лёжа на спине, левая нога согнута в колене, правая вперёд. Руками тянуть прямую правую ногу к груди, поясницу прижимать к полу. Удерживать положение от 20 до 30 с с правой и левой ноги.

41. И. п.: лёжа на спине, ноги вперёд. Развести ноги в стороны, помогая руками. Ноги в коленях не сгибать, носки на себя. Удерживать положение от 20 до 30 с. Повторить 3-4 раза.

42. И. п.: лёжа на спине, руки в стороны. Положить влево правую ногу, согнутую в колене под 90°. Лопатки прижаты к полу. Удерживать положение от 20 до 30 с. Повторить 3-4 раза.

43. И. п.: лёжа на спине, руки вверх. Тянуться руками и ногами в противоположные стороны. Стопы на себя. Удерживать положение от 20 до 30 с. Повторить 3-4 раза.

44. И. п.: сед на пятки. Наклоняясь, скользить руками вперёд. Поясницей тянуться назад. Удерживать положение от 20 до 30 с. Повторить 3-4 раза.

Йога – развитие гибкости, культуры движений, правильной осанки, нормализация нервно-мышечной системы, положительное влияние на опорно-двигательный аппарат и на внутренние органы организма. Йога является адаптированной фитнес-программой от классической йоги с выполнением асан, коррекционных, дыхательных и гимнастических упражнений. Физическая нагрузка отличается средней и низкой интенсивностью, при отсутствии прыжковых, рывковых, ударных движений. Задачами йоги являются развитие гибкости, укрепление мышц спины, коррекция осанки, нормализация психоэмоционального состояния.

Базовые асаны йоги:

1. *Поза моста.* Представляет собой мостик, который деликатно растягивает и улучшает подвижность позвоночника. Благодаря этому упражнению, можно устранить негативное последствие от длительного сидения, ведь большинство современных людей большую часть жизни проводит именно в данном положении. Ничего страшного в том, что поза сначала кажется сложной нет. Комфортность асаны на первых занятиях позволяет повысить блок, который подкладывают под спину.

2. *Чакравакасана.* Еще одна поза по типу «мостик», которая позволяет не только растянуть и улучшить изгиб позвоночника. Благодаря движения по направлению вверх, а затем вниз, спина разогревается и буквально «пробуждается». Это положительно сказывается на самочувствии, сбалансировать дыхание с движением.

3. *Поза ребенка* (Баласана). Поза на отдых, которая является важнейшей для всех начинающих практиковать йогу. Она растягивает бедра и позвоночник.

4. *Поза сапожника* (Бадха Конасана). Сидячая асана, которую нередко называют позой сапожника, представляет собой положение тела, позволяющее растянуть внутреннюю поверхность бедер. Первые разы упражнение можно выполнять сидя на одеяле либо блоке, что позволит коленям, поскольку бедра находятся немного выше, нежели при сидении на коврике, раскрыться максимально естественно. Удерживать колени высоко гораздо сложней, чем может показаться, но напрягать ноги при этом нельзя. Правильная техника подразумевает то, что они полностью расслаблены. Для улучшения благотворного влияния данного движения под коленки что-нибудь подкладывают.

5. *Поза кобры* (Бхуджангасана). Представляет собой мостик, называемый позой кобры. Полноценная поза предполагает то, что кобра делается на руках, выпрямленных в локтевых суставах, с глубоким прогибом в области спины. Есть и более легкая вариация, которая подходит для новичков. Она выполняется без упора на руки, то есть с прогибанием одной только грудной клетки. Оба варианта предполагают закрепление таза на поверхности пола перед поднятием.

6. *Савасана*. Умиротворяющая асана на отдых, которую еще называют позой покойника. Она выполняется в конце каждого занятия и позволяет полностью зафиксировать полученный эффект

и благополучно совершить переход к повседневности. На йоге тело полностью подчиняется движениям, а разум высвобождается. Когда принимают полностью неподвижное положение, сначала оно кажется дискомфортным и не дает спокойствия, но после определенного время она начинает даваться гораздо проще и чувство спокойствия приходит практически сразу.

7. *Мукха Шванасана.* Довольно популярная и распространенная асана, позволяющая добиться разностороннего эффекта. Движение включено практически в каждое занятие. Естественным такое положение тела не является. Сначала оно дается с трудом, но довольно скоро начинает даваться легко и позволяет спокойно отдыхать. Ноги в такой позе необязательно держать полностью выпрямленными. Возможность сгибать колени делает движение доступным для многих.

8. *Поза собаки мордой вниз.* Поза на баланс, похожая на предыдущую асану. Она улучшает координацию, укрепляет мышцы брюшного пресса, некоторые мышцы спины, часть мышц бедра. Из и. п. поднимают ногу по направлению вверх. Акцент делается на положении бедер в момент отрыва ноги от поверхности пола. Высота, на которую нога поднимается играет второстепенно значение.

9. *Сакхасана.* Сидение со скрещенными ногами дается для большинства людей довольно сложно и становится основной причиной, по которой люди не продолжают занятия. Ничего страшного в том, что асана дается с трудом нет. Она обязательно получится, если сначала пользоваться опорами. Главным преимуществом техники является то, что она позволяет избавиться от негативных последствий, к которым приводит длительное и частое сидение на стуле.

10. *Уттхита Парсваконасана.* Стоячая поза прямого бокового угла может выполняться с рукой, расположенной снаружи от стопы, но такое положение подходит не всем. Руку можно располагать на блоке либо изнутри, либо снаружи стопы, благодаря чему предплечья находятся напротив бедер. Такое положение особенно хорошо подходит новичкам. Главное, чтобы руки не создавали препятствия для раскрытия груди по направлению к потолку.

11. *Поза гирлянды* (Маласана). Стоячая поза гирлянды. Она позволяет компенсировать отсутствие в повседневной жизни человека такого важного движения, как приседания. Упражнение

за соответствующий эффект нередко именуют «открывашка» для бедер. Это не значит, что оно воздействует только на эти мышцы. Асана благотворно влияет на стопы, которым практически никогда не уделяется внимания. В тех случаях, когда приседания из такой позы даются с трудом, прибегают к помощи опоры.

12. *Ардха Уттанасана*. Стоячая асана или полунаклон выполняется с прямой спиной и нередко входит в комплекс «Приветствие Солнцу», но довольно быстро, что не позволяет уделять ей достаточно заслуженного внимания. Новичкам выполнять данную позу настоятельно рекомендуется в качестве отдельной практики. Она позволяет научиться чувствовать и контролировать собственное тело. Следить за плоскостью спины в первое время лучше с задействованием зеркала. Полностью опускать руки на ладони, используя последние в качестве опоры для лучшего баланса, не рекомендуется. Руки лучше размещать на ногах таким образом, чтобы спину было легче удерживать прямой.

13. *Ардха Матсиендрасана*. Сидячая половинная асана повелителя рыбы представляет собой скручивания, которые являются обязательной частью в практике йоги. Они улучшают мобильность позвоночного отдела и благотворно влияют на функцию пищеварительной системы. Особенно хорошо такие скручивания помогают при запорах. Если согнутая нижняя нога при освоении упражнения мешает, ее на первых занятиях можно выпрямлять.

14. *Ананда Баласана*. Позу счастливого ребенка нередко выбирают в качестве завершающей на занятии йогой. Она позволяет хорошо сбалансировать два состояния – расслабление и напряжение. Надавливать на стопы с целью максимального прижатия ног к подмышкам следует лишь до того момента, когда копчик не отрывается от пола. Если он начинает приподниматься, необходимо остановиться. Здесь важна золотая середина, а не крайности.

15. *Яну Сирсасана*. Сидячую позу головы к коленям сложно выполнять всем тем, у кого есть проблемы с эластичностью подколенных сухожилий, а таких большинство. Отказ от выполнения наклонов не решит проблемы, поэтому данную асану рекомендуется делать. Она позволяет растягивать одновременно не обе, а одну ногу, а затем вторую.

16. *Аштанга Намаскара* Эта поза-мостик обычно незаслуженно исключается из занятия или выполняется довольно редко, что приводит к некоторым проблемам. Именно этот мостик позво-

ляет подготовиться к Чатуранге и быть полностью готовым к выполнению последовательности в комплексе «Приветствие Солнцу». Упражнение не только подготавливает к другим более сложным асанам, разогревая мышцы, что способствует лучшему и более легкому выполнению глубоких прогибов.

17. *Ноги вверх вдоль стены* (Випарита Карани). Поза отдыха, когда ноги подняты вверх вдоль стены, не вызывает никаких проблем с соблюдением техники выполнения. Она особенно понравится и будет полезной для тех, кто много ходит. Чтобы полностью восстановится и почувствовать улучшение самочувствия, задерживаться в такой позе можно несколько минут.

18. *Выпад*. Представляет собой стоячую позу, в которой особое внимание уделяется положению тела. Выполняя выпад, необходимо контролировать, чтобы все углы были правильны, то есть бедро находилось параллельно к полу, а колено располагалось над стопой. Нога, стоящая сзади, должна быть выпрямлена. Некоторые новички наклоняются вперед недостаточно, что приводит к сгибанию задней ноги. Чтобы отточить технику выполнения асаны, выполнять позу рекомендуется перед зеркалом.

19. *Поза горы* (Тадасана). Поза стоячей горы является одной из самых важных в практике йоги и упоминается практически во всех комплексах асан, рекомендуемых к обязательному выполнению. Она кажется довольно простой, но это лишь первое впечатление. Тадасана требует удерживания баланса, который важен при выполнении всех поз типа «стоячие» и общей координации. Заняв эту позу и оставаясь стоять в ней некоторое, можно смело переходить к другим асанам.

20. *Планка*. Асана для баланса, упасть в которой практически невозможно, является одной из лучших поз, укрепляющих мышцы кора. Чем развитее последние, тем лучше даются асаны из положения стоя и упражнения, выполняемые на руках, а также ускоряется процесс перехода к более сложным движениям. Благодаря выполнению планки, можно стать выносливее и не испытывать проблемы с координацией и балансом.

21. *Поза пирамиды* (Парсвоттонасана). Стоячая поза пирамиды предполагает наклон вперед, при котором образуется подобие пирамиды. Если сложно, совершая шаг одной ногой вперед и наклоняясь назад, достигнуть такого положения, блоки размещают по левую и правую сторону от ноги, что позволяет комфортно

размещать руки. Это не снизит эффекта, поскольку подколенные сухожилия будут задействованы в любом случае, а, следовательно, получат хорошую нагрузку.

22. *Поза с поднятыми руками* (Урдхва Хастасана). Еще одна поза типа «стоячая», но на основе асаны «гора». Выполнение этого упражнения требует плотного стояния на ногах, когда руками тянутся вверх. Благодаря такому движение, тело полностью растягивается. Данная асана становится отличным шагом для начала силовых практик йоги.

23. *Супта Падангуштхасана*. Поза на отдых, которую еще называют оттягиванием большого пальца ноги, которое осуществляется благодаря задействование рук. Полноценная версия этой асаны не подходит новичкам, которым рекомендовано выполнять облегченный вариант. Если делать сразу сложную позу, следует воспользоваться ремнем, который позволит удерживать плечи на полу, а ногу – прямой.

24. *Наклон вперед сидя* (Пасчимоттанасана). Наклоны вперед из положения сидя, которые позволяют хорошо проработать сухожилия и мышцы бедра. Выполнение этого и подобного ему упражнения позволяет избежать укорачивание мышечных тканей и сухожилий задней части бедра, а, следовательно, не испытывать болезненных ощущений в области спины. Такое упражнение нередко применяют в качестве терапевтического. Оно является и профилактическим. Чем раньше начать делать асану, тем ниже риски иметь проблемы в будущем.

25. *Упавиштха Конасана*. Выполнение наклонов в сидячем положении с широко расставленными в сторону ногами создает иное растяжение, нежели рассматриваемые ранее позы. Новичкам коснуться грудью пола довольно сложно. Достигнуть этой цели получится после некоторого времени получится у каждого, но для начала следует сконцентрироваться на удержании спины прямой, а таза – повернутым максимально в сторону совершаемого наклона. Движение должно совершаться не изгибом позвоночника, поэтому стопы держат неподвижными. Если техника выполнения правильно, глубина наклона не имеет большого значения.

26. *Поза посоха* (Дандасана). Позу посоха нередко называют аналогом горы. Обе позы относятся к типу «сидячая». Дандасану выполняют с выпрямленной спиной. Новичкам, которым сложно принять такое положение, рекомендовано подкладывать под себя свернутое одеяло, что позволит приподнять и немного опрокинуть

вперед таз, а позвоночнику находится в более комфортном положении. Подобную «уловку» можно использовать абсолютно в любых сидячих позах.

27. *Поза Скрутки лежа* (Супта Матсиендрасана). Скручивание живота из положения лежа относится к позам, которые выполняют в конце занятия. Делать эту асану можно и в начале, поскольку никаких строгих ограничений относительного этого не существует. Положение ног тоже может быть таким, которое комфортно. Людям, которые не отличаются природной гибкостью, верхнюю ногу можно держать прямой. Кроме того, допускается вращение одной ноги по отношению к другой (как в асане орла), что позволяет еще и растягивать внешнюю часть бедра.

28. *Поза дерева* (Врксасана). Позу дерево на баланс рекомендовано делать всем новичкам, поскольку она отлично помогает удерживать равновесие. Чтобы не упасть, выполняя асану, достаточно просто шагнуть. Бедра выносить дальше в стороны не рекомендуется. Это снижает эффективность упражнения.

29. *Поза вытянутого треугольника* (Уттхита Триконасана). Поза вытянутого треугольника в положении стоя выполняется многими новичками с использованием блока. Благодаря дополнительной высоте под рукой, передняя нога выпрямляется без фиксации колена, а грудь раскрывается вверх, а не смотрит в пол.

30. *Поза воина I* (Вирабхадрасана I). Первый вариант стоячей позы воина. Эта асана относится к классической, охватывая несколько практик и стилей. Первая поза сложней второй, поскольку таз смотрит вперед аналогично положению позы горы, а ноги стоят совершенно по-другому.

31. *Поза воина II* (Вирабхадрасана II). Вторая поза отличается от первой положением. Заднюю ногу располагают так, что таз смотрит на коврик, а не вперед, поэтому эту вариацию позы воина называют открытой. Здесь важно уметь контролировать положение таза, что в будущем позволит беспроблемно занимать положение и принимать более сложные позы.

Аэробика – синтез общеразвивающих гимнастических упражнений, разновидностей бега, скачков и подскоков, выполняемых под музыкальное сопровождение 120-160 уд/мин. Результат регулярных занятий – улучшение физической формы и гибкости, развитие выносливости, а также сильный оздоровительный эффект для всего организма. Аэробная работа положительно влияет на

иммунную систему, совершенствует адаптационные возможности, повышая устойчивость организма к простудным, инфекционным заболеваниям. Оздоровительная аэробика в физическом воспитании студентов может реализовываться как вариативный компонент физической культуры, так же как базовый компонент (оздоровительная гимнастика). Объем занятий может составлять 20-50 ч в год.

Техника выполнения базовых шагов аэробики:

1. *Обычная ходьба* – марш (March). Туловище располагается прямо, без излишнего напряжения, руки работают разноименно, колено опорной ноги слегка согнуто. Шаги выполняются мягко, без удара стопой о пол.

Ходьба выполняется:

- на месте;
- с продвижением вперед, назад, по диагонали, по кругу;
- с пружинящим движением коленей.

2. *Ходьба ноги врозь – ноги вместе* (Straddle – стрэдл). Из и. п. – о. с. шаг одной ногой в сторону, затем другой на слегка согнутых ногах или с полуприседом (стойка ноги врозь). Вернуться в и.п. Выполняется на 4 счета.

3. *V – шаг* (V-Step – ви-степ). Шаг ноги врозь – ноги вместе. Выполняется на 4 счета.

И. п. – ноги вместе, колени слегка согнуты.

1. – шаг правой (левой) вперед – в сторону;
2. – шаг левой (правой) вперед – в сторону;
3. – шаг правой (левой) назад – в и. п.;
4. – то же, что счет 3, но левой (правой) ногой.

4. *Модификации Ви-степа*:

- с продвижением назад (часто данную разновидность называют А-степ);
- с поворотом направо, налево, кругом;
- с подскока на счет «и» на двух ногах или с подскока на счет 4 – в момент приставления ноги в стойку ноги вместе.

Часто встречается выполнение неполного движения – только на первые два счета с последующим переходом на другой элемент.

5. *Шаг с поворотом кругом* (Pivot Turn) представляет собой разновидность марша (обычной ходьбы) с поворотом кругом, который выполняется на двух ногах. Затем движение повторяется. Полный цикл выполняется на 4 счета. Туловище прямо, колени

слегка согнуты. Следует обратить внимание на четкий поворот туловища; плечи не должны отставать от движения всего тела.

6. *Скрестный шаг (*Cross-Step – кросс-степ). Выполняется на 4 счета и состоит из четырех шагов. Первый или второй шаг выполняется скрестно впереди опорной ноги:

1. – правая нога ставится скрестно левой ноге;

2. – шаг назад левой ногой;

3. – шаг вправо правой ногой;

4. – шаг вперед левой. То же с другой ноги.

7. *Скрестный шаг с шага* является еще одним подвидом данного элемента:

1. – шаг левой вперед;

2. – правая ставится скрестно левой впереди;

3. – шаг левой назад;

4. – шаг правой в сторону. То же с другой ноги.

8. *Выставление ноги на носок* (Push Touch – пуш-тач, или Toe Tap – тое-тэп). Выполняется на 2 счета вперед, в сторону-назад или по диагонали с касанием носком пола, без переноса тяжести тела. Колени слегка согнуты, зафиксированы, исключается пружинное движение пятки опорной ноги.

9. *Выставление ноги на носок модификация*:

- двукратное выставление ноги без переноса тяжести тела на работающую ногу;

- многократное выполнение движения с одной ноги.

10. *Выставление ноги на пятку вперед, в сторону, назад, по диагонали* (Heel Dig – хил-диг, или Heel Touch – хил-тач). Выполняется на 2 счета вперед, в сторону, назад по диагонали. Варианты те же, что и в предыдущем упражнении.

11. *Выставление ноги на пятку вперед, в сторону, назад, по диагонали,* модификации, с двукратным, трехкратным, четырехкратным повторением; в разных направлениях.

12. *Переход с одной ноги на другую в стойке ноги врозь* (Side to Side – сайд-ту-сайд, Open Step – оупен-степ, Plie Touch – плие-тач или Side Tip – сайд-тип). Выполняется на 2 счета. Тяжесть тела переносится с ноги на ногу, свободная нога касается пола полу пальцами. Туловище и таз находятся строго во фронтальной плоскости на протяжении всего движения, пятка опорной ноги на полу: и. п. – широкая стойка ноги врозь, ступни слегка развернуты наружу, небольшой полуприсед. Модификации, возможно выполнение вперед – назад в стойке ноги врозь; Side to Side с по-

воротом вокруг одной ноги, другая передвигается по дуге; Side to Side с поворотом кругом.

13. Переход с одной ноги на другую со сгибанием коленей (Knee Lift – ни-лифт, или Knee Up – ни-ап). Бедро согнутой ноги параллельно полу, колено опорной слегка согнуто. Ходьба выполняется на 2 счета. Модификации, выполняется на 4 счета в сочетании с ходьбой: шаг вперед, поднять согнутую другую ногу, два шага назад. Аналогично – начиная движение с шага назад; с двукратным подниманием бедра (Double – дабл); с многократным подниманием бедра (Repeat – рипит).

14. *Поднимание прямых ног* (Leg Lift – лэг-лифт). Выполняется вперед, в сторону, назад без шагов (на 2 счета) и с шагами (на 4 счета). Модификации, выполняется на 4 счета в сочетании с ходьбой: шаг вперед, другую ногу поднять, 2 шага назад. Аналогично – начиная движение шагом назад; с двукратным подниманием бедра (Double – дабл); с многократным подниманием бедра (Repeat – рипит).

15. *Кик* (Kick). Невысокий мах вперед одной ногой (Low Kick – лоу-кик), носок оттянут, одновременно опорная нога выполняет пружинное движение (Hop – хоп). Затем маховая нога возвращается к опорной в и. п., одновременно вновь выполняется пружинящее движение на опорной ноге.

В аэробике низкой интенсивности возможен вариант без вторичного пружинного движения на опорной ноге. Туловище сохраняет прямое положение, опорная нога слегка согнута. Кик выполняется вперед, назад, в сторону, по диагонали. Туловище сохраняет прямое положение, опорная нога слегка согнута.

16. *Переход с одной ноги на другую со сгибанием ноги назад* (Hopscotch – хопскотч, или Hamstring Curl – хамстринг-кѐрл, или Leg Curl – лэг-кѐрл). Переход с ноги на ногу с одновременным сгибанием свободной ноги назад. Упражнение выполняется из широкой стойки ноги врозь, стопы параллельны, колени слегка согнуты в течение всего упражнения. Нога сгибается до следующего положения: голень параллельна полу, колено вниз. Выполняется на 2 счета. Модификации, выполняется на 4 счета в сочетании с шагами на месте, с продвижением вперед – назад с поворотом; с двукратным подниманием бедра; с многократным подниманием бедра.

17. *Приставной шаг* (Step Touch – степ-тач). Выполняется на 2 счета. Работающая нога ставится на пол с перекатом от носка к

пятке, другая приставляется на полу пальцы или всю стопу. Модификации, вперед, назад, в сторону; по диагонали; с поворотом направо, налево; с поворотом кругом; углом при многократном повторении – зигзаг; с двойным или многократным повторением в одном направлении.

18. *Приставной шаг с полуприседом* (Squat – сквот или Scoop – скуп). Выполняется с полуприседом на 2 счета:

1. – широкий шаг правой (левой) в сторону выполняется одновременно с полуприседом на обеих ногах;

2. – приставить левую к правой в и. п., ноги вместе, колени слегка согнуты.

В полуприседе пятки не отрываются от пола.

Модификации, по диагонали; с двойным или многократным повторением; с поворотом на 90°; кругом; углом, зигзагом.

19. *Приседание* (Plie – плие). Выполняется на месте в широкой стойке ноги врозь, стопы параллельно или в слегка выворотном положении, но колени всегда расположены над носками, прямое туловище наклонено вперед, кисти на бедрах.

20. *Переменные скрестные шаги в сторону*. Представляет собой сочетание скрестного и приставного шага. Выполняется на 4 счета. Первый шаг правой (левой) ногой выполняется в сторону – с пятки перекатом на всю стопу, второй левой (правой) – скрестно сзади правой (левой). Затем – приставной шаг вправо (влево). При этом туловище и таз сохраняют фронтальную плоскость, туловище прямо, колени слегка согнуты.

Модификации, по диагонали; углом, зигзагом; с поворотом кругом; с двойным повторением в одном направлении; с предварительного подскока на двух (на счет «и») или в сочетании со скачком на две ноги на счет «четыре».

21. *Выпад* (Lunge – ланж). Данная разновидность движений представляет собой знакомые нам выпады, которые могут выполняться вперед, назад, в сторону, по диагонали. Нога, на которую выполняется падающий шаг, может быть слегка согнута или находиться в явно согнутом положении. Шаг должен быть достаточно широким, чтобы свободная нога и туловище были на одной линии. Пятка свободной ноги отрывается от пола, колено опорной ноги расположено над носком.

Модификации, по диагонали; с двойным или многократным повторением.

22. *Мамбо* (Mambo). Выполняется на 4 счета:

1. – шаг правой вперед;

2. – переступить на левую;

3. – шаг правой назад;

4. – приставить левую к правой.

То же с другой ноги. Этот элемент заимствован из латинских танцев, отчего и получил название «мамбо».

Модификации, выполняется назад аналогично основному элементу, но первый шаг – назад, а последующие – на счет 3-4 – вперед; первый широкий шаг выполняется в сторону.

23. *Ча-ча-ча* (Cha-Cha-Cha). Еще один шаг, пришедший в аэробику из латиноамериканских танцев. Представляет собой переступания с ноги на ногу без подскока или с подскоком, часто выполняет функцию связующего элемента, особенно при оздоровительной тренировке для смены ноги.

Выполняется на 2 счета: 1 – и – 2 – небольшие шаги с ноги на ногу.

24. *Бег* (Jogging – джоггинг). Обращается внимание на амортизирующую работу стопы – перекат с носка на пятку. Выполняется на месте, с продвижением вперед, в сторону, по диагонали.

25. *Скачки с одной ноги на две* (Chasse – чэссэ). Движение аналогично приставному шагу, но выполняется скачком: шаг в сторону – вперед, назад, в сторону или по диагонали – с последующим приземлением на две ноги, стопы вместе. Выполняется на 2 счета.

26. *Прыжки, ноги врозь* (Jumping Jack – джампинг-джек). Выполняются из и.п. ноги вместе, в положении ноги врозь в широкую стойку. Голени перпендикулярно полу, стопы и бедра слегка развернуты наружу, колени над носками. Приземление осуществляется перекатом с носков на пятки. Колени слегка согнуты. Выполняется на 2 счета.

Движения руками:

1. *Упражнение для двуглавой мышцы плеча* (Biceps Curl – бицепс- кѐрл). И. п. – руки согнуты, локти вниз, кисти в кулаке. Выпрямить руки вдоль туловища, локти остаются слегка согнутыми; вновь согнуть руки. Данный тип движения чаще всего сочетается с приставными и скрестными шагами.

2. *Упражнения для трехглавой мышцы плеча* (Triceps Curl – трицепс-кѐрл). И. п. – руки согнуты, локти отведены назад. Выпрямить руки назад. Чаще всего используется на приставных скрестных шагах, в выпадах.

3. *Упражнение для грудных мышц* (Chest Press – чест-пресс). И. п. – руки перед грудью, плечо и предплечье на одном уровне, ладони вниз. Выпрямить руки вперед, локти остаются слегка согнутыми. Вернуться в и. п.

4. *Упражнение для дельтовидной мышцы* (Overhead Press – оверхед пресс). Выполняется аналогично предыдущему, но с подъемом рук вверх, чуть впереди туловища.

5. Упражнения для мышц груди (Butterfly – баттерфляй). И. п. – руки согнуты в стороны:

1. – сохраняя вертикальное положение, руки вытянуть вперед ладонями к себе; 2. – и. п.

Аква-аэробика – сочетание средств группировок, переворотов, бега, гребковых и танцевальных движений под музыкальное сопровождение (125-145 акцентов в мин). Вид оздоровительных занятий в воде, предназначенный для различного контингента занимающихся, не ограниченный по возрасту и уровню физической и функциональной подготовленности, направленный на улучшение двигательных качеств с использованием упражнений, выполняемых в аэробном режиме с музыкальным сопровождением. Преимущества занятий в воде – отсутствие нагрузки на суставы и позвоночник, гидромассаж, способность выполнять интенсивные аэробные нагрузки, нормализация периферического кровообращения. Рекомендована для занятий физической культурой, особенно при сколиозах, повышенном и пониженном давлении, избыточной массе тела.

Упражнения:

1. *«Восьмерки»*. Это упражнение приведет в рабочее состояние плечо, локоть и кисть. Если движение выполняется с постепенным увеличением амплитуды, оно также будет способствовать разогреванию мышц. Выполняясь с большей интенсивностью, это упражнение может использоваться в основном тренировочном процессе для укрепления сердечно-сосудистой системы.

Выполнение упражнения:

И. п. – ноги врозь. Вращать рукой от плеча по направлению к туловищу и от него, вычерчивая восьмерки. Повторить движение необходимое количество раз и сменить руку.

Методические указания:

- ноги слегка согнуты в коленях;
- руки слегка согнуты в локтях;
- когда тело разогреется, использовать движения верхней части туловища, втягивая и выпячивая грудную клетку;
- свести до минимума движения нижней части туловища;
- начинать движение, держа ладони открытыми, постепенно сгибая кисти рук совком;
- выполнять движение с возрастающей интенсивностью;
- постепенно увеличивать амплитуду движения;
- вначале чередовать движения рук, затем выполнять одновременно обеими руками.

2. *«Дворники».* Это упражнение приведет в рабочее состояние позвонки грудного отдела, плечи и локти. Если движение выполняется с постепенным увеличением амплитуды, оно также будет способствовать разогреванию мышц. При выполнении с большей интенсивностью, его можно использовать для укрепления сердечно-сосудистой системы.

Выполнение упражнения:

И. п. – ноги врозь. Используя обе руки, толкать воду сначала в одну сторону, а затем в другую. Сложить кисти рук совком.

Методические указания:

- колени направлены вперед. Не допускать, чтобы колени разворачивались внутрь;
- руки держать слегка согнутыми в локтях;
- убедиться, что во время выполнения упражнения нижняя часть туловища неподвижна;
- держать руки под водой;
- начинать выполнять упражнение, держа ладони рук открытыми или расслаивая воду ребром руки. Затем постепенно согнуть руки совком;
- выполнять движение вначале медленно, затем постепенно ускоряясь;
- выполнять движение с постепенно возрастающей интенсивностью;
- постепенно увеличивать амплитуду движения, не забывая при этом сохранять фиксированное положение позвоночника.

3. *Бег на месте с высоким поднятием пяток.* Это упражнение приведет в рабочее состояние коленный сустав и, в меньшей

степени, голеностоп. Если движение выполняется с постепенным увеличением амплитуды, оно будет способствовать разогреванию мышц. Упражнение можно выполнять с большей интенсивностью и использовать для укрепления сердечно-сосудистой системы.

Примечание. Выполняя это упражнение, можно передвигаться в воде вперед, поскольку нога отталкивают воду назад. Для того чтобы передвигаться назад, желательно выбрать другое упражнение, в котором ноги толкают воду вперед, то есть – «кенгуру».

Выполнение упражнения:

И. п. – ноги врозь на ширине плеч. Бег на месте.

Методические указания:

- стараться, чтобы пятки во время бега касались дна бассейна: это максимально увеличит рабочую нагрузку на голеностоп и поможет избежать судороги в мышцах голени;
- стараться дотронуться пяткой до ягодиц;
- стараться, чтобы колени были направлены вперед, и следить за тем, чтобы пятки не ударяли по ягодицам слишком сильно. Можно перенапрячь связки на внутренней поверхности коленного сустава;
- опорная нога должна быть полусогнута;
- если используются руки, локти должны быть слегка согнуты;
- начинать с небольшой амплитуды движения, поднимая ногу только на половину высоты до ягодиц. Постепенно увеличивать амплитуду до максимальной, чтобы пятки свободно касались ягодиц;
- увеличивать скорость выполнения движения;
- выполнять движение опорной ноги с возрастающей интенсивностью;
- использовать руки, чтобы увеличить количество рабочих групп мышц;
- для увеличения интенсивности передвигаться в воде вперед во время выполнения упражнения.

4. *«Лыжная гонка».* Это упражнение способствует главным образом повышению пульса и разогреванию мышц. Однако, если движения ног выполняются с возрастающей амплитудой, оно также может оказать мобилизующее воздействие на тазобедренный сустав. При выполнении с большей интенсивностью упражнение можно использовать для укрепления сердечно-сосудистой системы.

Выполнение упражнения:

И. п. – ноги врозь на ширине плеч. Делайте попеременное движение ногами назад и вперед. Движение рук должно выполняться в направлении, противоположном направлению движения ног.

Методические указания:

- стараться, чтобы пятки в конце каждого движения касались дна бассейна, это максимально увеличит рабочую нагрузку на голеностоп и поможет избежать судороги в мышцах голени;
- стараться не упираться в дно пяткой ноги, уходящей назад. Это может стать причиной растяжения берцовой мышцы;
- постепенно увеличивать амплитуду движения, но не усердствовать чрезмерно;
- следить за тем, чтобы колени были направлены вперед и не прогибаться во время выполнения движения, напрягая мышцы живота;
- колени должны быть в полусогнутом положении, тем самым не будут напрягаться крестообразные связки, которые отвечают за устойчивость коленного сустава;
- если используются руки, локти должны быть слегка согнуты;
- для достижения максимальной эффективности выполнять движения рук под водой;
- контролировать движения плечевого сустава;
- начинать с маленьких шагов, постепенно удлиняя их и тем самым увеличивая амплитуду движения;
- постепенно увеличивать скорость выполнения движения;
- с каждым движением увеличивать интенсивность выполнения;
- использовать движение рук в направлении, противоположном направлению движения ног. Это поможет поддерживать равновесие и увеличит интенсивность, включая в работу дополнительные группы мышц.

5. *Выпады в сторону*. Это упражнение способствует главным образом повышению пульса и разогреванию мышц. Если движение выполняется на полусогнутых ногах с большой амплитудой, это может включить в работу мышцы бедра. Кроме того, сгибание и разгибание колена во время выполнения движения способствует приведению в рабочее состояние коленного сустава. То же самое происходит с плечевым и локтевым суставами, которые задействованы в выполнении движений по отталкиванию воды в направлении, противоположном направлению передвижения тела в воде

(поступательных движений). Во время этих движений локти сгибаются и разгибаются, приводя в действие локтевые суставы. При выполнении с большей интенсивностью упражнение можно использовать для укрепления сердечно-сосудистой системы.

Примечание. Будет легче поддерживать устойчивое положение во время выполнения этого упражнения, если, выполнив его несколько раз в одном направлении, прежде чем сменить направление, выполнить статичное упражнение (например, «лыжную гонку»). Это даст время успокоиться воде и поможет выполнению движения в другом направлении.

Выполнение упражнения:

И. п. – ноги врозь на ширине плеч. Выполнить шаг в сторону, сгибая ноги в коленях и одновременно отталкивая воду руками в направлении, противоположном тому, в котором вы хотите передвигаться. Это поможет вашему передвижению в воде.

Методические указания:

- постепенно сгибать ноги в коленях;
- следить за тем, чтобы колени были направлены вперед и стараться не прогибаться во время выполнения движения, напрягая мышцы живота;
- во время движения не выпрямлять ноги в коленях полностью;
- для достижения максимальной эффективности выполнять движение слегка согнутыми в локтях руками и под водой. Контролировать движения плечевого сустава;
- начинать с небольших шагов, постепенно удлиняя их и тем самым, увеличивая амплитуду движения;
- начинать медленно, постепенно увеличивая скорость выполнения движения;
- выполнять движение более интенсивно, чтобы усилить эффект передвижения;
- чаще менять направление передвижения.

6. *«Водный экскаватор».* Это упражнение способствует главным образом повышению пульса и разогреванию мышц. Выполняясь с большей интенсивностью, оно может эффективно использоваться для укрепления сердечно-сосудистой системы.

Примечание. Будет легче поддерживать устойчивое положение, если, выполнив упражнение несколько раз в одном направлении, прежде чем сменить направление, выполнить статичное

упражнение (например, прыжки с разведением ног в стороны). Это даст время успокоиться воде и поможет выполнению движения в другом направлении.

Выполнение упражнения:

И. п. – ноги врозь на ширине плеч. Выполнить шаги по диагонали в направлении правого угла бассейна. Отталкивать воду в направлении, противоположном тому, куда идет передвижение. Затем повторить упражнение, передвигаясь по диагонали в направлении левого угла бассейна. Повторять так необходимое число раз.

Методические указания:

- стараться передвигаться максимально большими шагами;
- отталкивая воду, держать локти слегка согнутыми;
- следить за тем, чтобы колени были направлены вперед и стараться не прогибаться во время выполнения движения, напрягая мышцы живота;
- контролировать движения плечевых суставов;
- начинать с небольших шагов, постепенно удлиняя их;
- постепенно увеличивать скорость выполнения движения;
- увеличьте количество повторов;
- чаще менять направление движения. В бурной воде выполнение упражнения будет более эффективным.

7. *«Кенгуру».* Это упражнение способствует главным образом повышению пульса и разогреванию мышц.

Примечание. Для того чтобы выполнять это упражнение, удерживая неподвижное положение, отталкивать воду руками назад, в то время как ноги отталкивают воду вперед. Чтобы оставаться на одном месте, необходимо выполнять оба движения с равной интенсивностью.

Выполнение упражнения:

И. п. – ноги врозь на ширине плеч. Подпрыгнув на правой ноге, оттолкнуть воду левой ногой. Выполнить то же самое, подпрыгнув на левой ноге и отталкивая воду правой ногой. При каждом отталкивающем движении ноги тело будет передвигаться в воде назад.

Методические указания:

- опорная нога должна быть слегка согнута в колене;
- стараться не выпрямлять отталкивающую ногу в колене полностью;
- если руки используются для передвижения назад (отталки-

вают воду вперед) или поддержания неподвижного положения на одном месте (отталкивают воду назад), локти должны быть слегка согнуты;

- для достижения максимального эффекта выполнять движение руками под водой;

- следить за тем, чтобы колени были направлены вперед и стараться не прогибаться во время выполнения движения, напрягая мышцы живота;

- начиная с небольшого прыжка, выполняя движения с меньшей интенсивностью;

- постепенно увеличивать силу прыжка и интенсивность выполнения всех движений;

- увеличивать количество повторов;

- добавить выпрыгивание из воды и энергичную работу руками.

8. *«Водные педали».* Это упражнение способствует главным образом повышению пульса и разогреванию мышц. Если движение выполняется более медленно и с большей амплитудой, активное участие в нем начинают принимать плечевые суставы. При выполнении с большей интенсивностью оно может эффективно использоваться для укрепления сердечно-сосудистой системы.

Выполнение упражнения:

И. п.: – ноги врозь на ширине плеч, одна нога слегка выдвинута вперед. Руки попеременно отталкивают воду вперед.

Методические указания:

- во время выполнения движения локти и колени должны быть слегка согнуты;

- для достижения максимального эффекта от сопротивления воды выполнять движение рук под водой;

- следить за тем, чтобы колени были направлены вперед, и стараться не прогибаться во время выполнения упражнения;

- начинать с движений небольшой интенсивности;

- постепенно увеличивать интенсивность выполнения движений;

- для усиления эффекта повышения пульса постепенно увеличивать скорость движения (и снижать, чтобы улучшить подвижность сустава).

- чередовать скорость выполнения движений – быстро, медленно, 2 раза быстро, медленно или 2 раза медленно, 4 раза быстро.

Кроссфит – интенсивные короткие тренировки, включающие в себя кардио- с силовыми нагрузками, специфика которых заключается в комбинировании тяжелой атлетики, гимнастики, бега, гиревого спорта, упражнений с собственным весом, плавания, гребли, пауэрлифтинга, скалолазания, упражнений с канатом.

Программы рекомендуются только для студентов основной медицинской группы, со средним и высоким уровнем физической подготовленности. Выполняются разновидности становых тяг, приседаний с весом, запрыгиваний, берпи (базовое упражнение кроссфита), бега.

Занятия строятся чаще в формате круговой тренировки с модернизированной общей физической подготовкой. Применение программ кроссфита в учебном процессе следует начинать с упрощенных упражнений, незначительного веса отягощения, выполнения упражнений не более 15 повторений, контролем ЧСС, АД, самочувствия.

Основные упражнения для занятий кроссфитом:

1. *Джамп* (взрывные приседания). Выпрыгивание вверх и сделать хлопок руками над головой (или руки держать за головой). При этом нужно сильно напрягать ягодицы и приседать.

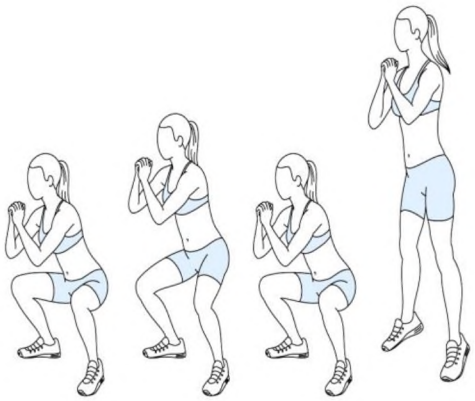


Рис. 3.4. Джамп (взрывные приседания)

2. *Взрывные отжимания* (рис. 3.5). Отжимаясь, выполнить несколько резких подъемов вверх туловищем. Руки от пола нужно отрывать на несколько см. Это упражнение с собственным весом очень популярно в кроссфите.

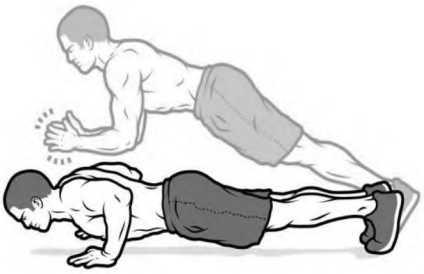


Рис. 3.5. Взрывные отжимания

3. *Планка* (рис. 3.6). Встать в стойку на локтях и задержаться в таком положении. Это хорошее упражнение с собственным весом для пресса и спины. Оно поможет достаточно быстро привести тело в форму.



Рис. 3.6. «Планка»

4. *Берпи*. Упражнение хорошо развивает выносливость и силу. И. п. – присед, затем принять положение планки, следом отжаться от пола, а затем встаньте и прыгните на вверх. Можно сделать хлопок руками.

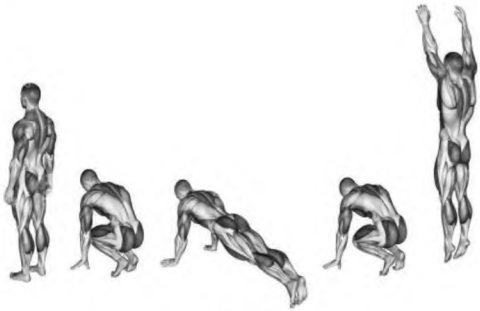


Рис. 3.7. Берпи

5. *Лодочка* (рис. 3.8). Лежа на животе, ноги на ширине плеч, руки вытянуты вперед. Одновременно поднимать ноги и руки. Задержаться в таком положении. Хорошее упражнение для мышц спины и ягодиц.



Рис. 3.8. Лодочка

Можно делать лодочку, лежа на спине. Такое упражнение задействует одновременно мышцы и спины, и пресса.

6. *Медвежья походка* (рис. 3.9). Встать на ладони и стопы, а ягодицы выставить вверх. В таком положении выполнить одновременно шаг правой рукой и левой ногой, а затем шаг левой рукой и правой ногой. Это упражнение также называют «египетская техника» или «китайская ходьба».



Рис. 3.9. Медвежья походка

7. *Cuman* (рис. 3.10). Принять положение лежа, ноги согнуты в коленях, руки выпрямить или положить за голову. Ягодицы, поясница и верх спины плотно прижаты к полу. Ступни ног плотно прижаты к полу. Делать движение корпусом вверх. Это классический вариант. Можно добавить дополнительное отягощение (взять в руки диск или гантели). Также предлагаем попробовать вариант V-сит-ап. Осуществляйте одновременно подъем телом и ногами.

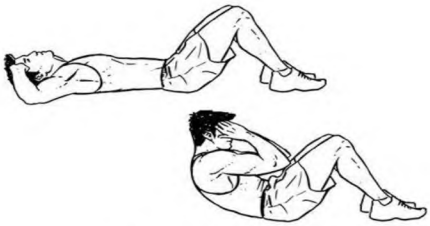
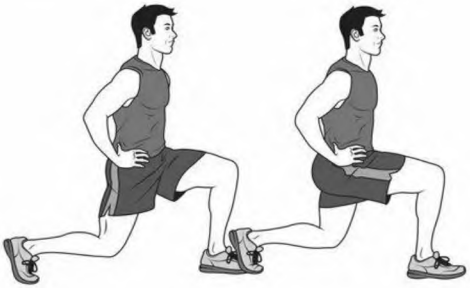


Рис. 3.10. Ситап

Для кроссфит тренировок можно также включать:
- отжимания;
- прыжки на скакалке;
- выпады (рис. 3.11);



3.11. Выпады

- приседания (рис. 3.12);



Рис. 3.12. Приседания

- тяга гантелей к груди (рис. 3.13);

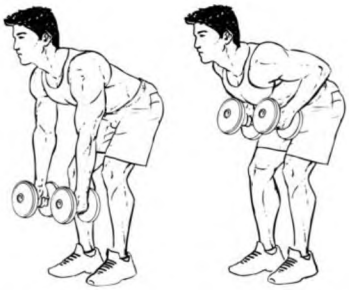


Рис. 3.13. Тяга гантелей к груди

- жимы вверх и лежа с имеющимся весом (рис. 3.14).

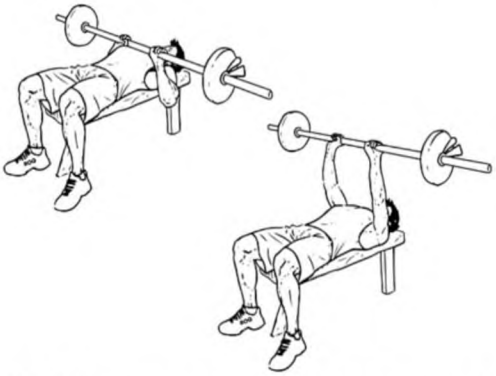


Рис. 3.14. Жимы вверх и лежа с имеющимся весом

Атлетическая гимнастика – это вид гимнастики, включающий систему гимнастических упражнений силового характера, направленных на гармоничное физическое развитие человека и решение конкретных частных задач силовой подготовки. Занятия атлетической гимнастикой традиционно рекомендуются здоровым молодым людям при условии оптимизации тренировочного процесса и сочетания атлетических упражнений с тренировкой на выносливость. Физическая нагрузка может быть снижена за счет выполнения упражнений сидя в тренажере с минимальным весом отягощения, гантельной гимнастики – 0,7-2 кг, локальными упражнениями, медболами, эспандерами лыжника и др. Нагрузка

может увеличиваться за счет веса отягощений, количества повторов и подходов, кардионагрузки, количества упражнений стоя в упорах, с отягощением в движении.

Упражнения атлетической гимнастики:

1. Упражнения на развитие мышцы груди.
2. Упражнения на развитие дельтовидных мышц.
3. Упражнения на развитие мышц рук.
4. Упражнения на развитие мышц спины.
5. Упражнения для развития мышц ног.
6. Упражнение на развитие живота.

Упражнения на развитие грудных мышц:

1. Жим штанги широким хватом, лежа на горизонтальной скамье. И. п. – лежа на горизонтальной скамье, широкий хват штанги (примерно 80 см), ягодицы прижаты к скамье, упор ногами в пол. Сгибание и разгибание рук до касания штанги груди.

2. Жим штанги средним хватом, лежа на горизонтальной скамье. И. п. – лежа на горизонтальной скамье, средний хват штанги (примерно на ширине плеч), ягодицы прижаты к скамье, упор ногами в пол. Сгибание и разгибание рук до касания штанги груди.

3. Жим штанги узким хватом, лежа на горизонтальной скамье. И. п. – лежа на горизонтальной скамье, узкий хват штанги (20 см), ягодицы прижаты к скамье, упор ногами в пол. Сгибание и разгибание рук до касания штанги груди. Жим в положении лежа на наклонной скамье вверх активно вовлекает в работу еще и передние пучки дельтовидных мышц. Разведение рук с гантелями в таком же положении решает эту задачу еще более акцентировано. Работа на внутреннюю часть мышцы – в том же положении с использованием блочного устройства.

4. Жим штанги, лежа на наклонной скамье. И. п. – сидя на наклонной скамье (примерно 450), средний хват штанги, упор ногами в пол. Сгибание и разгибание рук до касания штанги груди.

5. Жим гантелей, лежа на горизонтальной скамье. И. п. – лежа на горизонтальной скамье, руки выпрямлены на ширине плеч, гантели перпендикулярны телу, ягодицы прижаты к скамье, упор ногами в пол. Сгибание и разгибание рук вверх.

6. Жим штанги обратным хватом, лежа на горизонтальной скамье. И. п. – лежа на горизонтальной скамье, обратный хват штанги на ширине плеч, ягодицы прижаты к скамье, упор ногами в пол. Сгибание и разгибание рук до касания штанги груди.

К упражнениям, более изолированно воздействующим на грудную мышцу, следует отнести разведение рук с гантелями в положении лежа. Этой цели вообще служит большое количество упражнений; отметим, что с их же помощью можно решать и третью задачу – локального воздействия на различные участки грудной мышцы.

7. Разведение рук, лежа на горизонтальной скамье. И. п. – лежа на горизонтальной скамье, руки прямые вверху, гантели параллельны телу, ягодицы прижаты к скамье, упор ногами в пол. Разведение и сведение рук в сторону.

8. Сведение рук на тренажере («бабочка»). И. п. – сидя на тренажере, руки согнуты в локтях. Сведение рук перед собой.

Упражнения на развитие дельтовидных мышц:

1. Жим штанги от груди сидя. И. п. – сидя на скамье, штанга на груди, средний хват штанги. Выжимание штанги вверх до разгибания рук в локтях.

2. Протяжка штанги вдоль тела к подбородку. И. п. – стоя, ног врозь, руки со штангой впереди, узкий хват штанги. Протягивание штанги в руках вдоль тела к подбородку.

3. Разведение рук с гантелями в наклоне. И. п. – стоя, наклон вперед, спина прямая, ноги чуть согнуты, руки опущены. Разведение рук в стороны.

4. Подъем рук с гантелями через стороны стоя. И. п. – стоя, ноги врозь, руки с гантелями опущены. Подъем рук с гантелями через стороны (угол работы 90°).

Упражнения на развитие мышц рук:

1. Сгибание рук со штангой стоя. И. п. – стоя, ноги врозь, средний хват штанги, плечи прижаты. Сгибание и разгибание рук (угол движения 180°).

2. Сгибание рук с гантелями сидя. И. п. – сидя, плечи прижаты к телу, руки опущены вниз, гантели перпендикулярны телу. Сгибание и разгибание рук (угол работы 180°).

3. Сгибание рук на тренажере. И. п. – сидя за тренажером, плечи прижаты к стойке. Сгибание и разгибание рук (угол движения 180°).

4. Разгибание рук со штангой стоя. И. п. – стоя, ноги врозь, узкий хват штанги, штанга поднята вверх. Сгибание рук (опускание штанги) за голову и разгибание рук вверх.

5. Разгибание рук со штангой, лежа на горизонтальной скамье. И. п. – лежа на горизонтальной скамье, руки вытянуты вверх, уз-

кий хват штанги. Сгибание рук до головы.

6. Разгибание рук с гантелью сидя. И. п. – сидя, одна рука вытянута вверх, другой рукой ее придерживая. Сгибание руки (опускание штанги) за голову и выпрямление руки вверх.

7. Разгибание рук на тренажере стоя. И. п. – стоя, ноги врозь, плечи прижаты к телу. Разгибание и сгибание рук (угол движения 180°).

8. Сгибание кистей со штангой сидя. И. п. – сидя на скамье, упор предплечьями в бедра, средний хват штанги. Сгибание и разгибание кистей (угол движения 90°).

Упражнения на развитие мышц спины:

1. Тяга штанги в наклоне к животу. И. п. – стоя в полуприседе, наклон вперед, хват штанги шире плеч. Тяга штанги к животу.

2. Тяга блока к животу на тренажере сидя. И. п. – сидя на тренажере, в коленях чуть согнуты, спина прямая, ноги врозь. Тяга блока к верхней части мышц живота (горизонтальное движение).

3. Тяга гантели в наклоне к животу. И. п. – выпад вперед, наклон вперед, упор рукой. Тяга гантели к животу.

4. Тяга блока за голову на тренажере сидя. И. п. – сидя на тренажере, хват шире плеч, руки вытянуты вверх. Тяга блока за голову.

5. Подтягивание на перекладине широким хватом. И. п. – в висе на перекладине, хват широкий, тело прямое. Подтягивание к перекладине.

6. Становая тяга со штангой на прямых ногах. И. п. – стоя в наклоне, ноги узко, средний хват штанги. Разгибание туловища.

7. Наклоны со штангой на прямых ногах. И. п. – стоя, ноги узко, штанга на спине, хват произвольный. Наклоны вперед (угол движения 90°).

8. Гиперэкстензия. И. п. – лежа на животе на тренажере, руки за голову, туловище прямое. Сгибание и разгибание туловища.

9. Становая тяга со штангой. И. п. – стоя, ноги уже ширины плеч, средний хват штанги. Сгибание и разгибание ног и спины.

10. Приседания со штангой. И. п. – стоя, ноги врозь широко, штанга на спине, хват произвольный. Приседание (тазобедренный сустав ниже уровня коленного сустава).

Упражнения для развития мышц ног:

1. Приседания со штангой. И. п. – стоя, ноги врозь широко, штанга на спине, хват произвольный. Приседание (тазобедренный сустав ниже уровня коленного сустава).

2. Приседания со штангой на груди. И. п. – стоя, ноги врозь, руки скрестно на груди держат штангу, локти направлены вперед. Приседания (тазобедренный сустав ниже уровня коленного сустава).

3. Выпады вперед со штангой на спине. И. п. – стоя, ноги узко, штанга на спине. Выпады вперед на правую и левую ногу поочередно.

4. Разгибания ног на тренажере. И. п. – сидя на тренажере, хват руками за рукоятки. Разгибание ног.

5. Сгибание ног на тренажере. И. п. – лежа на животе на тренажере, хват руками за рукоятки. Сгибание ног.

6. Гиперэкстензия. И. п. – лежа на животе на тренажере, руки за голову, туловище прямое. Сгибание и разгибание туловища.

7. Сгибание и разгибание стопы со штангой на спине. И. п. – стоя, ноги узко, носки ног на бруске, штанга на спине. Сгибание и разгибание стопы.

Упражнение на развитие мышц живота:

1. Подъем ног к перекладине в висе. И. п. – в висе на перекладине, хват средний. Подъем ног к перекладине (угол движения 180°).

2. Подъем туловища. И. п. – лежа на спине, ноги согнуты, руки у головы (либо зафиксированы за головой). Сгибание и разгибание туловища (угол движения 45°-60°).

3. Подъем ног из положения лежа. И. п. – лежа на спине, руки вдоль тела. Подъем ног вверх (угол движения 90°).

4. Подъем туловища на тренажере. И. п. – ноги зафиксированы на тренажере, руки за голову. Сгибание и разгибание туловища (угол движения 90°).

Функциональный тренинг – это комплекс упражнений, при выполнении которых улучшается физическая форма и техника выполнения движений, необходимых в повседневной жизни. Основные движения функционального тренинга – это движения в разных плоскостях, в основном стоя, а не сидя в тренажере. Функциональный тренинг отличается увеличением аэробной нагрузки, высокой интенсивностью комплекса упражнений и, следовательно, рекомендуется студентам с высокой физической подготовленностью. На занятии выполняется чередование аэробных, прыжковых, силовых упражнений, упражнений с весом собственного тела, на гимнастических снарядах. Студентам с низким уровнем физической подготовленности такая программа рекомендуется в течение

5-10 мин, с адаптированностью и варьируемостью упражнений.

Пять принципов «Функционального тренинга»:

1. Упражнения в положении стоя.
2. Тренинг с использованием свободных весов.
3. Базовые упражнения.
4. Тренинг в скоростном стиле.
5. Тренировка движений, а не мышц.

Функциональный тренинг имеет огромное множество упражнений, приемов и их вариаций. Но изначально их было не так много. Есть несколько основных упражнений, которые составляют костяк функционального тренинга.

Упражнения с собственным весом:

Приседания – могут быть (на двух ногах, на одной ноге, в широкой стойке и т. д.)

Разгибание спины – ноги закреплены, бедра упираются в опору, спина в свободном состоянии, руки за головой. Спина поднимается из положения 90°, в одну линию с ногами и обратно с него.

Запрыгивание – из положения полного приседа запрыгнуть на импровизированный пьедестал, а затем спрыгнуть обратно.

Бёрпи – упражнение похожее на отжимание от пола, только после каждого отжимания необходимо выполнить упор присев, выпрыгнуть вверх, при этом совершая хлопок руками над головой.

Скакалка – это упражнение в функциональном тренинге, отличается тем, что прыжок выполняется более затяжной, чтобы успеть прокрутить скакалку вокруг себя дважды. При этом приходится сильнее отталкиваться и выше прыгать.

Выпады – из положения стоя делается широкий шаг вперед, затем возвращается обратно. Опорная нога должна почти касаться пола, а нога выпадающая, должна сгибаться не более чем на 90°.

Упражнения с гимнастическими снарядами:

Уголок – на брусьях или на другой опоре на выпрямленных руках, поднять прямые ноги параллельно полу и удерживать их в таком положении несколько секунд. Можно выпрямлять по одной ноге. Торс должен составлять с ногами угол в 90°.

Отжимания на брусьях – упор в висе на брусья, руки согнуты в локтях параллельно полу, резко выпрямить руки, затем вернуться в и. п. Спина должна быть перпендикулярно полу и не отклоняться.

Поднятие по канату – руками и ногами упираясь в канат и обхватывая его, отталкиваться и подниматься вверх по канату.

Подтягивание на перекладине – привычные для нас подтягивание на турнике, когда из положения вис, усилием рук тело подтягивается вверх;

Упражнение на расстояние:

Кросс-бег – быстрый бег с минимальным продвижением вперед на передней части стопы (расстояние от 100 м до 1 км).

Гребля – используется тренажер, по технике выполнения напоминающий греблю веслами на лодке. Преодолеваются расстояния от 500 до 2000 м.

Упражнения с грузами:

Становая тяга – из положения сидя, хват за штангу, выпрямить ноги, оторвать штангу от пола. Затем возвращаем в и.п.

Толчок – из положения сидя, хват за штангу, выпрямить ноги, отрывая штангу от пола, поднять ее к своей груди. После этого рывком толкнуть штангу над головой на выпрямленных руках.

Приседания со штангой – штанга лежит на плечах и поддерживается руками, ноги на ширине плеч. Из глубокого приседа и подняться на выпрямленные ноги.

Качели с гирей – держа гирю обеими руками, поднять ее над головой и опустить между ног и обратно наверх, по принципу качелей.

Это только малая часть из того, что использует функциональный тренинг в своих программах занятий.

TRX-программы – тренировка с собственным весом с использованием подвесных конструкций (петель). Это универсальная функциональная тренировка, которая позволяет развивать все мышечные группы, укреплять связки и сухожилия, развивать гибкость, ловкость, силу, вестибулярный аппарат, выносливость. Данная тренировка имеет еще одно важное достоинство – эффективное развитие мышц так называемого кора (мышц-стабилизаторов). В тренировке нет никакой осевой (вертикальной) нагрузки на позвоночник. TRX-программа может осуществляться как отдельное занятие и как часть занятия с выполнением адаптированных упражнений для учебного процесса. Применяемые петли могут крепиться к гимнастической стенке, силовой установке, креплениям в потолке. В течение всего учебного занятия TRX-программа рекомендуется подготовленным студентам, студентам,

являющимся членами сборных команд вуза; как часть занятия для студентов среднего и низкого уровня физической подготовленности, с вариантами выполнения упражнений для каждого фитнес-профиля.

Упражнения с TRX для верхней части тела:

1. Сгибание рук на бицепс.
2. Разгибание рук на трицепс.
3. TRX-отжимания.
4. Отжимания на трицепс.
5. Отжимания-паук.
6. Повороты с подтягиванием.
7. Тяга стоя.
8. Верхняя тяга.
9. Разведение рук в стороны.
10. Тяга в положении стола.
11. Обратные отжимания.
12. Подтягивание.
13. Наклоны с TRX.
14. Раскручивания вперед.

Упражнения с TRX для мышц живота и спины:

1. Статическая планка.
2. Планка вверх-вниз.
3. Опускание на локти.
4. Альпинист с поворотом.
5. Подтягивание колен.
6. Подъем ягодиц.
7. Статическая планка на локтях.
8. Планка «Пила».
9. Альпинист в планке на локтях.
10. Боковая планка.
11. Боковая планка на локтях.
12. Поворот корпуса в боковой планке.
13. Подъем ягодиц в боковой планке.
14. Скручивания в боковой планке.
15. Сгибание ног.
16. Велосипед.
17. Повороты корпуса стоя.

Упражнения для бедер и ягодиц:

1. Приседание.

2. Приседание с выпрыгиванием.
3. Пистолет-приседание.
4. Выпад с подвешенной ногой.
5. Выпады.
6. Плиометрические выпады.
7. Прыжки по-лягушачьи.
8. Выпад по диагонали.
9. Широкие прыжки в сторону.
10. Выпад с балансом.
11. Плиометрический выпад с балансом.
12. Спринтер.
13. Выпады в сторону.
14. Выпад с подвешенной ногой.
15. Подъем ягодиц.
16. Подъем ноги в боковой планке.
17. Разведение ног в планке

Упражнения для верхней и нижней части тела:

1. Бёрпи.
2. Приседание с касанием.
3. Альпинист.
4. Горизонтальный бег.
5. Подъем одной ноги в обратной планке.
6. Отжимание + подтягивание колен.
7. Отжимание + подъем ягодиц.
8. Ходьба в планке.

3.2. Прием контрольных нормативов

Об общей гибкости тела можно судить по наклону вперед. Наклон вперед из положения стоя с прямыми ногами входит в перечень обязательных дисциплин комплекса ГТО для всех возрастных групп.

Правила выполнения: И. п. – ноги прямые, ступни на ширине 10-15 см, параллельны друг другу. Следует выполнить два предварительных наклона и затем один идущий в зачет. Тело в наклоне должно быть зафиксировано в течении 2 с.

Не допускается сгибание ног в коленях, не идет в зачет удержание результата одной рукой или менее 2 с.

Способы выполнения и измерения результатов. Выполнение упражнения производится стоя на гимнастической скамье. Гибкость измеряется с помощью линейки, которой касается испытуемый во время наклонов. Измерение производится в сантиметрах и обозначается знаком «+» если кончики пальцев уходят ниже уровня скамьи и знаком «-» если выше уровня скамьи. Отрицательные величины можно измерять с помощью линейки и при выполнении упражнения стоя на полу.

Контрольные вопросы

1. Что такое гибкость?
2. Виды гибкости?
3. Средства развития гибкости?
4. Виды оздоровительной гимнастики, перечислить.
5. Правила выполнения контрольного тестирования на гибкость наклона вперед.

4. Развитие силовых качеств

Сила – способность преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему за счет мышечных усилий.

К базовым упражнениям при силовой тренировке можно отнести следующие элементы:

- выполнение упражнения с дополнительным весом (например, гантели, гири, штанга с блинами, различные тренажеры и т.д.);
- выполнение силовых элементов на снарядах (перекладина, брусья, гимнастическая стенка);
- выполнение упражнений без дополнительной нагрузки (отжимания с упора лежа, подъем туловища в сед из положения лежа, приседания с отведёнными перед собой руками и т.д.);
- тренировка в общедоступных залах или секциях (плавание, велоспорт, борьба, акробатика и др.).

Данные тренировки помогают не только улучшить силовые показатели, но и помогают активно проводить своё свободное время.

4.1. Обучение и совершенствование техники сгибание и разгибание рук в упоре лежа

Сгибание и разгибание рук в упоре лежа (далее – отжимания) – это базовое упражнение для мышц верхнего плечевого пояса, укрепляет основные мышцы верхнего плечевого пояса, улучшает силовые показатели, корректирует телосложение.

Техника выполнения (рис. 4.1):

1. И. п. – упор лежа на полу.
2. Ширина хвата равна ширине туловища.
3. Кисти смотрят вперед и на уровне груди.
4. Линия «голова-плечи-туловище-ноги» – прямая линия.
5. Локти разведены не более чем на 45°.
6. Стопы упираются в пол без опоры.

При сгибании рук необходимо коснуться грудью пола или контактной поверхности. После, разгибая руки, вернуться в исходное положение и, зафиксировав его на 1 с.

Ошибки при выполнении:

- нарушение прямой линии «голова-плечи-туловище-ноги»;
- отсутствие фиксации на 1 с и. п.;
- разновременное разгибание рук;
- превышение допустимого угла разведения локтей.

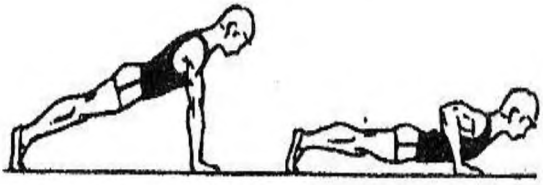


Рис. 4.1. Сгибание и разгибание рук в упоре лежа

Упражнения для совершенствования техники сгибания и разгибания рук в упоре лежа, развивающие силу мышц рук и плечевого пояса:

1. Сгибание и разгибание рук в упоре лёжа, руки на повышенной скамье.

2. Сгибание и разгибание рук в упоре лёжа, ноги на повышенной опоре (скамье, стуле, рейке гимнастической стенки и т. п.), руки на полу.

Для усложнения упражнения следует постепенно увеличивать расстояние между кистями рук (руки шире плеч); высоту опоры для ног.

3. Сгибание и разгибание рук в упоре лёжа, ноги на повышенной опоре оттолкнуться руками, выполнить хлопок в ладони и вернуться в и. п.

4. Сгибание и разгибание рук в упоре лёжа, партнёр надавливает на лопатки, затрудняя разгибание рук.

5. Сгибание и разгибание рук в упоре лёжа с отягощением на плечах, спине.

6. Сгибание и разгибание рук в упоре лёжа на двух параллельных скамейках, расставленных немного шире плеч. Упражнение выполнять с полной амплитудой (до полного сгибания и разгибания рук). Выпрямляя руки, туловище не прогибать.

7. Сед на пол спиной к скамье с опорой руками о ближний край. Разгибание (упор лёжа сзади) и сгибание рук.

8. Сгибание и разгибание рук в упоре сзади, руки и ноги на повышенной опоре. Упражнение выполнять с большой амплитудой.

9. В парах: первый партнёр в упоре лёжа ноги врозь; второй поддерживает партнёра за голени. Сгибание и разгибание рук с отталкиванием от опоры (пола) и продвижением вперёд. Выполнять без задержек, в темпе.

10. Сгибание и разгибание рук в упоре на параллельных брусьях: на максимальное количество повторений; с дополнительным отягощением (пояс-утяжелитель).

4.2. Обучение и совершенствование техники подъем туловища в сед из положения лежа

Подъема туловища в сед из положения лежа (рис. 4.2), который прорабатывает главным образом верхние отделы брюшного пресса, поясничную мышцу, прямую мышцу бедра и делает живот подтянутым.

Техника выполнения:

1. И. п. – лежа на спине, ноги согнуты в тазобедренных суставах под углом 45°, а в коленных – под углом 90°. Руки за головой.

2. Подъем выполняется плавно исключительно за счет мышц пресса. В активной фазе (подъем) выполняется вдох, а в пассивной, соответственно, выдох. Дышать рекомендуется одновременно и ртом, и носом. Спина должна быть слегка округлена на протяжении всего движения.

3. Вернуться в и. п.

Необходимо выполнить максимальное количество подъемов туловища за 1 мин, касаясь локтями коленей, с последующим возвратом в исходное положение.

Ошибки при выполнении:

- отсутствие касания локтями коленей;
- отсутствие касания лопатками и пальцами рук пола;
- пальцы разомкнуты «из замка»;
- смещение таза.

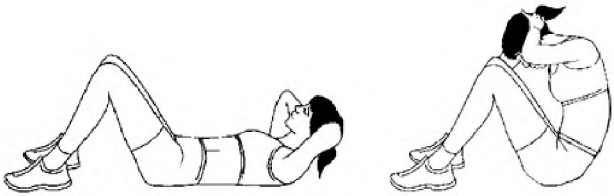


Рис. 4.2. Подъём туловища из положения лежа на спине

Упражнения для совершенствования техники подъема туловища в сед из положения лежа, развивающие силу и силовую выносливость мышц – сгибателей туловища:

1. Поднимание туловища из положения лёжа на спине, ноги согнуты в коленных суставах и закреплены, руки обхватывают плечи.

2. Лёжа на спине, согнутые ноги на возвышении (стул, скамейка и т. п.). Поднимание туловища с касанием грудью колен.

3. Поднимание туловища из положения лёжа спиной на наклонной скамейке, ноги закреплены. Упражнение можно выполнять с дополнительным отягощением: диском от штанги (1-5 кг), гантелями, набивным мячом. Отягощение удерживать перед грудью или за головой.

4. Наклон и поднимание туловища из положения сидя на гимнастическом коне, ноги закреплены, руки вверх. Упражнение можно выполнять с дополнительным отягощением (набивной мяч, гантели).

5. Поднимание и опускание прямых ног из положения лёжа на спине на наклонной скамейке (головой к стенке), хват руками за рейку.

6. Одновременное поднимание прямых ног и туловища (сед согнувшись, руки к носкам) из положения лёжа на спине.

7. Лёжа на спине, ноги согнуты в коленях, ступни прижаты к полу. Набивной мяч в вытянутых руках за головой. Поднять туловище, мяч вперёд-вверх.

8. Лёжа на спине, руки с гантелями на груди, ноги согнуты в коленях. Не отрывая ног от пола, поднять верхнюю часть туловища и наклониться вперёд до касания гантелями коленей.

Упражнения следует выполнять с установкой на максимальное количество повторений – «до предела».

4.3. Обучение и совершенствование техники подтягивание на высокой и низкой перекладине

Подтягивание на перекладине – упражнение, которое отлично развивает мышцы спины. Регулярно делая подтягивания, можно улучшить свою осанку и состояние опорно-двигательного аппарата.

Данное упражнение способствует пропаданию сутулости, уменьшению давления между позвонками и улучшению подвижности шеи и плеч.

Подтягивания выполняются для юношей и девушек поразному – подтягивание на высокой перекладине из виса для юношей и подтягивание на низкой перекладине из виса лежа для девушек.

Подтягивание на высокой перекладине (рис. 4.3).

Техника выполнения:

1. И. п.: вис хватом сверху, кисти рук на ширине плеч, руки, туловище и ноги выпрямлены, ноги не касаются пола, ступни вместе.

2. Из виса на прямых руках хватом сверху подтягиваемся так, чтобы подбородок оказался выше перекладины, опуститься в вис до полного выпрямления рук, зафиксировать это положение в течение 1 с.

Упражнение выполняется на большее количество раз.

Ошибки при выполнении:

- подбородок оказался ниже уровня грифа перекладины;
- подтягивание осуществляется рывками или махами ног (туловища);
- широкий хват при выполнении и. п.;
- отсутствие фиксации менее одной секунды исходного положения;
- совершение «маятниковых» движений с остановкой;
- при выполнении испытания раскрыл ладонь;
- при движении вверх ноги были согнуты в коленных суставах;
- явно видимое поочередное (неравномерное) сгибание рук.

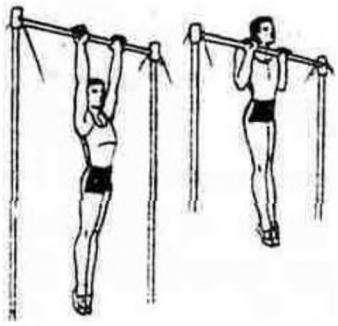


Рис. 4.3. Подтягивание на высокой перекладине

Для развития силы различных групп мышц и силовой выносливости в основном используют упражнения: с преодолением веса собственного тела; с дополнительными отягощениями.

Подтягивание на низкой перекладине (рис. 4.4)

Техника выполнения:

1. И. п.: вис лежа лицом вверх хватом сверху, руки на ширине плеч, голова, туловище и ноги составляют прямую линию, пятки могут упираться в опору высотой до 4 см.

2. Из и. п. подтягиваемся до пересечения подбородком грифа перекладины, затем опускаемся в вис и, зафиксировав на 1 с исходное положение, продолжаем выполнение упражнения.

3. При подтягивании локти разведены не более чем на 45°.

Ошибки при выполнении:

- подтягивание рывками или с прогибом туловища;
- подбородок ниже грифа перекладины;
- отсутствие фиксации на 1 с исходного положения.

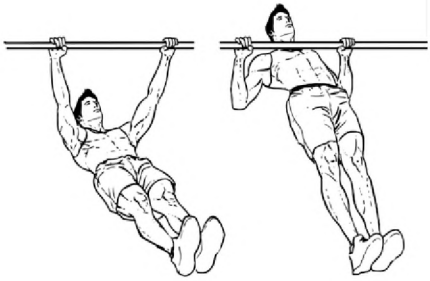


Рис. 4.4. Подтягивание на низкой перекладине

1. И. п.: вис лежа лицом вверх хватом сверху, руки на ширине плеч, голова, туловище и ноги составляют прямую линию, пятки могут упираться в опору высотой до 4 см.

2. Из и. п. подтягиваемся до пересечения подбородком грифа перекладины, затем опускаемся в вис и, зафиксировав на 1 с исходное положение, продолжаем выполнение упражнения.

3. При подтягивании локти разведены не более чем на 45°.

Ошибки при выполнении:

- подтягивание рывками или с прогибом туловища;
- подбородок ниже грифа перекладины;
- отсутствие фиксации на 1 с исходного положения.

Упражнения, развивающие силу мышц рук и плечевого пояса:

1. Сгибание и разгибание рук в упоре лёжа на гимнастической скамейке.

2. Сгибание и разгибание рук в упоре сидя и лёжа сзади (руки на гимнастической скамейке).

3. Сгибание и разгибание рук с гантелями в локтевых суставах.

4. Вис лёжа на низкой перекладине (5 с и более) на полусогнутых руках.

5. Подтягивание на низкой перекладине из виса сиди.

6. Подтягивание из виса лёжа на низкой перекладине хватом снизу.

Упражнения для совершенствования техники подтягивания на высокой и низкой перекладине, развивающие силу мышц рук и плечевого пояса:

1. Подтягивание на перекладине с прыжка и медленное опускание, в вис на прямые руки.

2. Подтягивание на перекладине из виса с помощью.

3. Подтягивание из виса лёжа на низкой перекладине (высота перекладины 100-110 см).

4. Вис на перекладине (5 с и более) на полусогнутых руках.

5. Подтягивание из виса с дополнительным отягощением (пояс-утяжелитель и др.).

6. Подтягивание из виса на высокой перекладине хватом снизу.

7. Подтягивание разным хватом (кисти касаются друг друга, обхватывают перекладину с разных сторон, голова проходит то с одной, то с другой стороны от перекладины).

8. Лазанье по канату (шесту) без помощи ног.

9. Лазанье по канату с дополнительным отягощением за спиной (набивным мячом в рюкзаке).

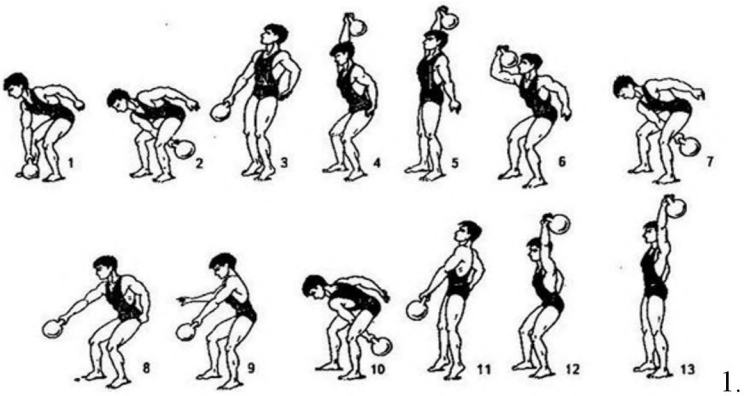
10. Стоя, туловище наклонено вперёд до горизонтального положения, ноги на ширине плеч, штанга в опущенных вниз руках. Тяга штанги до груди, не разгибая туловища.

4.4. Обучение и совершенствование техники рывок гири

Поднятие гири развивает силовую выносливость, повышает функциональные возможности организма; увеличивает силу различных мышечных групп; улучшает координацию движений; повышает выносливость к динамическим усилиям; активизирует работоспособность сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Техника выполнения:

1. Старт. Гиря стоит впереди носков между ног, ноги на ширине плеч. Дужка гири расположена перпендикулярно ступням ног. Гирю захватывают сверху ладонями вниз. Ноги согнуты в коленях, как перед прыжком в длину, свободная рука отведена в сторону.



1.

Рис. 4.5. Техника выполнения упражнения рывок гири

2. *Замах*. Гиря отрывается от помоста. Рука выпрямлена. По инерции гиря уходит за колени в замах. С помощью мышц ног и спины выполняется подрыв гири. Спина прямая.

3. *Подрыв*. За счет активного выпрямления ног и спины гире сообщается ускорение, необходимое для свободного полета на необходимую высоту. На мгновение работающую руку освобождают от нагрузки, незначительно сгибают в локте, а затем выпрямляют навстречу гире, достигшей мертвой точки. Нужно обязательно встать на носки и поднять плечо прямой работающей руки (рука расслаблена). Не следует помогать выравниванию гири бицепсом – эта мышца намного слабее. Согнутая рука только тормозит движение вверх. Чтобы уменьшить путь, совершаемый гирей, сделайте подсед.

4. *Подсед*. Выполняется для смягчения ударной нагрузки перед фиксацией. Чем слабее подрыв, тем глубже подсед.

5. *Фиксация.* Занимающийся выпрямляется с гирей, поднятой вверх на прямую руку, кисть полураскрыта и фиксирует положение.

6. *Опускание*. Занимающийся опускает гирю в очередной замах. Опускать гирю можно, сгибая локоть. В этом случаи рука остается под напряжением, но зато кисть испытывает меньшее перенапряжение. А можно опускать на прямой руке. Здесь все наоборот. Имея сильную кисть, можно пользоваться этим способом.

7. *Замах для перехвата*. Выполняется, когда выполнено максимальное количество подъемов одной рукой.

8. *Перехват*. За счет выпрямления спины гирю поднимают вперед до положения на уровне колен, делают перехват. Спина прямая. Гиря возвращается в замах за колени.

9. После перехвата выполняется замах 10, подрыв 11, подсед 12 и фиксация другой рукой 13 (рис. 4.5).

Ошибки при выполнении рывка гири:

1. Слишком глубокий захват дужки гири кистью. Это приводит к излишнему напряжению и быстрому утомлению мышц-сгибателей пальцев. Быстро натираются мозоли. Причины: слабые мышцы-сгибатели пальцев рук, скользкая дужка.

Исправление: упражнение с кистевым эспандером, удерживание штанги (гири) в висе, махи с различной амплитудой.

Для сцепления ладони с дужкой применяют магнезию или мел. Дужку гири надо захватывать сверху без лишнего просовывания кисти.

2. Согнута рука в локте во время подъёма до полуприседа. Теряется мощность и хлесткость подрыва, а постоянно согнутая рука быстро устает. Причины: не умение атлета выполнить рывок с максимально расслабленными мышцами руки и плечевого пояса, слабые мышцы рук.

Исправление: удерживание гири в висе на различной высоте до 10-15 с, рывковые махи с различной амплитудой.

При выполнении этих упражнений рука должна быть прямой, мышцы максимально расслаблены.

3. Согнута спина во время подъёма до полуподседа. Из-за этого излишне напрягаются и быстрее устают мышцы спины. Нарушается координация движений туловища, ног, руки. Причины: слабые мышцы спины, неумение правильно держать спину (ошибки при обучении).

Исправление: различные наклоны с отягощениями, рывковые махи с различной амплитудой, подъём штанги на грудь в стойку и полуприсед.

Обратить особое внимание на положение спины. Она должна быть прямой и слегка прогнутой, но не согнутой (сгорбленной).

4. После подрыва гиря уходит далеко вперед. Из-за этой ошибки полностью нарушается координация движений. Сбивается дыхание. Наступает быстрое утомление. Причины: излишняя предварительная раскачка гири, слабые мышцы спины.

Исправление: рывковые махи и рывок из высокой стойки, не отрывая локтя от туловища во время подрыва, различные наклоны с отягощениями.

5. Слишком ранний подрыв. Занимающийся в этом случае выполняет одно из основных движений рывка из менее удобного положения. Теряется мощность и хлесткость подъёма. Причина: из стартового положения атлет спешит выпрямить туловище, не выводя предварительно таз и бедра чуть вперед.

Исправление: рывок из стартового положения надо начинать с незначительного выведения таза и бедер чуть вперед, затем слитно, хлестко выпрямляют ноги и туловище.

6. Не полное выпрямление ног и туловища в подрыве. Занимающийся спешит быстрее подсесть. Приходится делать более глубокий подсед. Причина: не достаточно освоена техника.

Исправление: удерживать гирю в висе поднимая и опуская плечо, рывковые махи на различную высоту.

7. Подрыв в рывке выполняют только спиной. Из-за этой ошибки быстро устают мышцы спины. Причина: перед подрывом атлет не подводит таз и колени чуть вперед, из-за чего ноги слабо включаются в работу.

Исправление: необходимо хорошо освоить технику.

8. Кисть не просунута внутрь дужки в момент фиксации гири вверху на прямой руке. Из-за этой ошибки мышцы сгибатели пальцев находятся в постоянном напряжении.

Причины: неумение занимающегося правильно вывести гирю к моменту просовывания кисти (на уровне головы и выше).

Исправление: при осваивании техники обратить особое внимание на положении кисти и дужки гири до полуприседа.

9. Перебрасывание гири через кисть перед фиксацией. Причины: во время подъёма атлет не поворачивает дужку углом вперед-вверх, а перебрасывает через кисть.

Исправление: освоить технику, обращая особое внимание на положение кисти и дужки гири.

Упражнения для исправления ошибок:

1.Рывковые махи гири с различной амплитудой – это тот же подъём гири до полуприседа из основного старта.

Применяется не только при обучении технике, но и для воспитания специальной выносливости в рывке, для укрепления мышц-сгибателей пальцев и спины. Структура движений рывковых махов не должна отличаться от структуры подъёма гири до полуподседа. Следует строго соблюдать требования к выполнению этого упражнения:

- прогнута, но не согнута спина;
- локоть находится ближе к туловищу;
- максимально расслаблять мышцы удерживающей гирю руки;
- чередующий перенос центра тяжести с пяток на носки;
- не принужденность движений и сочетание движений с дыханием;
- разворот дужки в конце подрыва углом вперед-вверх.

Дыхание – одновременно с подрывом быстрый вдох, при опускании выдох. Заканчивается выдох одновременно с окончанием движения гири назад за колени.

2. Полуприседы различной глубины с гирей вверху на прямой руке. Главная цель этого упражнения прочувствовать равновесие и уверенность в полуприседе, запомнить положение гири вверху на

прямой руке с просунутой внутрь дужки кистью. Пружинящее сгибание и разгибание применяется для укрепления связок и суставов руки. Дыхание произвольное.

3. Подъём одной гири на грудь и опускание. При обучении рывку это упражнение способствует правильному выполнению подрыва, развороту дужки углом вперед-вверх и просовыванию кисти в дужку в более упрощенных условиях, чем при выполнении рывка в целом.

Опускание гири с груди в и. п. также по своей структуре во многом соответствует опусканию гири с поднятой вверх руки. Перехват дужки при опускании выполняют сразу же после отталкивания гири от груди.

Гирю до перехвата дужки поворачивают немного вокруг предплечья, а не перебрасывают через кисть.

Дыхание: одновременно с отталкиванием гири от груди поднимают плечо и привстают на носки – быстрый вдох. Наклоняют туловище и сгибают ноги при опускании гири – полный выдох.

Научившись правильно выполнять это упражнение, можно приступать к освоению рывка в целом, сохраняя непринужденность движений и дыхания.

Дыхание при выполнении рывка гири. Гиревой спорт относится к таким видам спорта, в которых быстро наступает кислородное голодание. Это такое состояние, при котором не хватает кислорода и наступает переутомление организма. Поэтому что бы достигнуть высоких результатов занимающемуся необходимо научиться правильно сочетать дыхание с техникой выполнения соревновательных упражнений.

Каждый занимающийся сам выбирает, какое цикличное дыхание (вдох – выдох) использовать на один рывок.

Самым рациональным считается использовать три цикла дыхания на один подъем. Суть заключается в том, что занимающийся поднимает гирю из основного старта и делает вдох. Заканчивая подрыв, делает выдох. Делает вдох во время подседа, выпрямляется – выдох. Занимающийся фиксирует гирю. С началом опускания гири вдох, когда гиря пересекает уровень груди – выдох. Заканчивает выдох с гирей за коленями.

Темп дыхания должен соответствовать темпу движений.

Трех цикличное дыхание в достаточной, степени обеспечивает организм кислородом. Но, несмотря на это, после длительного

выполнения, кислорода все равно может не хватать, поэтому в зафиксированном положении гири вверху занимающийся делает еще один или несколько циклов дыхания. Хотя скорость и снижается, зато так спортсмен выкладывается полностью в 10 мин.

В зависимости от положения соревнований время на выполнение упражнения может быть сокращено до 1 мин. В такие случаи лучше всего использовать 2 или 1 цикл на один подъем.

Упражнения для совершенствования техники рывка гири, развивающие силу мышц рук, плечевого пояса и спины:

1. Сжимание кистью теннисного мяча, эспандера (резинового, пружинного).

2. Стоя, гантели в опущенных руках. Поднимать попеременно прямые руки вперёд-вверх.

3. Ноги на ширине плеч, туловище наклонено вперёд до горизонтального положения, гантели в опущенных руках. Подъём прямых рук вперёд-вверх до уровня плеч: попеременно, одновременно.

4. Ноги на ширине плеч, руки с гантелями вверх. Энергичные наклоны туловища вперёд, опуская руки между ног.

5. Стоя в наклоне, в руках гири. Выпрямление туловища.

6. Ноги на ширине плеч, колени слегка согнуты, прямая рука сверху захватывает дужку гири, стоящей на полу. Приподняв от пола гирю, качнуть её между ногами, затем махом по дуге поднять к плечу.

7. Ноги на ширине плеч, штанга у бёдер в опущенных руках. Подъём прямых рук вперёд-вверх до уровня плеч. Держать 2-3 с.

8. Ноги на ширине плеч, штанга у бёдер в опущенных руках. Подъём штанги вверх прямыми руками.

9. Лёжа бёдрами на гимнастическом коне (козле), лицом вниз, ноги закреплены за рейку гимнастической стенки, в руках набивной мяч. Наклоны туловища вперёд и назад. Выполнять с большой амплитудой, без пауз.

10. Махи тяжёлой гири (24, 32 кг) с различной амплитудой.

Упражнения для совершенствования техники рывка гири, развивающие силу мышц ног:

1. Полуприседы с двумя гирями вверху на прямых руках.

2. Приседания с двумя гирями (гантелями, набивным мячом) вверху на прямых руках.

3. Полуприседы и приседания со штангой на груди.

4.5. Прием контрольных нормативов

Тестирование *сгибания и разгибания рук в упоре лежа* проводится в гимнастическом (спортивном) зале или на универсальной спортивной площадке. Место выполнения испытания необходимо оградить лентой, для того чтобы тестируемому никто не мешал в достижении максимального результата.

Сгибание и разгибание рук в упоре лежа выполняется из и.п.: упор лежа на полу, руки на ширине плеч, кисти вперед, локти разведены не более чем на 45° относительно туловища, плечи, туловище и ноги составляют прямую линию. Стопы упираются в пол без опоры.

Засчитывается количество правильно выполненных циклов, состоящих из сгибаний и разгибаний рук, фиксируемых счетом судьи вслух или с использованием специальных приспособлений (электронных контактных платформ).

Сгибая руки, необходимо коснуться грудью пола или контактной платформы высотой 5 см, затем, разгибая руки, вернуться в исходное положение и, зафиксировав его на 1 секунду, продолжить выполнение испытания.

Ошибки, в результате которых испытание не засчитывается:

- нарушение требований к исходному положению;
- нарушение техники выполнения испытания;
- нарушение прямой линии «плечи – туловище – ноги»;
- отсутствие фиксации на 1 секунду исходного положения;
- превышение допустимого угла разведения локтей;
- разновременное разгибание рук.

Тестирование *подтягивание на высокой перекладине* выполняется в спортивных залах или на открытых площадках.

Подтягивание на высокой перекладине выполняется из и.п.: вис хватом сверху, кисти рук на ширине плеч, руки и ноги прямые, ноги не касаются пола, ступни вместе.

Из виса на прямых руках хватом сверху необходимо подтянуться так, чтобы подбородок оказался выше перекладины, опуститься в вис до полного выпрямления рук, зафиксировать это положение в течение 1 с.

Испытание выполняется на максимальное количество раз доступное участнику.

Засчитывается количество правильно выполненных подтягиваний, фиксируемых счетом судьи вслух.

Ошибки, в результате которых испытание не засчитывается:

- нарушение требований к исходному положению (неправильный хват рук, согнутые в локтевых суставах руки и в коленных суставах ноги, перекрещенные ноги);
- нарушение техники выполнения испытания;
- подбородок тестируемого ниже уровня грифа перекладины;
- фиксация и.п. менее чем на 1 с;
- подтягивание рывками или с использованием маха ногами (туловищем);
- явно видимое поочередное (неравномерное) сгибание рук.

Тестирование *подтягивание на низкой перекладине* выполняется из и.п.: вис лежа лицом вверх хватом сверху, руки на ширине плеч, голова, туловище и ноги составляют прямую линию, стопы вместе, пятки могут упираться в опору высотой до 4 см.

Высота грифа перекладины для участников – 90 см по верхнему краю.

Для того чтобы занять и. п., участник подходит к перекладине, берется за гриф хватом сверху, приседает под гриф и, держа голову прямо, ставит подбородок на гриф перекладины. После чего, не разгибая рук и не отрывая подбородка от перекладины, шагая вперед, выпрямляется так, чтобы голова, туловище и ноги составляли прямую линию. Помощник судьи подставляет опору под ноги участника. После этого участник выпрямляет руки и занимает и.п.

Из и.п. участник подтягивается до пересечения подбородком грифа перекладины, возвращается в и.п., зафиксировав его на 1 с и продолжает выполнение испытания.

Засчитывается количество правильно выполненных подтягиваний, фиксируемых счетом судьи вслух.

Ошибки, в результате которых испытание не засчитывается:

- нарушение требований к и. п. (неправильный хват рук, согнутые в локтевых суставах руки);
- нарушение техники выполнения испытания:
- подтягивание выполнено с нарушением прямой линии «голова – туловище – ноги»;
- подбородок тестируемого не поднялся выше грифа перекладины;
- явно видимое поочередное (неравномерное) сгибание рук.

- отсутствие фиксации на 1 с исходного положения.

Тестирование *рывок гири* проводятся на помосте или любой ровной площадке размером 2 × 2 м. Участник выполняет испытание в спортивной форме, позволяющей судьям определять выпрямление работающей руки и разгибание ног в тазобедренных и коленных суставах (рекомендуется футболка с коротким рукавом и шорты).

Для выполнения испытания используется гиря весом 16 кг. Контрольное время выполнения упражнения – 4 мин. Засчитывается суммарное количество правильно выполненных рывков гири правой и левой рукой.

Техника выполнения испытания.

За 2 мин до начала тестирования участник приглашается на помост, при необходимости готовит снаряд и руки для тестирования и встает лицом к судье и принимает гимнастическую стойку (ноги на ширине плеч, стопы параллельны, руки за спиной).

За 5 с до старта производится обратный отчет времени 5; 4; 3; 2; 1 и подается команда судьи «Старт!». Участник должен, оторвав гирю от помоста, непрерывным движением поднять её вверх до полного выпрямления руки и зафиксировать в верхнем положении не менее чем на 0,5 с.

При этом работающая рука, ноги и туловище должны быть выпрямлены, движение гири и участника остановлены. После фиксации вверху участник должен, не касаясь гирей туловища, опустить ее вниз (без касания помоста) для выполнения следующего подъема.

Рывок гири выполняется в один приём, сначала одной рукой, затем, без перерыва, другой. Переход к выполнению упражнения другой рукой может быть сделан только один раз. Для смены рук разрешено использовать дополнительные замахи.

Участник может начинать испытание с любой руки и переходить к выполнению испытания второй рукой в любое время, отдыхать, держа гирю в верхнем либо нижнем положении не более 5 с.

Во время выполнения испытания судья на помосте засчитывает каждый правильно выполненный рывок гири после фиксации не менее чем на 0,5 с.

Засчитывается количество правильно выполненных рывков гири правой и левой рукой.

Если участник оторвет гирю до команды «Старт!», судья останавливает выполнение командой «Стоп!», после чего гиря устанавливается в первоначальное положение.

Для начала тестирования судья вновь подает команду «Старт!». При нарушении правил техники рывка судья на помосте подает команды: «Не считать!».

Ошибки, в результате которых испытание не засчитывается:

- дожим гири;
- касание свободной рукой ног, туловища, гири, работающей руки;
- изгиб и скручивание туловища, сгибание в тазобедренном суставе в момент фиксации гири.

Испытание прекращается судьей в следующих случаях:

- постановка гири на голову, плечо, грудь, ногу или помост;
- выход за пределы помоста;
- многократное нарушение правил тестирования (техническую неподготовленность).

Во время выполнения испытания не допускается:

- использование каких-либо приспособлений, облегчающих подъем гири, в том числе гимнастические накладки;
- использование канифоли для подготовки ладоней.

Контрольные вопросы

1. Что такое сила, как физическое качество?
2. Описать выполнение упражнения сгибание и разгибание рук в упоре лежа из исходного положения.
3. Описать выполнение подтягивания на высокой перекладине.
4. Какая высота грифа для участников в подтягивании на низкой перекладине?
5. Из каких последовательных частей состоит рывок гири?

5. Развитие выносливости

Выносливость – это способность человека успешно выполнять целенаправленные действия, в условиях естественного психофизиологического утомления. Кроме общей (базовой) выделяют обычно силовую выносливость, скоростную выносливость, координационную, Кроме того изучаю выносливость локальных мышечных групп.

5.1. Обучение техники бега на средние дистанции

Бег на средние и длинные дистанции нужно рассматривать как целостное упражнение, которое условно можно разделить на четыре основные части:

- начало бега (старт);
- стартовый разбег;
- бег по дистанции;
- финиширование.

Методика обучения технике бега на средние и длинные дистанции. При обучении техники бега на средние и длинные дистанции решаются следующие задачи:

Задача 1. Создать у занимающихся представление о технике бега на средние и длинные дистанции.

Упражнения для обучения технике бега на средние и длинные дистанции:

1. Краткий рассказ о беге на средние и длинные дистанции. Рассказ должен быть образным, интересным и занимать не более 5 мин.

2. Демонстрация техники бега на средние и длинные дистанции. Сначала показать технику бега сбоку, затем спереди и сзади, используя различную скорость передвижения.

3. Пробегание, занимающимся пробежать 2-3 раза по 80-100 м. Наблюдать за выполнением бега и выявить общие ошибки, характерные для всех занимающихся.

Задача 2. Обучить основным элементам техники бегового шага.

1. Имитация положений ног, рук, туловища, головы, стоя у гимнастической стенки. Бег на месте в упоре с высоким подниманием бедра. Выполнять фронтальным способом, обращая

внимание на моменты постановки ноги, вертикали, окончания отталкивания. Туловище под углом 50°. Поочередно быстрые отталкивания от опоры с подниманием бедра выше горизонтали. Обращать внимание на полное разгибание опорной ноги. Туловище и опорная нога составляют прямую линию. Нога ставится на опору, на переднюю, часть стопы (пятка не касается опоры).

2. Имитация движения рук, стоя на месте на носках (одна нога впереди, другая сзади), туловище вертикально.

Сохранять вертикальное положение головы и туловища. Выполнять упражнение фронтальным способом. Сохранять ритмичный темп движений.

Плечи не поднимать. Следить, чтобы не было напряженности в области шеи и плеч. Движения руками выполнять с большой амплитудой. Упражнение выполняется: в наклоне; с постепенным выпрямлением туловища; в различном темпе.

3. Медленный бег на передней части стопы.

Методические указания. Выполнять в колонне по одному. Не касаться пятками поверхности.

4. Бег с высоким подниманием бедра с переходом на обычный бег.

Методические указания. При выполнении упражнения сохранять вертикальное положение туловища, руки согнуты в локтях; переход к обычному бегу плавный, почти незаметный.

5. Семенящий бег с переходом на обычный бег.

Методические указания. Выполнять в колонне по одному. Следить за постановкой ноги и постепенным увеличением амплитуды подъема бедра.

6. Бег на месте и с продвижением вперед с постановкой ноги на передней часть стопы.

Методические указания. Выполнять в колоне по одному. Не касаться пятками поверхности. Бег с постановкой ноги на переднюю часть стопы надо проводить в медленном темпе и чередовать с ходьбой, что способствует развитию у учащихся выносливости. Общую длину дистанции постепенно доводят до 300 м (50 м бег, 50 м ходьба и т. д.).

Задача 3. Обучить технике бега по прямой (рис. 5.1) с равномерной и переменной скоростью:

1. Ускорения на отрезках 60-80 м.

Методические указания. Обратить внимание на постепенное наращивание скорости.

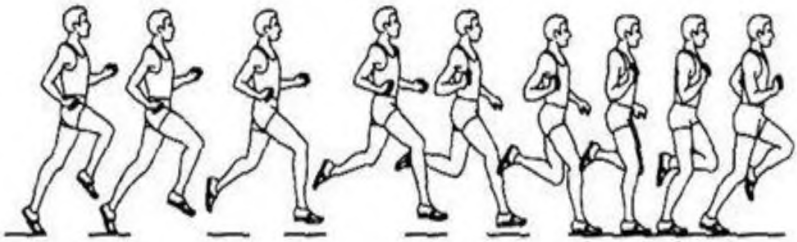


Рис. 5.1. Бег по прямой

2. Ускорение с удержанием скорости на отрезках 60-100 м.

Методические указания. Обращать внимание на быстрое наращивание скорости и плавное удерживание.

3. Бег на 100-200 м с равномерной скоростью по заданию преподавателя.

Методические указания. Сохранять среднюю скорость бега – 5 м/с, в случае отклонения от заданного времени более чем на 1 с пробегание повторять.

4. Бег на 100-200 м с переменной скоростью по заданию преподавателя.

Методические указания. Выполнять в группе в беге по кругу по свистку. Следить за плавностью наращивания и снижения скорости бега.

5. Быстрый набор скорости и переход на свободный бег на 80-120 м.

Методические указания. Следить за плавностью перехода от быстрого бега к медленному.

Специальные беговые упражнения

В целях успешного овладения техникой бега применяют специальные беговые упражнения:

1. Чтобы приучить к прямолинейному бегу, применяют бег по узкой дорожке шириной 20-25 см и бег по одной линии.

2. При недостаточном выпрямлении толчковой ноги применяют специальное упражнение – бег прыжками.

Методические указания. Лучше это провести в виде игры-соревнования: прыжки по поперечным отметкам (через 6-8 ступней) на дорожке 20-30 м.

3. Недостаточное высокое поднимание бедра исправляется специальным упражнением – бегом с высоким подниманием бедра.

4. Бег можно проводить через набивные мячи или другие не очень высокие предметы, расположенные по прямой линии через 80-100 см.

Методические указания. Чтобы преодолеть препятствия, занимающиеся вынуждены высоко и быстро поднимать бедро. При выполнении этого упражнения необходимо следить, чтобы занимающиеся, поднимая высоко бедра, не подседали на опорной ноге и не откидывали туловища назад.

5. Недостаточное складывание маховой ноги в момент вертикали исправляется специальным упражнением – повторным бегом с активным захлестыванием голени назад.

6. Часто свободным движениям рук мешает неподвижность плечевого пояса. Чтобы устранить этот недостаток, применяется бег, держа руки за спиной или на поясе. Методические указания. Такое положение рук заставляет бегущего выводить плечо вперед в такт движениям ног.

7. Быстрый бег с ускорением на 30-40 м с включением «свободного хода» завершает изучение техники бега по дистанции.

8. Быстрый бег с ускорением на 30-40 м с включением «свободного хода» завершает изучение техники бега по дистанции.

Методические указания. При обучении тренер-преподаватель должен помнить об основных требованиях к технике – это прямолинейность бега. Полное выпрямление толчковой ноги в сочетании с выносом вперед бедра маховой ноги; захлестывание голени маховой ноги в момент вертикали; свободная и энергичная работа рук; прямое положение туловища и головы; быстрая и мягкая постановка стопы (с носка) на грунт.

Задача 4. Обучить технике бега по виражу (рис. 5.2).

Упражнения для обучения техники бега по виражу:

1. Бег змейкой.

Методические указания. Выполнять в колонне по одному за направляющим по заранее намеченному маршруту. Следить за постановкой стоп и положением туловища.

2. Бег по кругу диаметром 20-30 м.

Методические указания. Выполнять против часовой стрелки, следить за изменением наклона туловища внутрь круга и изменением работы рук.

3. Выбегание с виража на прямую.

Методические указания. При выходе на прямую шаг должен быть свободным, размашистым. Необходимо набранную скорость сохранять, обращать внимание на увеличение длины шагов и выпрямление туловища, на увеличение частоты шагов и работу рук.



Рис. 5.2. Бег по виражу

4. Вбегание с прямой в вираж.

Методические указания. Обращать внимание на увеличение частоты шагов и работы рук.

5. Повторный бег по виражу.

Методические указания. Следить за постановкой стоп и положением туловища.

6. Бег змейкой между стоек.

Методические указания. Выполняется в колонне по одному за направляющим по заранее намеченному маршруту.

7. Бег с изменением направления движения.

Методические указания. Следить за выполнением убегания флажков.

Задача 5. Обучить технике высокого старта (рис. 5.3).

Упражнение для обучения технике высокого старта:

1. Изучение стартовых положений: «На старт!», «Марш!», «Внимание», «Марш» и стартовые ускорения.

Методические указания. Выполнять фронтальным или групповым методом. Контролировать удобство и устойчивость стартовых положений. Обучать стартовым положениям надо всех занимающихся сразу, при этом обратить особое внимание на положение по команде «Внимание». Это положение должно быть устойчивым и удобным для начала бега. Паузу между командами «Внимание» и «Марш» можно удлинять. Первые старты не следует бегать в полную силу.

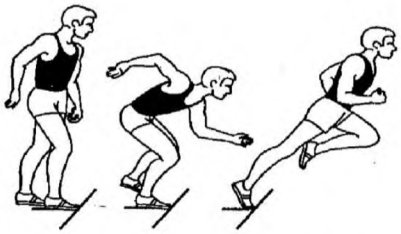


Рис. 5.3. Техника высокого старта

2. Высокий старт по прямой и на повороте.

Методические указания. Выполнение стартов по одному. Выполнять не в полную силу.

3. Высокий старт по прямой и на повороте.

Методические указания. Выполнение стартов в группе. Выполнять с максимальной скоростью.

4. Выполнение стартов в группе с поворота.

Методические указания. Построить группу на дорожке уступом, бежать под общую команду.

5. Максимальное ускорение со старта на отрезке 30-50 м.

Методические указания. Выполнять максимально быстро с наклоном вперед. По мере освоения техники старта пробежки со старта удлиняют, скорость стартовых пробежек увеличивают.

Задача 6. Обучить умению бежать с равномерной скоростью на разных отрезках.

1. Повторный бег на 200 м.

Методические указания. Пробежать группой за 40-45 с. При отклонении на 1 с от задания бег повторить.

2. Повторный бег на 400 м.

Методические указания. Показать одинаковое время на первой и второй половине дистанции.

3. Повторный бег на 600 м.

Методические указания. Показать одинаковое время бега на 200 м.

4. Бег 4 × 200 м через 1 мин отдыха.

Методические указания. Показать одинаковое время бега на 200 м.

5. Бег 4 × 200 м через 1 мин отдыха.

Методические указания. Бегун сам сообщает время бега на отрезках, а преподаватель сравнивает его с реальным.

Задача 8. Ознакомить с техникой финиширования и поведением бегуна после бега (рис. 5.4).

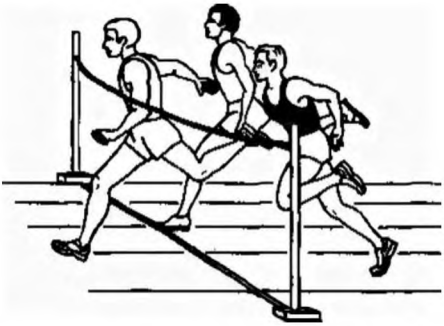


Рис. 5.4. Финиширование

Упражнение. Удлиненные пробежки с ускорением в конце дистанции и с пересечением линии финиша.

Методические указания. Технику финиширования обучающиеся изучают, совершая броски на финиши, предварительно пробежав 20-25 м по одному, затем – группой. При изучении техники финиширования обнаруживаются следующие ошибки: прыжок на финишную линию; преждевременный наклон туловища вперед (за несколько шагов до финиша); растягивание последних шагов. Эти ошибки исправляются пробеганием линии финиша на полной скорости.

5.2. Совершенствование техники бега на средние и длинные дистанции

Упражнение для совершенствования техники бега на средние и длинные дистанции:

1. Переменный бег от 200 до 2000 м.

Методические указания. Следить за стабильностью техники и совершенствованием умения увеличивать скорость.

2. Бег от 400 до 1200 м.

Методические указания. Добиваться умения удерживать нужную равномерную скорость движения и стараться не отклоняться от заданного результата.

3. Бег от 400 до 1200 м с ускорением на последних 100 м.

Методические указания. Добиваться умения удерживать равномерную скорость, стабильную технику и ритм дыхания.

4. Бег в затрудненных условиях (дождь, ветер, мягкий грунт и т. п.).

Методические указания. Обращать внимание на вариативность техники в зависимости от условий.

5. Участие в соревнованиях.

Методические указания. Добиваться максимального результата.

5.3. Прием контрольных нормативов

Бег на средние и длинные дистанции проводится по беговой дорожке стадиона или любой ровной местности. Испытание выполняется из положения высокого старта. Группа участников выстраивается за 3 м до стартовой линии. Помощник стартера называет участника, тот называет свой номер.

По команде «На старт!» участники занимают свои места перед линией старта. После выстрела стартера из пистолета или команды «Марш!» они начинают бег.

При беге участникам запрещается наступать на линию бровки с левой стороны, что приведет к сокращению дистанции.

Результат фиксируется хронометром в минутах и секундах с точностью до 0,1 с.

Предпочтительно трасса должна иметь кольцевую форму с кругами по 500 м, что позволит видеть всех участников и вовремя оказать медицинскую помощь. Максимальное количество участников в одном забеге на дистанцию 1000-2000 м составляет не более 15 человек, 3000 метров – не более 20 человек.

Контрольные вопросы

1. Что такое выносливость?
2. Из каких фаз состоит бег на средние дистанции?
3. Описать технику высокого старта.
4. С какого положения происходит старт в беге на средние и длинные дистанции?
5. Какие команды подаются судьей на старте в беге на средние и длинные дистанции?

6. Развитие скоростно-силовых качеств

Скоростно-силовые качества – это способность человека противостоять внешним сопротивлениям, достигать максимальных силовых показателей в кратчайшее время. Их называют «взрывной силой».

6.1. Обучение и техника метания гранаты

Особое место при изучении техники метания должны занимать специальные упражнения со вспомогательными снарядами. Это поможет начинающим избежать многих ошибок, которые возникают при обучении.

Последовательность задач и целесообразность упражнений обусловливаются характером вида метаний, включающим как отдельные упражнения, так и группу сходных упражнений, имеющих наиболее тесную структурную связь с основным двигательным действием.

Задача 1. Ознакомление с техникой метания гранаты.

Решая эту задачу, преподаватель показывает технику метания гранаты с полного разбега, объясняет особенности отдельных фаз метания, предлагает обучающимся просмотреть плакаты, видеофильмы, знакомит с правилами соревнований.

Задача 2. Обучить держанию и выбрасыванию снаряда (рис. 6.1).

Для правильного и точного броска необходимо правильное держание снаряда. Гранату держат так, чтобы ее ручка своим основанием упиралась в мизинец, согнутый и прижатый к ладони, а остальные пальцы плотно охватывали ручку гранаты. При этом большой палец может располагаться как вдоль оси гранаты, так и поперек. Гранату держат перед собой или у верхней кромки черепа, такое положение позволяет более рационально выполнить последующее отведение снаряда в разбеге.

Метание гранаты проводится на стадионе или спортивной площадке. В процессе обучения преподаватель должен соблюдать меры предосторожности:

- разрешать метание гранаты только по сигналу преподавателя в одну сторону;
- располагать занимающихся на достаточном удалении друг от друга;
- собирать брошенные снаряды только после сигнала.

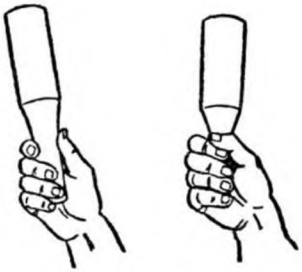


Рисунок 6.1. Держание снаряда

Для обучения технике держания и выбрасывания снаряда последовательно используют следующие упражнения:

- ноги на ширине плеч, вес тела преимущественно на передней части стоп, рука с малым мячом впереди над плечом, согнута в локтевом суставе, свободная опущена в низ. Имитация броска последовательным и непрерывным выпрямлением руки вперед – вверх (без перерыва 8-10 раз). Затем рука продолжает двигаться вниз, в сторону, назад и до и. п.;

- из того же и. п. бросить малый мяч в пол и поймать его после отскока;

- то же, но метание малого мяча в стену, а затем в мишень;

- стоя лицом, а потом боком в сторону метания, левая нога ставится впереди. Бросок мяча или гранаты за счет хлестообразного движения руки.

Цели этих упражнений – овладеть движением руки хлестообразным рывком, научиться расслаблять мышцы руки, точно проносить ее над плечом и последовательно выпрямлять вперед – вверх в направлении броска.

Задача 3. Обучить метанию гранаты с места (рис. 6.2).

К метанию гранаты с места следует приступать после того, как у занимающихся отработаны и закреплены мышечные движения грудью вперед и хлестообразные движения метающей руки при хорошей опоре на ногах. Эти ощущения создаются при помощи следующих упражнений:

- имитация заключительного усилия при метании снаряда, стоя левым боком в сторону метания, левая нога находится впереди, держась правой рукой за резиновый жгут, закрепленный на уровне плеч за гимнастическую стенку;

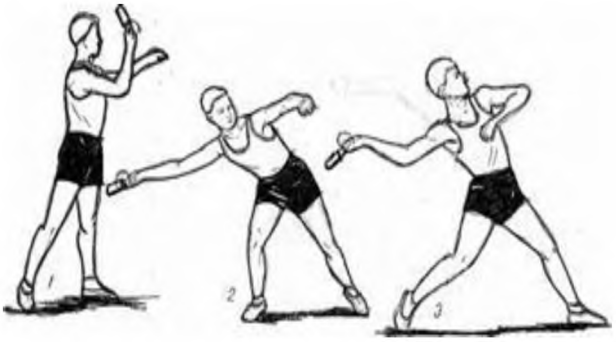


Рис. 6.2. Метание гранаты с места

- метание малого (набивного) мяча в стену из исходного положения, сидя на гимнастической скамейке: двумя руками; одной рукой с предварительным поворотом туловища вправо;

- имитация финального усилия с помощью партнера, стоя левым боком в сторону метания, левая нога стоит впереди, стопа повернута носком внутрь под углом 45°, правая нога находится в согнутом положении. Преподаватель (партнер), держа занимающего за кисть правой руки, подталкивает его под лопатку вперед, дает почувствовать работу мышц в этом положении;

- метание снаряда вперед – вверх. Стоя левым боком в сторону метания, согнуть правую ногу, повернуть туловище направо и развернуть ось плеч.

Задача 4. Обучить метанию с бросковых шагов.

Для решения поставленной задачи целесообразно выполнить следующие упражнения:

- метание гранаты с одного шага. Поставить левую ногу в положение шага для метания с места, с поворотом туловища в направлении броска прийти в положение «натянутого лука».

- имитация выполнения скрестного шага. Стоя левым боком к направлению броска, выпрямленная правая рука отведена назад и находится на уровне плеча. Вес тела – на правой согнутой ноге, левая нога выпрямлена и поставлена на опору на расстоянии 2,5-3 стоп от правой, а левая рука – перед грудью. Сделать легкий скачок с левой ноги на правую с постановкой левой ноги на опору;

- выполнение скрестных шагов правой ногой, после чего левую ногу поставить в положение шага и выполнить бросок гранаты. Упражнение выполняется по счет преподавателя;

- имитация выполнения скрестного шага с помощью преподавателя или опытных занимающихся. Во время выполнения данного упражнения, обучающего удерживают за правую выпрямленную руку. Это делается для того, чтобы ноги обгоняли туловище;

- метание снарядов с бросковых шагов в цель. Цель расположена на расстоянии 10-12 м от линии броска.

Задача 5. Обучить технике выполнения разбега и отведения гранаты (рис. 6.3).

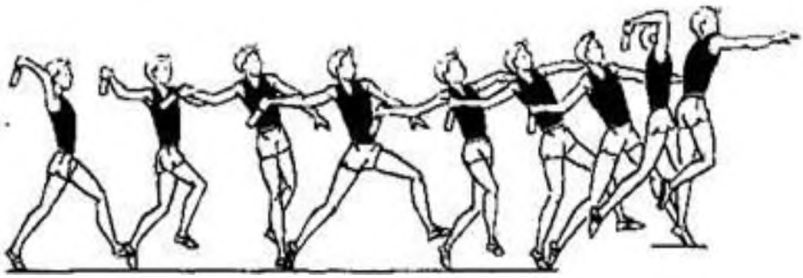


Рис. 6.3. Технике выполнения с разбега и отведения гранаты

Применяются несколько вариантов выполнения бросковых шагов и способов отведения снаряда.

- 1 вариант: метание с 4 бросковых шагов с отведением гранаты на 2 шага способом «прямо – назад»;

- 2 вариант: метание с 4 бросковых шагов с отведением снаряда на 2 шага способом «дугой вверх – назад»;

- 3 вариант: метание с 4 бросковых шагов с отведением снаряда на 2 шага способом «вперед – вниз – назад»;

- 4 вариант: метание с 5 бросковых шагов с отведением снаряда на 3 шага способом «вперед – вниз – назад».

Первый вариант больше подходит девушкам, обладающим большой подвижностью в плечевых суставах. Наиболее распространенным вариантом является третий. Обучение способам отведения снаряда следует начинать с положения «стоя на месте» при помощи упражнений:

- имитация отведения снаряда на 2 шага ходьбы. Занимающиеся, стоя в шеренге, держат гранату над плечом. Отведение снаряда производится на 2 шага под команду преподавателя, а затем самостоятельно;

- выполнение имитации отведения гранаты в ходьбе, а затем в беге. Выполнить на 2 шага – отведение и на 2 шага – возвращение;

- отведение снаряда на два шага способом «вперед – вниз – назад» с последующим выполнением скоростного шага и шага левой ногой, т. е. выполнение 4 бросковых шагов в целом и приход в исходное положение перед броском без метания и с выполнением метания.

Задача 6. Обучить технике метания гранаты с полного разбега (рис. 6.4).

Для этого применяются следующие упражнения:

- из и. п., стоя лицом по направлению метания, левая нога находится впереди, снаряд – над плечом, производится подход и попадание левой ногой на контрольную отметку, в сочетании с отведением гранаты;

- то же, но с добавлением выполнения скрестного шага;

- то же, но с выполнением бросков, акцентируя ускорение и ритм бросковых шагов после контрольной отметки и обращая внимание на согласованность движений ног, туловища, рук в фазе выполнения финального усилия.

Перечисленные упражнения выполняются с 6-8 шагов разбега, сначала с небольшой скоростью, а затем, по мере освоения правильных движений, необходимо увеличивать длину и скорость разбега до контрольной отметки. Длина разбега – путь пробегания от контрольной отметки в обратном направлении по отношению к метанию. В исходном положении перед разбегом занимающиеся встают левой ногой на контрольную отметку, граната над плечом. Разбег начинается с правой ноги. На месте постановки ноги делается отметка. Повторными пробежками уточняется длина первой части разбега. Затем занимающиеся встают левой ногой на эту отметку лицом по направлению метания и проводят разбег в целом. Коррекция разбега осуществляется повторными пробежками без броска и с броском снаряда.

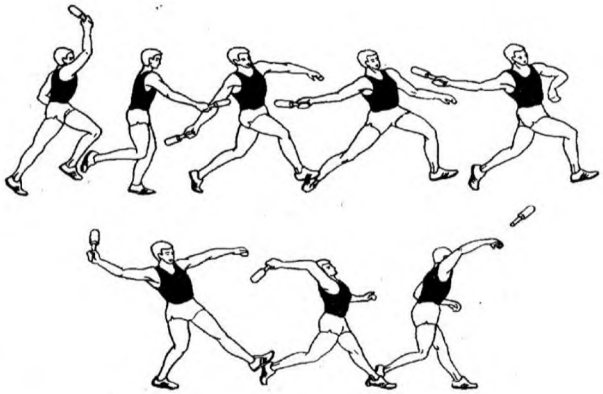


Рис. 6.4. Технике метания гранаты с полного разбега

Задача 7. Совершенствование техники метания гранаты.

Для совершенствования техники метания гранаты необходимо ознакомить занимающихся с различными вариантами техники. Рост результатов в метании снарядов зависит не только от совершенствования техники, но и от развития физических качеств, в первую очередь от укрепления связок локтевого и плечевого суставов.

6.2. Совершенствование техники метание гранаты

Упражнения для развития скоростно-силовых качеств, необходимых для метания:

1. Сжимание кистью теннисного мяча, эспандера (резинового, пружинного).
2. Сгибание и разгибание кистей рук с гантелями в вертикальной плоскости.
3. Круговые движения кисти руки с гантелью.
4. Движение кисти руки с гантелью по восьмёрке.
5. Руки с гантелями вверх. Сгибание и разгибание рук в локтевых суставах с опусканием гантелей за голову.
6. Круговые движения руками с гантелями вперёд и назад с большой амплитудой.
7. Метание набивного мяча (1-3 кг) из-за головы двумя руками на дальность из и. п. стоя, стоя на одном колене; стоя на коленях.

При выполнении бросковых упражнений с набивным мячом необходимо концентрировать внимание на взрывном характере проявления усилий.

8. Метание гранаты на дальность: с места; с разбега. Перед метанием необходимо сделать разминку, чтобы не травмировать локтевой и плечевой суставы, мышцы спины. Первые броски выполнять свободно с небольшим усилием метающей руки. Количество бросков за одно учебно-тренировочное занятие – 25-35.

6.3. Обучение техники прыжка в длину с места

Прыжок в длину с места толчком двумя ногами характеризует скоростно-силовую подготовленность и выполняется в яму с песком на стадионе или на гимнастические маты в спортивном зале (рис. 6.5).

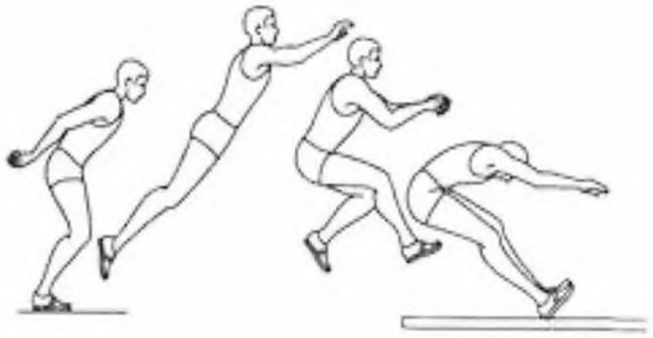


Рис. 6.5. Техника прыжка в длину с места

Подготовка к прыжку (отталкиванию). Это первый этап, который подразумевает принятие начальной позиции. Это важная фаза, так как во многом именно от нее зависит сила толчка и общий результат упражнения. Чтобы занять правильную позицию обучающийся должен выполнить следующие действия:

1. Стать у стартовой линии.

2. Ноги должны располагаться на уровне плечевых суставов.

3. Поднимать руки и одновременно приподниматься на носки, прогибая поясницу.

4. Руки опускаются вниз и слегка отводятся назад. Локтевые суставы необходимо согнуть, чтобы появилась возможность выдвинуть тело вперед.

5. Ноги ставить на все стопу.

6. Сгибать коленные и тазобедренные суставы так, чтобы они оказались на уровне носков.

Отталкивание. Этот этап необходимо выполнять сразу после предыдущего без остановки в тот момент, когда тело еще движется вниз по инерции, а тазобедренные суставы уже начали разгибаться. Выбрасывание руки вперед по направлению прыжка.

Вторая фаза техники выполнения прыжков в длину с места:

1. Резкое выбрасывание рук вперед.

2. Подтягивание вперед тазобедренные суставы.

3. Разгибая коленные суставы.

4. Взрывным движением отрывая стопы от земли.

Полет и приземление. Когда атлет находится в воздухе, необходимо подтянуть коленные суставы к груди, а тело вытянуть в прямую линию. Когда стадия полета завершается, руки необходимо опустить, а стопы вынести вперед. После этого происходит контакт с землей, и атлет приземляется. Вот все движения, которые необходимо выполнять прыгуну во время полета и приземления:

1. При контакте с землей необходимо вывести руки вперед, чтобы было проще удерживать равновесие.

2. Коленные суставы сгибаются, чтобы приземление было упругим и тем самым снижается нагрузка на суставно-связочный аппарат.

3. Когда атлет приземлился, он должен выпрямиться и покинуть зону выполнения упражнения.

Приземляться на распрямленные ноги категорически запрещено, так как может привести к получению травмы коленных суставов. Также следует сначала отработать все этапы техники выполнения прыжков в длину с места отдельно, а уже после этого объедините их и переходить к тренировке всего упражнения в целом.

Специальные упражнения:

- бег с максимальным подъемом бедер: на каждую ногу по 20 раз в медленном темпе, а после со средней скоростью. Затем нужно попытаться развить максимально возможную скорость;

- встать, немного согнуть ноги и выполнять интенсивные махи руками, примерно, как в беге. Сделать рекомендуется по несколько подходов;

- заскоки на возвышенность, затем спрыгивания, чередовать взрывные прыжки с выпрыгиваниями на дальность. При этом важно следить за правильностью толчка;

- тренировать силу отталкивания с утяжелениями: с грифом, штангой на плечах, обращать внимание на то, чтобы в максимальной точке разгибания толчковая нога выпрямлялась, а бедро маховой ноги в процессе шага становилось параллельно полу.

Основные ошибки при выполнении прыжков в длину с места. Чаще всего начинающие занимающиеся недостаточно хорошо осваивают технику и в результате совершают следующие ошибки:

- руки и ноги двигаются не согласовано;

- ноги опускаются слишком рано;

- коленные и тазобедренные суставы распрямляются не до конца;

- малая амплитуда движения рук;

- момент контакта с землей прыгун падает.

Подводящие упражнения для прыжков в длину с места:

- и. п. – полуприсед, руки отведены назад. Выполнить энергичный мах руками вперёд-вверх с одновременным разгибанием ног и подъёмом на носки;

- и. п. – полуприсед (глубокий присед), руки отведены назад. Выполнить энергичный мах руками вперёд-вверх с одновременным прыжком вверх толчком обеими ногами;

- и. п. – упор присев. Выполнить прыжок вверх с махом рук вверх и мягким приземлением в полуприсед, руки вперёд;

- и. п. – полуприсед, руки отведены назад. Небольшой прыжок вперёд в положение полуприседа, руки вперёд;

- прыжки в длину с места на гимнастический мат или в яму с песком: на технику, на заданную длину по ориентирам.

6.4. Совершенствование техники прыжка в длину с места

Упражнения, развивающие скоростно-силовые способности (прыгучесть):

1. Выпрыгивание из полуприседа и приседа вверх с максимальным усилием и с отягощением (набивным мячом) на плечах.

2. Прыжки на обеих ногах (в приседе) с продвижением вперёд 15-20 м.

3. Прыжки на обеих ногах через гимнастическую скамейку с последующим быстрым и мощным прыжком в длину с приземлением на гимнастический мат.

4. Спрыгивание с повышенной опоры 30-50 см с приземлением на слегка согнутые в коленном суставе ноги и быстрым и мощным прыжком в длину с приземлением на гимнастический мат.

5. Прыжок в длину с места через препятствие высотой 50-70 см (натянутая резиновая лента), установленное на расстоянии 1 м от места отталкивания

6. Прыжки в длину с места через ленту (верёвочку), расположенную на предполагаемом месте приземления

7. Прыжки в длину с места на дальность (проводятся в виде соревнований между занимающимися).

8. Из виса на перекладине (гимнастической стенке) перейти в вис, согнув ноги, держать 2-3 с, вернуться в и.п.

9. Из упора лёжа толчком ног перейти в упор присев и вернуться в и.п. Упражнение выполнять в быстром темпе – 10 с без остановок.

Наибольший тренировочный эффект достигается при выполнении упражнений с концентрацией внимания на взрывном характере проявления усилий.

6.5. Прием контрольных нормативов

Метание гранаты. Участники выполняют метание спортивного снаряда весом 700 (юноши) и 500 г (девушки) на стадионе или любой ровной площадке, коридор шириной 10 м. Длина сектора (коридора) устанавливается в зависимости от подготовленности участников.

Метание выполняется с места или прямого разбега способом «из-за спины через плечо». Запрещено метать снаряд с поворотом. На подготовку и выполнение попытки в метании дается 1 мин. Участник выполняет три попытки. В зачет идет лучший результат. Измерение производится от линии метания до места спортивного снаряда.

Ошибки, в результате которых испытание не засчитывается:

- касание любой частью тела линий разметки или земли за зоной разбега;
- заступ за линию метания;
- снаряд не попал в «коридор»;
- попытка выполнена без команды спортивного судьи.
- просрочено время, отведенное на попытку.

Прыжок в длину с места. Прыжок в длину с места толчком двумя ногами выполняется в соответствующем секторе для прыжков. Место отталкивания должно обеспечивать хорошее сцепление с обувью. Участник принимает и.п.: ноги на ширине плеч, ступни параллельно, носки ног перед линией отталкивания. Одновременным толчком двух ног выполняется прыжок вперед. Мах руками допускается.

Измерение производится по перпендикулярной прямой от места отталкивания любой ногой до ближайшего следа, оставленного любой частью тела участника.

Участнику предоставляются три попытки. В зачет идет лучший результат.

Участник имеет право:

- при подготовке и выполнении прыжка производить маховые движения руками;
- использовать полностью время (1 мин), отведённое на подготовку и выполнение прыжка.

Ошибки, в результате которых испытание не засчитывается:

- заступ за линию отталкивания или касание ее;
- выполнение отталкивания с предварительного подскока;
- отталкивание ногами поочередно;
- использование каких-либо отягощений, выбрасываемых во время прыжка;
- уход с места приземления назад по направлению прыжка.

Контрольные вопросы

1.Что такое скоростно-силовое качество?

2. Из каких фаз состоит техника метания гранаты?

3. Какой вес снаряда в метании гранаты девушек и юношей?

4. Сколько фаз в технике прыжка в длину с места?

5. Сколько предоставляется попыток участнику в контрольном тестировании прыжка в длину с места?

Рекомендуемая литература

1. Антонова, Э. Р. Атлетическая гимнастика для развития физических качеств студентов: учебное пособие / Э. Р. Антонова, М. М. Степанова, К. С. Степанов. – Челябинск: Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, 2023 – 194 с.

2. Архипова, Т. Н. Элективные курсы по физической культуре и спорту : учебное пособие / Т. Н. Архипова, А. Б. Архипов. – Москва : Научный консультант, 2019. – 92 с.

3. Бессарабова, Ю. В. Оздоровительная гимнастика (в дистанте): учебное пособие / Ю. В. Бессарабова, Т. В. Журавлёва ; под ред. В. А. Петькова. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2022 – 109 с.

4. Бойко, В. В. Теория и методика избранного вида спорта «роуп скиппинг (спортивная скакалка)»: учебное пособие. – Орел : МАБИВ, 2022 – 61 с.

5. Ковалева, М. Н. Занятия физической культурой для обучающихся основной медицинской группы (по системе упражнений Пилатес). Часть 2: учебно-методическое пособие. – Вологда: Фонд развития филиала МГЮА им. О. Е. Кутафина, 2020. – 54 с.

6. Легкая атлетика: техника, методика обучения, судейство : учебное пособие / А. П. Пальченко, Г. В. Сафонова, Р. М. Исламов, Н. Л. Врищ, Л. М. Гантимурова. – Владивосток : Дальневосточного федерального университета, 2020. – 129 с.

7. Морозов, В. А. Бег. Развитие скоростных качеств и выносливости: учебное пособие / В. А. Морозов, А. Н. Петров, Н. П. Шуляченко. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2021 – 47 с.

8. Никитенко, С. В. Рывок гири. Комплекс упражнений, направленных на улучшение результата при сдаче норм ГТО : учебно-методическое пособие / С. В. Никитенко, И. Г. Гончарова. – Владивосток : Дальневосточный федеральный университет, 2020 – 36 с.

9. Физические качества человека. Воспитание выносливости: методические рекомендации / сост. О. Б. Никольская. – Челябинск: Изд-во Южно-Уральский ГГПУ, 2021 – 30 с.

10. Оздоровительная аэробика для студентов специального учебного отделения: учебное пособие / О. А. Казакова, Н. В. Гурова, М. В. Иерусалимова [и др.]. – Самара: Самарский университет, 2020 – 72 с.

11. Пягай, Л. П. Элективные курсы по физической культуре и спорту : учебное пособие / Л. П. Пягай, С. Н. Якименко, Ю. А. Елохова. – Омск : Омский ГАУ, 2022. – 168 с.

12. Рывок гири: учебно-методическое пособие / Е. С. Сотников [и др.]. – СПб. : Военный институт физической культуры, 2022 – 48 с.

13. Силовая подготовка студентов к выполнению нормативов комплекса ГТО : учебно-методическое пособие / В. В. Ягодин, М. С. Бородулина, О. И. Мусина, Н. В. Улитин ; Министерство науки и высшего образования РФ. – Екатеринбург : Уральский университет, 2021 – 160 с.

14. Чепаков, Е. М. Атлетическая гимнастика : учебное пособие для вузов / Е. М. Чепаков. – 3-е изд. – Москва : Юрайт, 2024. – 179 с

15. Щербина, Н. В. Базовые основы легкой атлетики с методикой обучения и структура проведения занятий по легкой атлетике: учебно-методическое пособие / Н. В. Щербина, Т. С. Глушко. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГАС», 2022. – 65 с.

16. Элективные курсы по физической культуре. Практическая подготовка : учебное пособие / А. А. Зайцев [и др.] ; под общей редакцией А. А. Зайцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2024. – 227 с.

17. Элективные курсы по физической культуре и спорту : практикум : учебное пособие / сост. Л. В. Царева, С. Н. Смоляр, В. В. Мулин. – Хабаровск : ДВГУПС, 2019 – 126 с.

Учебное издание

Мезенцева Вера Анатольевна
Петрова Светлана Станиславовна

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Общая физическая подготовка

Учебно-методическое пособие

Подписано в печать 28.06.2024. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 8,8; печ. л. 9,4.
Тираж 300. Заказ № 196.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр 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
«Самарский государственный аграрный университет»

Кафедра «Агрохимия, почвоведение и агроэкология»

Н. П. Бакаева

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум



Кинель 2024

УДК 547 (075)
ББК 24.2я7
Б19

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:
Н. М. Троц доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан агрономического факультета ФГБОУ ВО Самарский ГАУ;
О. А. Захарова доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии общественного питания и переработки с/х продукции ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ им. Костычева

Бакаева, Н.П.
Б19 Органическая химия : практикум. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 146 с.
ISBN 978-5-88575-774-4

Практикум содержит описание лабораторных работ, по основным разделам курса «Органическая химия». После каждой лабораторной работы приводятся задания и контрольные вопросы. Предназначен для студентов агрономического факультета обучающихся по специальности Агрономия.

УДК 547 (075)
ББК 24.2я7

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2024
© Бакаева Н. П., 2024

ISBN 978-5-88575-774-4

Оглавление

Предисловие 4
Лабораторная работа 1. Природные источники органических соединений. Качественный элементный анализ органических соединений 5
Лабораторная работа 2. Предельные углеводороды. Алканы (парафины). Циклоалканы (нафтены) 13
Лабораторная работа 3. Непредельные углеводороды. Алкены (олефины). Алкины 19
Лабораторная работа 4. Алкадиены. Каучуки. Терпены 28
Лабораторная работа 5. Ароматические углеводороды. Арены 34
Лабораторная работа 6. Галогенопроизводные углеводородов 42
Лабораторная работа 7. Кислородсодержащие углеводороды. Оксисоединения. Спирты (алкоголи) 47
Лабораторная работа 8. Многоатомные спирты. Простые эфиры 53
Лабораторная работа 9. Кислородсодержащие углеводороды. Оксисоединения. Фенолы 57
Лабораторная работа 10. Кислородсодержащие углеводороды. Оксосоединения. Альдегиды и кетоны 62
Лабораторная работа 11. Кислородсодержащие углеводороды. Карбоксильные соединения. Карбоновые кислоты 70
Лабораторная работа 12. Кислородсодержащие углеводороды. Карбоксильные соединения. Производные карбоновых кислот 75
Лабораторная работа 13. Липиды. Мыла 82
Лабораторная работа 14. Углеводы. Моносахариды 89
Лабораторная работа 15. Углеводы. Дисахариды 94
Лабораторная работа 16. Углеводы. Полисахариды 100
Лабораторная работа 17. Азотсодержащие органические соединения. Амины 105
Лабораторная работа 18. Аминокислоты 112
Лабораторная работа 19. Азотсодержащие органические соединения. Гетероциклические соединения 119
Лабораторная работа 20. Полимеры 128
Приложения 137
Рекомендуемая литература 145

Предисловие

Лабораторный практикум по дисциплине «Органическая химия» составлен в соответствии с требованиями образовательной программы подготовки студентов, обучающихся по специальности Агрономия, а также рабочей программы дисциплины.

Цель практикума – определение содержания, формы и порядка проведения лабораторных работ. Практикум содержит описание лабораторных работ, охватывающих основные разделы курса «Органическая химия», служит для ознакомления с общими свойствами органических веществ, характерными реакциями соединений различных классов и с индивидуальными особенностями их важнейших представителей. Лабораторные работы знакомят студентов с методами получения органических соединений, взаимными превращениями соединений различных классов. Студенты при выполнении эксперимента должны научиться вдумчивому отношению к наблюдаемым явлениям, понимать их химическую сущность, уметь выразить ее через схемы протекающих реакций.

Представлены методики выполнения двадцати лабораторных работ. В описание опытов включены вопросы, фиксирующие внимание студентов на наиболее важных моментах наблюдаемых явлений. В конце каждой лабораторной работы приведены задания по теме и контрольные вопросы, которые можно использовать для самостоятельной подготовки к занятию.

В результате изучения дисциплины и выполнения лабораторных опытов приобретаются навыки работы с растворами и реактивами, умением пользоваться химической посудой и оборудованием, полученные результаты интерпретировать, а также решать задачи, связанные с профессиональной деятельностью.

Лабораторная работа 1. ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. КАЧЕСТВЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы: ознакомление с лабораторными методами определения химических элементов, входящих в состав органических веществ.

Органическая химия – это химия соединений углерода. Органические вещества состоят из атомов C, H, содержат O, N, S, галогены, редко – P, Si и некоторые металлы. Для органических веществ характерны явления *изомерии* и *гомологии*.

В органической химии насчитывается свыше 115 миллионов веществ, они отличаются большим многообразием и сложным строением, что обеспечивается уникальностью атома углерода. Его атомы проявляя валентность четыре и находясь в трех валентных состояниях, связываются друг с другом при помощи ординарных и кратных связей могут образовывать длинные цепи линейного или изомерного строения, а также циклические соединения. Классификация атомов углерода в цепи по числу связанных с данным других атомов углерода представлена в приложении 1.

Вещества, состоящие из атомов углерода и водорода, называются ***углеводородами*** (УВ). Остальные классы – их *производные*.

Органическая химия – это химия углеводородов и их производных, содержащих функциональные группы, которые позволяют отнести вещество к определенному классу (Приложение 2).

Основные **положения теории химического строения органических веществ** в 1861 г. сформулированы русс. хим. Александром Михайловичем Бутлеровым (1828 -1886).

Обобщенные положения: ***свойства соединений зависят не только от природы и числа входящих в них атомов, но и от химического строения молекул, под которым понимается определенная последовательность связей между атомами.***

Индивидуальное органическое вещество имеет одну химическую формулу, которое отражает его строение.

Гомологи – это вещества, составляющие ряд соединений, обладающие сходными химическими и постепенно изменяющимися физическими свойствами (Приложение 3).

В настоящее время для названия органических соединений

применяется ***Систематическая номенклатура***, которая используется как *заместительная и радикало-функциональная.* Правила приводятся в приложении 4. Заместительная номенклатура – рассматривает органические соединения как производные углеводородов. В молекуле УВ (*родоначальная структура)* один или несколько атомов водорода замещены *заместителями*.

Родоначальная структура – основа названия, структурный фрагмент молекулы, в ациклических – это *главная углеводородная цепь (н-алкан)*, в циклических – *цикл.*

Заместитель – это любой атом или группа атомов, замещающие атом водорода в родоначальной структуре. Заместители бывают двух типов.

1. УВ радикалы и нефункциональные группы, указываемые только в префиксах (приставках).

2. Характеристическая группа, это функциональная группа, определяющая класс данного соединения, если их несколько, то они указываются либо в префиксе, либо в окончании (суффиксе). Существует порядок старшинства (приводится в приложении, таблице 1).

Изомерия – явление существования изомерных соединений.

Изомеры – это вещества с одинаковым качественным и количественным составом, а также молекулярной формулой, но различающихся порядком соединения атомов в молекуле или расположением их в пространстве, а вследствие этого имеющих различные физические и химические свойства.

Типы изомерии: *структурная* т. е. строения цепи и *пространственная* или стереоизомерия (Приложение 5).

Структурные изомеры имеют различный порядок соединения атомов. Различают типы: 1. Углеродной цепи; 2. Положения функциональной группы, кратной вязи, заместителей; 3. Межклассовая; 4. Метамерия; 5. Таутомерия.

Стереоизомеры различаются расположением атомов в пространстве при одинаковом порядке их соединения. Типы стереоизомерии: конформационная, конфигурационная, геометрическая и оптическая.

Атомы в молекулах, находятся во взаимосвязи испытывают взаимное влияние, отражающееся на реакционной способности органических соединений. Под влиянием заместителей влияние атомов передается через систему ковалентных связей, при этом происходит

смещение электронной плотности (теория электронных смещений) в молекуле, что называется *электронным эффектом*.

Смещение электронной плотности по цепи σ-связей из-за разности электроотрицательностей атомов называют *индуктивным эффектом* (*I*). Электроотрицательность некоторых атомов по шкале Л. Полинга приводится в приложение 6.

Влияние заместителя на перераспределение электронной плотности передаваемое по π-связям (π-орбиталям), называют *мезомерным эффектом* (*M*) или *эффектом сопряжения* связей (*C*).

Для получения полной информации о составе и строении органического вещества вначале проводят его полный элементный анализ, а затем – специальные физико-химические исследования, позволяющие установить его структуру.

Элементный анализ определяет содержание элементов, устанавливает *качественный и количественный* состав вещества.

Качественный элементный анализ – это совокупность методов, позволяющих установить, из каких элементов состоит органическое соединение, поэтому соответствующими реакциями определяемые элементы (C, H, O, N, галогены и др.) переводят в простые неорганические соединения, которые могут быть изучены химико-аналитическими методами.

Количественный элементный анализ органических веществ проводят сжиганием определенной навески (обычно в токе кислорода) в приборах, позволяющих количественно уловить продукты сгорания. Их улавливают и взвешивают, например, CO_2, H_2O, N_2, HCl и т.д. Затем рассчитывают массовую долю элементов или количество молей атомов элементов, входящих в данное органическое вещество, устанавливается формула вещества. Существуют и автоматические приборы для проведения элементного анализа.

На основании качественного и количественного элементного анализа устанавливают молекулярную формулу вещества.

Опыт 1. Сравнение свойств органических и неорганических веществ.

Реактивы и оборудование:

неорганические вещества KCl или NaCl (крист.);

органические вещества сахар (крист.) или мука;

крышка тигля;

спиртовка.

Ход работы.

***А.* Прокаливание неорганического вещества.**

В пламени спиртовки на крышке тигля прокаливают несколько кристалликов KCl или NaCl. Кристаллы неорганического вещества не изменяются.

***Б.* Открытие углерода – проба на обугливание.**

Прокаливают (аналогично *А*) несколько кристалликов сахара или немного муки. Органическое вещество изменилось.

Составьте отчет, указав в нем краткое описание опытов и свои наблюдения, сделайте вывод о проделанной работе.

Объясните произошедшие изменения с органическим веществом и сравните с поведением неорганических кристаллов. С помощью каких химических реакций можно отличить органическое вещество от неорганического?

Опыт 2. Открытие углерода и водорода в органическом веществе.

Реактивы и оборудование:

органическое вещество сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$;

оксид меди (II) CuO;

известковая $Ca(OH)_2$ или баритовая $Ba(OH)_2$ вода;

сульфат меди (II) $CuSO_4$ (безводный) крупинки;

пробирка с газоотводной трубкой;

вата;

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

Соберите установку как показано на рисунке 1.

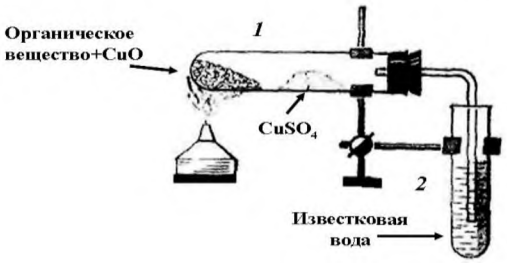


Рис.1. Установка для определения водорода и углерода в органическом веществе

В пробирке *1* смешивают органическое вещество и оксид меди (II). В верхней части пробирки помещают кусочек ваты и насыпают на вату крупинки безводного сульфата меди. Пробирку *1* укрепляют в лапке штатива, закрывают пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опускают в пробирку *2* с известковой или баритовой водой. Пробирку *1* со смесью нагревают. О наличие углерода судят по образованию углекислого газа, который обнаруживают по выпадению белого осадка карбоната кальция или бария, а водород – по появлению воды (посинение сульфата меди, образование медного купороса).

Составьте отчет, указав в нем краткое описание опытов и свои наблюдения, сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнения реакций окисления органического соединения, углекислого газа с известковой водой и образования кристаллогидрата $CuSO_4$. Укажите окраску веществ.

Опыт 3. Открытие азота.

Реактивы и оборудование:

мочевина, карбамид $(NH_2)_2C = O$;

натронная известь ($NaOH + CaO$);

красная лакмусовая бумага;

пробирка;

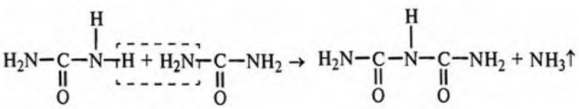
спиртовка.

Ход работы.

В пробирке смешивают мочевину и натронную известь. На стенке пробирки закрепляют влажную лакмусовую бумагу. Смесь нагревают. При разложении мочевины выделяется аммиак, который распознают по запаху и по посинению красной лакмусовой бумаги.

Составьте отчет, указав в нем краткое описание опытов и свои наблюдения, сделайте вывод о проделанной работе.

Разложение мочевины при нагревании. Сухая мочевина при нагревании сначала плавится, затем происходит ее разложение с выделением газообразного аммиака и, из двух молекул мочевины выделяется одна молекула аммиака и получается биурет:



биурет

Напишите уравнение реакции. Отметьте произошедшие изменения.

Опыт 4. Открытие серы в органическом веществе.

Реактивы и оборудование:

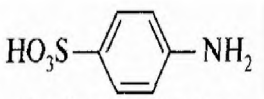
сульфаниловая кислота (крист.);

натрий Na металлический;

ацетат свинца $Pb(CH_3COO)_2$ (2%-й р-р);

пробирка;

спиртовка.



сульфаниловая кислота

Ход работы.

В сухой пробирке смешивают несколько кристаллов сульфаниловой кислоты с небольшим кусочком металлического натрия. Пробирку со смесью закрепляют в пробиркодержателе и нагревают на спиртовке в вытяжном шкафу. Раскаленную пробирку охлаждают и добавляют 10-15 мл дистиллированной воды. После прибавления в раствор нескольких капель раствора ацетата свинца выпадает черный осадок сульфида свинца PbS.

Составьте отчет, указав в нем краткое описание опытов и свои наблюдения, сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции. Отметьте произошедшие изменения.

Опыт 5. Открытие галогенов по зеленой окраске пламени (по бельштейну).

Реактивы и оборудование:

хлороформ $CHCl_3$;

медная проволока; спиртовка.

Ход работы.

Загнутый конец медной проволоки прокаливают в пламени горелки до исчезновения посторонней окраски пламени (признак загрязнения медной петли), и так, чтобы на поверхности образовался CuO черного цвета. Остывшую петлю, покрывшуюся черным налетом оксида меди (II), опускают в пробирку, на дно которой помещают несколько капель испытуемого вещества, содержащего хлор, например, хлороформа. Смоченную веществом петлю вновь вносят в пламя горелки. Немедленно появляется характерная ярко-зеленая окраска пламени, вследствие образования летучего соединения меди с хлором.

Составьте отчет, указав в нем краткое описание опытов и свои наблюдения, сделайте вывод о проделанной работе.

Отметьте произошедшие изменения. Дают ли подобную окраску пламени другие галогенорганические соединения?

Задания по теме

1. Как экспериментально доказать, что асфальт, опилки дерева, парафин органические вещества?

2. Можно ли качественно определить в органическом веществе кислород, фосфор? Как их открывают?

3. Рассчитайте содержание [в % (масс.)] углерода, водорода и кислорода в глюкозе, молекулярная формула которой $C_6H_{12}O_6$.

4. При анализе органического соединения, имеющего общую формулу CnH2n+1Br. Найдено, что содержание брома в нем составляет 65%. Какова молекулярная формула этого соединения?

5. Анализ вещества, состоящего из углерода, водорода и хлора, дал следующие результаты: 42,6% C, 7,1% H, 50,3% Cl. Определите молекулярную формулу вещества, зная, что в состав молекулы входят два атома хлора.

6. При сжигании 6,0 г вещества образовалось 8,8 г CO_2 и 3,6 г H_2O. Плотность паров вещества по водороду равна 30. Установите молекулярную формулу вещества по данным о составе продуктов сгорания образцов.

7. К невозобновляемым сырьевым источником органических соединений относятся…

а) уголь; б) древесина; в) торф; г) горючие сланцы; д) продукты сельского хозяйства; е) нефть; ж) природный газ.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит своеобразие и особенность атома углерода? Чем можно объяснить многообразие органических веществ?

2. Свойства органических веществ и их отличие от неорганических. Значение и использование органических веществ.

3. Какие органические соединения называют природными? Какие из природных источников органических соединений являются невосполнимыми, какие восполняемыми? Почему?

4. Каким образом определяют состав органических соединений? Дайте определения элементному, функциональному и молекулярному анализу органических веществ.

5. Каков состав природного газа, где применяется природный газ? Какие углеводороды входят в состав попутных нефтяных газов? Какие существуют пути использования попутного нефтяного газа?

6. Что представляет собой сырая нефть? Её состав и физические свойства? Методы переработки нефти и нефтепродуктов? Что такое фракционная перегонка нефти? Основные нефтяные фракции промышленной ректификации.

7. Что такое крекинг нефтепродуктов? С какой целью он проводится? Виды крекинга? Условия их проведения? Какой вид крекинга носит свободнорадикальный характер? Какие вещества могут образоваться при крекинге *н*-додекана $C_{12}H_{26}$?

8. Охарактеризуйте бензин, полученный при термическом и каталитическом крекинге. Почему бензин, полученный при термическом крекинге, характеризуется невысокой химической стойкостью? Бензин и керосин с химической точки зрения?

9. Какие химические процессы называют пиролизом и каталитическим риформингом? Напишите реакции.

10. Что такое уголь и как он образовался? Какие продукты получают при коксовании угля? Какие фракции получают при перегонке каменноугольной смолы?

11. Процессы гидрирования и неполного сгорания твердого топлива. Какие углеводороды (предельные или непредельные) преимущественно образуются в результате процесса гидрирования угля?

Лабораторная работа 2. ПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. АЛКАНЫ (ПАРАФИНЫ). ЦИКЛОАЛКАНЫ (НАФТЕНЫ)

Цель работы: лабораторными методами получить предельно насыщенные углеводороды и провести с ними химические реакции.

Опыт 1. Получение и свойства метана.

Реактивы и оборудование:

ацетат натрия CH_3COONa (безводный);

натронная известь $NaOH + CaO$, в соотн. 1:2 (прокаленная);

бромная вода $Br_2 + H_2O$ (насыщенная);

перманганат калия $KMnO_4$ (1%-й р-р);

карбонат натрия Na_2CO_3 (5%-й р-р);

известковая $Ca(OH)_2$ или баритовая $Ba(OH)_2$ вода;

изогнутые газоотводные трубки;

крышки от тиглей;

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

Предварительно готовят три пробирки: первую для получения метана (*1*), вторую пробирку с перманганатом калия и карбонатом натрия (*2*), третью - с бромной водой (*3*).

***А.* Получение метана.**

Для получения метана соберите установку как показано на рисунке 2.

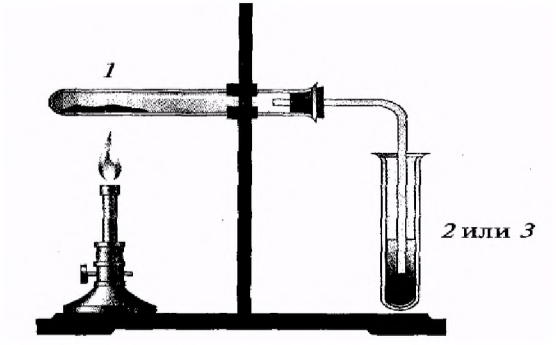


Рис.2. Установка для получения метана

В пробирку *1* на ⅓ части насыпают готовую сухую смесь ацетата натрия и натронной извести, закрывают пробкой с газоотводной трубкой, закрепляют в лапке штатива почти горизонтально. Равномерно нагревают всю пробирку, затем ту часть, где находится реакционная смесь.

***Б.* Отношение алканов к окислителям и к бромной воде.**

Газоотводную трубку последовательно вводят на 0,5-1 минуту в пробирку *2* с раствором перманганата калия и 2-3 капли карбоната натрия, затем в пробирку *3* с бромной водой.

Растворы не изменяют свои окраски, что свидетельствует о том, что алканы в обычных условиях не реагируют с $KMnO_4$ и Br_2.

***В.* Горение метана.**

Газоотводную трубку переворачивают вверх и поджигают газ. Полученный метан горит несветящимся голубоватым пламенем, без копоти (при внесении в пламя метана фарфоровой крышки черного налета сажи на ней не образуется).

По окончании горения в пробирку *1* быстро наливают немного известковой $Ca(OH)_2$ или баритовой $Ba(OH)_2$ воды. Реакция с побочным продуктом получения метана из ацетата натрия.

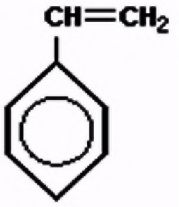
Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнения реакций получения метана, его горения и взаимодействия с известковой водой. Сделать заключение по отношению к бромной воде и окислителю, о характере пламени, о продуктах горения (определить соотношение (в %) С и Н в метане). Почему при соотношении объемов 1:2 метана и кислорода происходит взрыв?

Какова реакционноспособность метана?

Опыт 2. Сравнение насыщенности вазелинового масла и стирола.

Реактивы и оборудование:
вазелиновое масло;
стирол;
перманганат калия $KMnO_4$ (1%-й р-р.);
карбонат натрия Na_2CO_3 (5%-й р-р);
бромная вода $Br_2 + H_2O$ (насыщенная);
проволока;
стеклянная палочка;



стирол

спиртовка;

хлопковая вата.

Ход работы.

А. В одну ячейку фарфоровой пластины помещают одну каплю раствора перманганата калия, в другую – одну каплю бромной воды. В каждую из ячеек прибавляют по 1 капле вазелинового масла. Перемешивают стеклянной палочкой. Оба раствора не обесцвечиваются.

Б. В пробирку наливают 1 мл стирола и добавляют 1 мл раствора карбоната натрия, а затем перемешивают встряхиванием и прибавляют по каплям 0,5 мл раствора перманганата калия. Содержимое пробирок тщательно размешивают встряхиванием в течение 1-2 минут. Окраска содержимого пробирки изменилась.

В. Из проволоки и хлопковой ваты делают фитилек, смазывают его вазелиновым маслом и поджигают. Фитилек горит коптящим пламенем.

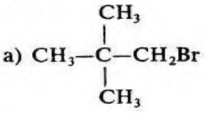
Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

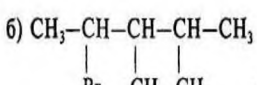
Каков состав вазелинового масла? Продуктом, какого процесса оно является? Почему вазелиновое масло не взаимодействует с бромной водой и перманганатом калия, а стирол взаимодействует? Напишите реакцию горения гептана и определите в нем относительное содержание (%) С и Н.

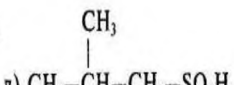
Задания по теме

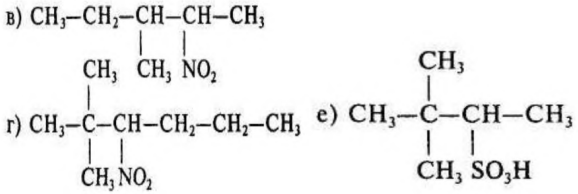
1. Для формул принадлежащих алканам напишите структурные формулы: C_4H_8, C_5H_{12}, C_6H_{14}, C_8H_{18}, C_9H_{18}, $C_{10}H_{22}$, $C_{11}H_{24}$, $C_{12}H_{24}$, $C_{13}H_{26}$, $C_{15}H_{30}$, $C_{16}H_{34}$.

2. Назовите следующие соединения по международной номенклатуре:

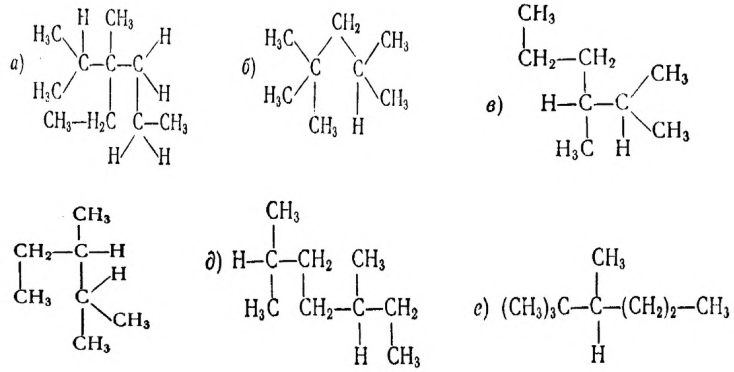
а) 

б) 

д) 



3. Используя правила заместительной номенклатуры, назовите следующие алканы:



4. Напишите структурные формулы следующих соединений:

а) 3-бром-2-хлорпентан; б) 2,3-диметилпентан-3-сульфокислота;

в) 3-метил-2,4-дихлоргептан; г) 2,4-диметил-5-нитрогексан;

д) 2,2-диметил-4-нитропентан; е) 2,3,3-триметилгексан-2-сульфокислота.

5. Напишите структурные формулы следующих алканов: изобутана; 3-метил-3-этилпентана; 2,5-диметилгексана; 2,2-диметилгексана; 2,3,4-триметилгептана; 4-изопропил-2-метилоктана.

6. Какие углеводороды получатся при действии металлического натрия на смесь иодоэтана и 1-иодобутана? Напишите схему реакции и назовите полученные продукты.

7. Какой продукт получится при гидрировании бутена-1 и бутена-2? Напишите схемы реакций и назовите полученный алкан.

8. Напишите схему реакции бромирования метана. Почему эта реакция протекает по свободнорадикальному механизму?

9. Напишите структурные формулы следующих веществ:

а) 1,1 -диметил-2-этил-3-изопропилциклопентан;

б) 1,2-диэтил-3-изопропилциклогексан;

в) 1,2-диметил-2,3-диэтил-3-пропилциклопентан.

10. Составьте уравнения реакций, характеризующие химические свойства: а) циклобутана; б) циклопентана; в) метилциклопропана; г) метилциклопентана.

11. Напишите уравнения реакций сульфирования и нитрования (по Коновалову) 2-метилпропана. Назовите продукты.

12. Приведите механизм реакции нитрования *н*-гексана с образованием вторичного нитрогексана. Какой свободный радикал инициирует эту реакцию? Как он может быть получен?

13. Напишите уравнения реакций термических превращений гексана, которые происходят: а) при крекинге; б) при дегидрировании; в) при дегидроциклизации; г) при изомеризации.

14. Напишите уравнения реакций и назовите продукты:

а) изобутан + Br_2 $-\underline{h\nu}\rightarrow$

б) 2,2-диметилпропан + Cl_2 $-\underline{h\nu}\rightarrow$

в) 2,2,3-триметилбутан + HNO_3 $-\underline{H_2O,\ p,t}\rightarrow$

г) 2-метилпентан + O_2 $-\underline{t}\rightarrow$

д) пропан + HNO_3(конц) $-\underline{400^oC,t}\rightarrow$

е) метан + Cl_2 (изб.) $-\underline{h\nu}\rightarrow$

ж) пентан + SO_2 + Cl_2 $-\underline{h\nu}\rightarrow$

15. Назовите алканы, продукты реакций:

а) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}I + HI$ $-\underline{t}\rightarrow$

б) $CH_3{-}CH(CH_3)CH_2{-}Br$ $-\underline{Na,\ t}\rightarrow$

в) $CH_3(CH_2)_2CH_2Br$ $-\underline{Mg,\ эфир}\rightarrow \ldots -\underline{H_2O}\rightarrow$

г) $CH_3CH{=}CH{-}CH_2CH_3$ $-\underline{H_2,\ Ni}\rightarrow$

16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) метан → этан → бутан → этан;

б) пропан → гексан;

в) пропан → 2,3-диметилбутан;

г) метан → бутан → метилпропан;

д) углерод → метан → этан → нитроэтан.

17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) 1,4-дихлорбутан → циклобутан → бутан;

б) 1,2-диметилциклопропан → циклопентан → пентан;

в) 1,4-дибромпентан → метилциклобутан → 2-метилбутан.

18. Напишите уравнения реакций к следующей схеме. Назовите продукты реакций.

а) $Al_4C_3 \xrightarrow{+H_2O} \boldsymbol{A} \xrightarrow{+X} CH_3Cl \xrightarrow{+2Na,t} \boldsymbol{Б} \rightarrow$
$\xrightarrow{+Br_2,h\nu,(1\ моль)} \boldsymbol{B} \xrightarrow{+2Na,t} \boldsymbol{Г} \xrightarrow{+X} CH_3{-}CH(CH_3)CH_3$;

б) $C_8H_{18} \rightarrow C_4H_{10} \xrightarrow{+Cl_2,h\nu} \boldsymbol{A} + \boldsymbol{Б}$;

в) $C_2H_5COONa \xrightarrow{+NaOH(сплав)} \boldsymbol{A} \xrightarrow{+Cl_2,(1\ моль)} \boldsymbol{Б} \rightarrow$
$\xrightarrow{+CH_3Cl+2Na} \boldsymbol{B}$.

19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) 1,4-дихлорбутан → циклобутан → бутан;

б) 1,2-диметилциклопропан → циклопентан → пентан;

в) 1,4-дибромпентан → метилциклобутан → 2-метилбутан.

20. Составьте уравнения реакций, характеризующие химические свойства: а) циклобутана; б) циклогексана; в) метилциклопропана; г) метилциклопентана.

Контрольные вопросы

1. Какие углеводороды относят к алканам? Их общая формула.

2. Перечислите названия десяти первых представителей гомологического ряда.

3. Правила построения названий предельных углеводородов по номенклатуре ИЮПАК. Примеры.

4. Типы изомерии характерные для алканов. Примеры.

5. Особенности электронного строения алканов. Каким образом электронное строение определяет химические свойства алканов? Типы реакций характерные для предельных углеводородов.

6. Приведите механизм реакций радикального замещения в алканах на примере галогенирования метана.

7. Каковы особенности протекания реакций нитрования, сульфирования?

8. Какие соединения относят к циклоалканам? Особенности номенклатуры, изомерии циклоалканов, строения циклоалканов. Что понимают под угловым напряжением?

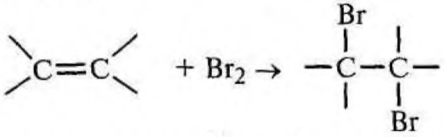
9. Укажите различия в химических свойствах циклоалканов с большими и малыми циклами.

10. Какие существуют отличия в реакционной способности алканов и циклоалканов?

Лабораторная работа 3. НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. АЛКЕНЫ (ОЛЕФИНЫ). АЛКИНЫ

Цель работы: лабораторными методами получить этилен и ацетилен – непредельные углеводороды и провести с ними химические превращения.

Углеводороды, содержащие двойные и тройные связи, легко присоединяют бром (красно-бурый цвет раствора), при этом окраска брома исчезает:



Соединения, имеющие подвижный атом водорода, также могут обесцвечивать раствор брома (фенолы, ароматические амины, третичные углеводороды), но при этом, в отличие от предыдущей реакции, происходит выделение бромоводорода, который легко обнаружить при помощи влажной индикаторной бумаги (синий лакмус, конго или универсальный индикатор).

Качественной реакцией непредельных углеводородов является их взаимодействие с розово-фиолетовым раствором перманганата калия. При этом наблюдается обесцвечивание раствора и образование бурого хлопьевидного осадка оксида марганца (IV).

Однако перманганат калия также окисляет вещества, относящиеся к другим классам органических соединений (первичные и вторичные спирты, альдегиды, ароматические амины и фенолы, тиоспирты и многоатомные спирты), но при этом окисление идет намного медленнее.

Опыт 1. Получение и свойства этилена.

Реактивы и оборудование:
этанол C_2H_5OH (95%-й р-р);
серная кислота H_2SO_4 (конц.);
бромная вода $Br_2 + H_2O$ (насыщенная);
перманганат калия $KMnO_4$ (1%-й, 2%-й р-ры);
карбонат натрия Na_2CO_3 (10%-й р-р);
кипятильники (кусочки битого фарфора);
спиртовка.

Ход работы.

Для проведения опыта предварительно готовят четыре пробирки. Первую – для получения этилена (*1*), в следующие наливают: во вторую – 2-3 мл бромной воды (*2*), в третью – 2 мл раствора перманганат калия и 2-3 капли карбоната натрия (*3*), в четвертую – 2 мл 1%-го раствора перманганата калия и 1 каплю концентрированной серной кислоты (*4*).

***А.* Получение этилена.**

Для получения этилена соберите установку как показано на рисунке 3. В сухую пробирку *1* для равномерного кипения помещают кипятильники (кусочки битого фарфора), наливают этиловый спирт и концентрированную серную кислоту в объёмном соотношении 1:2, при этом образуется этилсерная кислота: $CH_3–CH_2–OSO_3H$.

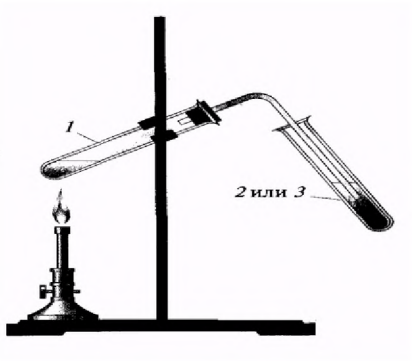


Рис.3. Установка для получения этилена

Пробирку герметично закрывают пробкой с газоотводной трубкой, укрепляют в лапке штатива и осторожно нагревают, из этилсерной кислоты образуется этилен.

***Б.* Проба на ненасыщенность.**

Этилен из газоотводной трубки пропускают через пробирку *2* с бромной водой, которая сразу обесцвечивается за счёт реакции присоединения брома к этилену.

***В.* Проба на окисляемость.**

Газоотводную трубку с этиленом опускают в пробирку *3* с раствором перманганата калия $KMnO_4$ и карбонатом натрия

Na_2CO_3 (реакция Вагнера), при этом окраска малиново-фиолетового цвета изменяется с образованием бурого хлопьевидного осадка оксида марганца(IV) MnO_2 и этиленгликоля $HO–CH_2–CH_2–OH$ (двухатомного спирта).

***Г.* Окисление этилена в кислой среде.**

Этилен пропускают через пробирку ***4*** с 1%-м раствором перманганата калия подкисленным серной кислотой (1 капля) H_2SO_4 до обесцвечивания. Окисление этилена по сравнению с реакцией ***В*** протекает более глубоко.

***Д.* Горение этилена.**

Не прекращая нагревать смесь в пробирке ***1***, поворачивают газоотводную трубку вверх и поджигают выделяющийся этилен. Пламя светящееся и желтоватое, при внесении в пламя фарфоровой крышки на её поверхности образуется чёрное пятно сажи, что связано с неполным окислением этилена:

$$CH_2 = CH_2 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + C + 2H_2O$$

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите схему реакции получения этилена, уравнения реакции этилена с бромной водой, перманганатом калия и горения газа. С какой целью используются реакции алкенов с бромной водой и перманганатом калия в качественном анализе? Напишите схему реакции окисления этилена в кислой среде. Рассчитайте массовые доли углерода и водорода в этилене.

Опыт 2. Получение и свойства ацетилена.

Реактивы и оборудование:

карбид кальция CaC_2 (кусочки);
бромная вода $Br_2 + H_2O$ (насыщ. р-р);
перманганат калия $KMnO_4$ (1%-й р-р);
карбонат натрия Na_2CO_3 (10%-й р-р);
хлорид меди CuCl(I) аммиачный р-р;
фенолфталеин (индикатор);
спиртовка.

Ход работы

Для проведения опыта предварительно готовят четыре пробирки. Первую – для получения ацетилена (*1*), в следующие наливают: во вторую – 2-3 мл бромной воды (*2*), в третью – 1 мл

раствора перманганат калия и 1мл карбоната натрия (*3*), в четвертую – 2-3 мл аммиачного раствора хлорида меди CuCl (I) (*4*).

***А.* Получение ацетилена.**

Кусочки карбида кальция CaC_2 помещают в сухую пробирку *1*, приливают 1 мл воды, сразу закрывают пробкой с газоотводной трубкой.

***Б.* Отношение ацетилена к бромной воде.**

Конец газоотводной трубки опускают в пробирку *2* с бромной водой, где происходит постепенное обесцвечивание раствора в результате взаимодействия ацетилена с бромом.

***В.* Отношение ацетилена к окислителям.**

Полученный ацетилен пропускают через раствор 1мл $KMnO_4$ и 1 мл Na_2CO_3 в пробирке *3*, при этом фиолетовая окраска исчезает, образуя хлопьевидный осадок оксида марганца (IV) MnO_2 бурого цвета:

$$3CH \equiv CH + 8KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow \underset{\text{щавелевая кислота}}{3HOOC–COOH} + 8MnO_2\downarrow + 8KOH$$

***Г.* Горение ацетилена.**

Образующийся газ – ацетилен поджигают, коптящее пламя подносят к керамической пластинке. При неполном сгорании (жёлтое горение), на керамической пластине образуется пятно сажи:

$$CH \equiv CH + O_2(\text{воздух}) \rightarrow CO + C + H_2O$$

***Д.* Образование ацетиленида меди.**

Ацетиленид меди получается при пропускании ацетилена через 2-3 мл аммиачного раствора хлорида меди в пробирке *4*, при этом бесцветная жидкость окрашивается в красный цвет с выделением красно-бурого осадка ацетиленида меди.

По окончании реакции в пробирку *1* добавляют 1 каплю раствора фенолфталеина, при этом появляется малиновое окрашивание. Это качественная реакция на присутствие щелочей – в данном случае побочный продукт получения ацетилена из карбида кальция.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите схему реакции получения ацетилена из карбида кальция и схему реакции горения ацетилена. Почему при пропускании ацетилена через бромную воду происходит ее обесцвечивание, причем медленнее, чем с этиленом? Напишите схему реакции. Напишите схему реакции окисления ацетилена перманганатом калия. Образованием, какого соединения объясняется появление красновато-коричневого окрашивания. Чем объясняется наличие в пробирке *1* щелочной среды, обнаруживаемой с помощью индикатора фенолфталеина?

Задания по теме

1. Из предложенных формул выберите формулы алкенов: C_3H_6, C_5H_{12}, C_7H_{14}, C_8H_{18}, $C_{10}H_{20}$, $C_{11}H_{24}$, $C_{12}H_24$, $C_{15}H_{30}$, $C_{16}H_{34}$, $C_{27}H_{56}$.

2. Напишите структурные формулы всех возможных изомерных алкинов состава: а) C_5H_8; б) C_6H_{10}.Назовите эти вещества по систематической номенклатуре.

3. Напишите структурные формулы: а) 2,3-диметилпентена-2; б) 2,4-диэтилгептена-1; в) 1,2-дициклогексилэтилена.

4. Назовите по заместительной номенклатуре следующие соединения:

а) $CH_2=C(CH_2CH_2CH_3)-CH_2CH_3$ в) $CH_2=C(CH_2CH_3)-CH_2CH_2CH_3$

б) $(CH_3)_2CHCH=CH_2$ г) $CH_3CH=CHCH_2C(CH_3)_3$

5. Приведите строение структурных изомеров алкена состава C_5H_{10} и назовите их. Укажите изомеры углеродного скелета и изомеры положения двойной связи.

6. Напишите структурные формулы *цис*-пентена-2 и *транс*-пентена-2.

7. Напишите схему реакции дегидрогалогенирования 2-бромо-2-метилбутана. Какой из двух возможных продуктов будет преобладать?

8. Напишите схему реакции дегидратации бутанола-2. Назовите полученный алкен.

9. Напишите схему реакции бутена-1 с хлороводородом. Почему получается только один продукт реакции?

10. Напишите схему реакции гидратации 2-метилбутена-1 в кислой среде и назовите полученный продукт.

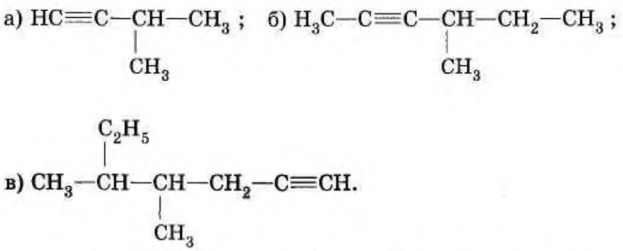
11. Напишите схему реакции взаимодействия 2-метилбутена-2 с Cl_2.

12. Напишите схему реакции окисления циклогексена перманганатом калия: а) в щелочной среде; б) в кислой среде.

13. Напишите схему реакции каталитического гидрирования 2,4,4-триметилпентена-2.

14. Напишите схему реакции полимеризации 2-метилпропена.

15. Назовите алкины, выраженные следующими формулами, по систематической номенклатуре:



16. Напишите структурные формулы следующих углеводородов:

а) 3-метилпентин-1;

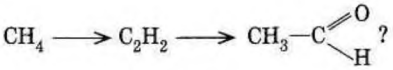
б) 4,4-диметилгексин-1;

в) 3,3,4,4-тетраметилгексин-1;

г) 5,5-диметилгептин-3.

17. Какие алкины можно получить при дегидрировании: а) этана; б) пропилена; в) бутена-1; г) бутена-2?

18. Как осуществить в промышленности следующие превращения:



Напишите уравнения реакций.

19. Составьте уравнение реакции сгорания ацетилена в кислороде.

20. Назовите основные органические вещества, которые можно получить из ацетилена.

21. Приведите примеры реакций, свидетельствующие о генетической связи алканов, алкенов и алкинов.

22. Для углеводорода, имеющего строение $HC{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$, составьте формулы: а) гомологов; б) изомеров. Назовите эти углеводороды по систематической номенклатуре.

23. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) пропена; б) метилпропена; в) бутена-1; г) бутена-2. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

24. Напишите уравнения реакций гидратации следующих веществ: а) пентен-1; б) пентен-2; в) 2,3-диметилбутен-1.

25. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) пропен; б) бутен-1; в) бутен-2; г) 2-метилбутен-2.

26. Дегидратацией каких спиртов можно получить:
а) 4-метилпентен-1; б) 2,4-диметилпентен-2; в) бутен-2? Напишите уравнения реакций.

27. Напишите структурные формулы:

а) 3-метилбутин-1;

б) 5-метилгептин-3;

в) 2,2,5-триметилгексин-3;

г) 2,5-ди-метилгексин-3;

д) 3-метил-3-изопропил-4-вторбутил-гептин-1.

28. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) пропина; б) бутина-2; в) пентина-1. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций

29. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

а) пропан $\rightarrow$ 1,2-дибромпропан $\rightarrow$ пропен;

б) пропан $\rightarrow$ 2-бромпропан $\rightarrow$ пропен;

в) углерод $\rightarrow$ полиэтилен.

30. Напишите уравнения реакций. Назовите все вещества.

а) 2-хлор-2-метилпентан $\xrightarrow{+KOH(спирт\ р\text{-}р)} \boldsymbol{A} \xrightarrow{+H_2O} \boldsymbol{Б}$;

б) 1-хлор-2-метилпентан $\xrightarrow{+KOH(спирт)} \boldsymbol{A} \xrightarrow{+H_2,Ni} \boldsymbol{Б} \rightarrow \xrightarrow{+Cl_2,h\nu} \boldsymbol{B} \xrightarrow{+2Na,} \boldsymbol{Г}$.

31. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) ацетилен; б) пропин; в) бутин-1; г) бутин-2.

32. Напишите уравнения реакций со спиртовым раствором гидроксида натрия следующих веществ: а) 2,3-дихлор-4,4-

диметилгексана; б) 4-метил-2,2-дихлорпентана; в) 3,3-дибром-4-метилгексана. Назовите продукты реакций.

33. Напишите уравнения реакций получения из алкенов следующих веществ: а) 3-метилпентина-1; б) 5-метилгептина-2. Назовите исходные алкены.

34. Напишите уравнения реакций получения из дигалогеналканов следующих веществ и назовите исходные вещества: а) гексина-2; б) 2,2-диметилгептина-3; в) 2-метил-3-этилоктина-4.

35. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

а) $CaCO_3 \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3{-}CHO$;

б) $Al_4C_3 \rightarrow CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow HC{\equiv}C{-}CH{=}CH_2 \rightarrow H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2 \rightarrow C_4H_{10}$;

в) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2OH \rightarrow C_3H_6 \rightarrow C_3H_6Br_2 \rightarrow C_3H_4 \rightarrow C_3H_3Ag$;

г) $CH_4 \rightarrow CH_3Cl \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Br \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_4Cl_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_3H_4$.

36. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

а) 2-бромбутан $-\underline{+NaOH(спирт.р\text{-}р)} \rightarrow \boldsymbol{A} -\underline{+Cl_2} \rightarrow \boldsymbol{Б} -\underline{+2NaOH(спирт.р\text{-}р)} \rightarrow \boldsymbol{B} -\underline{+H_2O(Hg^{2+},H^+)} \rightarrow \boldsymbol{Г}$

б) 1,2-дихлорпропан $-\underline{+КОН(спирт\ .р\text{-}р)} \rightarrow \boldsymbol{A} -\underline{+Ag_2O} \rightarrow \boldsymbol{Б} -\underline{+C_2H_5Cl} \rightarrow \boldsymbol{B}$

37. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) метан → ацетилен → винилацетилен → хлоропрен → 2-хлорбутан → бутен-2 → 2,3-дибромбутан → бутин-2;

б) оксид кальция → ацетилен → пропин;

в) ацетилен → дивинил → этан;

г) ацетилен → пропанон.

Укажите условия протекания реакций и назовите продукты.

Контрольные вопросы

1. Какие углеводороды называются непредельными? Алкенами? Алкинами? Как их еще называют? Приведите общую формулу гомологических рядов непредельных УВ, молекулярные формулы с названиями первых шести членов гомологических рядов непредельных УВ.

2. Укажите валентное состояние и тип гибридизации орбиталей атомов углерода, связанных кратными связями в молекулах непредельных УВ.

3. Какие типы изомерии характерны для алкенов? Алкинов? Приведите структурные формулы изомеров пентена и назовите их по систематической номенклатуре.

4. Каковы причины геометрической изомерии у некоторых этиленовых УВ? Существуют ли в виде *цис*- и *транс*-изомеров следующие УВ: бутен-1; 2-метилбутен-1; 2,4-диметилгексен-3?

5. Приведите реакцию отщепления галогеноводородов от галогеналкилов при действии на них спиртового раствора щелочи.

6. Приведите реакцию дегалогенирования дигалогеналканов с атомами галогена у соседних атомов углерода.

7. На примере реакции дегидратации спиртов с образованием алкенов: пропанола-1; 3-метилбутанола-2; пентанола-3 объясните правило Зайцева.

8. Какой тип реакций характерен для алкенов? Почему? В чем проявляется отличие химического поведения алкенов от алканов? Приведите уравнения реакций и сравните характер взаимодействия этана и этилена с бромом.

9. На примере реакции гидрогалогенирования сформулируйте правило Марковникова. В каких случаях реакции присоединения идут против правила Марковникова?

10. Какие реакции являются качественными реакциями непредельные УВ. Приведите уравнения этих реакций.

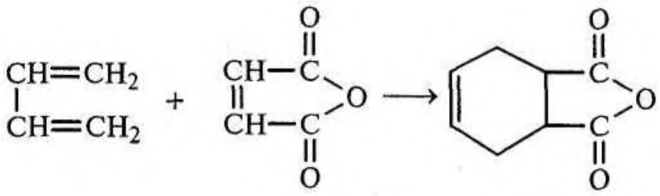
11. Что называется полимеризацией? Приведите схему реакцию полимеризации этилена. Укажите механизм реакции. Назовите продукт реакции.

12. Укажите физические свойства алкенов.

Лабораторная работа 4. АЛКАДИЕНЫ. КАУЧУКИ. ТЕРПЕНЫ

Цель работы: ознакомление с сопряженными диенами на примере α-пинена – бициклического терпена, входящим в состав скипидара и провести с ним химические превращения.

Для обнаружения 1,3-бутадиена используют малеиновый ангидрид. Реакцию проводят при нагревании, образуется кристаллический осадок.



малеиновый ангидрид — аддукт-1,4

♦**Аддукт** - продукт в реакции присоединения в виде молекулярного комплекса или соединения неизвестного строения.

Опыт 1. Присоединение брома к α-пинену скипидара.

Реактивы и оборудование:

скипидар (свежеперегнанный);

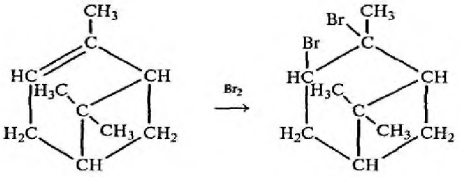
бромная вода $Br_2 + H_2O$ (насыщен. р-р);

спиртовка;

пробирки.

Ход работы.

В пробирку вносят 3 капли скипидара и добавляют 2 мл бромной воды. Перемешивают встряхиванием. Происходит обесцвечивание бромной воды по уравнению реакции:



Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции бромирования бутадиена-1,3. Сравните с бромированием *а*-пинена. Отметьте произошедшие изменения.

Опыт 2. Окисление α-пинена скипидара раствором $kmno_4$ (реакция вагнера).

Реактивы и оборудование:

скипидар (свежеперегнанный);

перманганат калия $KMnO_4$ (1%-й р-р),

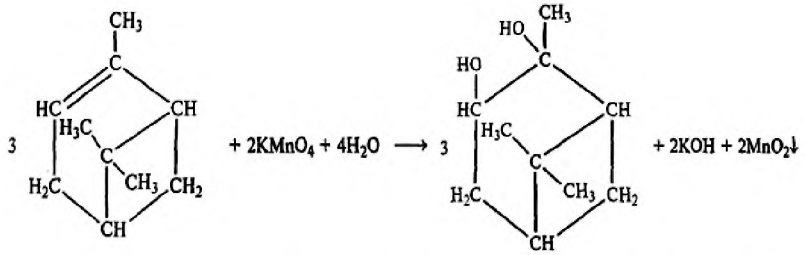
карбонат натрия Na_2CO_3 (5%-й р-р);

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

В пробирку наливают 2 мл раствора перманганата калия и 0,5 мл раствора карбоната натрия. Размешивают встряхиванием. Прибавляют 3 капли скипидара и перемешивают. Происходит исчезновение розовой окраски $KMnO_4$. α-Пинен переходит в двухатомный спирт:



Составьте отчет, указав в нем: наблюдения и вывод о проделанной работе. Напишите уравнение реакции образования двухатомного спирта из бутена-2. Назовите вещества. Сравните с окислением *а*-пинена. Отметьте произошедшие изменения.

Опыт 3. Окисление α-пинена скипидара кислородом воздуха.

Реактивы и оборудование:

скипидар (свежеперегнанный);

иодид калия KI (1%-й р-р);
крахмал $(C_6H_{10}O_5)n$ (1%-й р-р);
спиртовка; пробирки.

Ход работы.

В пробирку наливают 2мл раствора иодида калия, 2 капли свежеприготовленного крахмального клейстера и 3 капли скипидара. Смесь перемешивают встряхиванием. Раствор постепенно окрашивается в синий цвет, что указывает на образование свободного иода.

При окислении *α*-пинена кислородом воздуха сначала образуется его пероксид, который распадается с выделением атомарного кислорода. Атом кислорода присоединяется к молекулярному кислороду с образованием озона. Озон окисляет иодид калия до молекулярного йода, образующего с крахмалом окрашенные в синий цвет «комплексы-включения».

Напишите уравнения реакции окисления α-пинена и окисления раствора KI



$$2KI + O_3 + H_2O = 2KOH + I_2 + O_2$$

Составьте отчет, указав в нем: наблюдения и вывод о проделанной работе. Напишите уравнение реакции озонирования алкена с образованием циклического пероксида – озонида. Сравните с окислением *α*-пинена. Отметьте произошедшие изменения.

Задания по теме

1. Напишите структурные формулы всех возможных изомерных алкадиенов состава: а) C_5H_8; б) C_6H_{10}. Назовите эти вещества.

2. Составьте электронные формулы бутадиена-1,3 и 2-хлорбутадиена-1,3.

3. Найдите среди приведенных формул ту, которая отвечает общей формуле CnH2n−2:

а) $H_3C-CH_2-CH=CH-CH_3$; б) $H_3C-CH=C(CH_3)-CH_3$;

в) $H_3C-CH_2-CH(CH_3)-CH=CH_2$; г) $H_2C=C(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$;

д) $H_2C=C(CH_3)-CH_2-CH=CH_2$.

4. Напишите структурные формулы следующих веществ:

а) 2,4-диметилпентадиен-1,4;

б) 2,3-диметил-4-этилгептадиен-1,3;

в) 2-метил-3-этилпентадиен-1,3;

г) 2-метил-3,4-диэтилгептадиен-2,4.

5. Чем объясняется высокая химическая активность диеновых углеводородов? В какие реакции они вступают? Приведите примеры.

6. Какое количество брома (в г) может присоединиться к 30 г бутадиена-1, 3?

7. Почему происходит 1,4-присоединение к диеновым углеводородам?

8. Как можно получить бутадиен-1,3 и 2-метилбутадиен-1,3?

9. Назовите по систематической номенклатуре диеновые углеводороды, выраженные такими формулами:

а) $H_2C=CH-CH_2-CH(CH_3)-CH=CH-C_2H_5$; б) $H_3C-CH=CH-C(CH_3)=C(CH_3)-CH_3$;

в) $H_3C-C(CH_3)_2-CH=CH-C(CH_3)_2-CH=CH_2$; г) $H_2C=C=C(CH_3)-CH_2-CH_3$.

10. Как получить дивинил из угля, извести и воды?

11. Какой объем бутадиена-1,3 можно получить по методу Лебедева из этилового спирта массой 335 кг, если массовая доля выхода бутадиена-1,3 составляет 92%?

12. Какие продукты получаются в результате взаимодействия 2-метилпентадиена-1,3 с хлороводородом? Назовите их.

13. Какие продукты получаются в результате взаимодействия 2-метилгексадиена-1,3 с бромом? Назовите их.

14. Напишите схему полимеризации хлоропрена.

15. Напишите структуру фрагмента сополимера бутадиена-1,3 и стирола.

16. Природный полимер гуттаперча является разновидностью полиизопрена и отличается от натурального каучука *транс*-конфигурацией двойных связей. Напишите структуру фрагмента этого полимера (можно скелетной формулой).

17. Напишите структурную формулу 2-метилгексадиена-2,4.

18. Напишите схему реакции взаимодействия бутадиена-1,3 с хлором. Назовите полученные продукты.

19. Какие продукты получаются при взаимодействии пентадиена-1,3 с бромоводородом? Назовите их.

20. Какие из перечисленных далее углеводородов являются гомологами? Пропан, бутен-1, метилпропен, метилбутан, пентен-2, диметилпропан, 2-метилнонан, 2-метилбутен-2, н-гептан, гептен-1, октен-1,2,2-диметилгексан, 2-метилгексен-2, гексен-2, бутен-2,2-метилбутен-1.

21. Какие из перечисленных далее веществ являются изомерами? 2-метил-3-этилпентан, метилциклопентан, н-пентан, пентадиен-1,3, тетраметилбутан, 2-метилбутен-2,2-метил-бутадиен-1,3, пентен-1,1,2-диметилциклопропан, 3-метил-бутен-1,2-метил-3-этилпентан, циклопентан, 2,3-диметилгексан, диметилпропан.

22. Как разделить смесь дивинила и этана? Дайте соответствующие пояснения. Напишите уравнения реакций.

23. Как разделить смесь *н*-бутана и бутадиена-1,3? Дайте соответствующие пояснения. Напишите уравнения реакций.

24. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства и напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) бутадиен-1,3 (дивинил); б) изопрен (2-метилбутадиен-1,3). Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

25. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протека-

ния реакций и назовите продукты реакций

а) $CH_3{-}CH_2OH \xrightarrow{-2H_2O,-H_2} \boldsymbol{A} \xrightarrow{+1\ моль\ Br_2} \boldsymbol{Б} \xrightarrow{+H_2} \boldsymbol{B} \rightarrow \xrightarrow{+2Na,t} \boldsymbol{Г}$

б) 2,3-диметилбутадиен-1,3 $\xrightarrow{+HCl(1\ моль)} \boldsymbol{A} \xrightarrow{+H_2} \boldsymbol{Б} \rightarrow \xrightarrow{+2Na,t} \boldsymbol{B}$

Контрольные вопросы

1. Что называют алкадиенами? Их общая формула.
2. Приведите классификацию алкадиенов, примеры.
3. Сформулируйте понятие о сопряжении в молекулах алкадиенов.
4. Укажите типы изомерии, свойственные алкадиенам. Приведите примеры.
5. Укажите основы номенклатуры для алкадиенов. Приведите примеры.
6. Перечислите способы получения алкадиенов, напишите соответствующие уравнения химических реакций.
7. Напишите уравнение реакции получения бутадиена-1,3 по методу Лебедева.
8. Укажите физические свойства алкадиенов.
9. Перечислите химические свойства алкадиенов и напишите соответствующие уравнения реакций (См. приложение 1).
10. Что называют высокомолекулярными соединениями (ВМС)?
11. Приведите классификацию ВМС.
12. Что называют мономерами? Структурным звеном? Степенью полимеризации?
15. Дайте определение понятию каучуки, эластомеры. Приведите классификацию каучуков. Что такое резина?

Лабораторная работа 5.
АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. АРЕНЫ

Цель работы: лабораторными методами изучить химические свойства ароматических углеводородов.

Ароматические углеводороды в отличие от алифатических вступают в реакцию алкилирования аренов хлороформом в присутствии катализатора хлорида алюминия. При этом образуются продукты, окрашенные в яркие цвета. Например, при взаимодействии бензола с хлороформом в присутствии катализатора, помимо основного бесцветного продукта реакции – трифенилметана, образуется комплексная соль трифенилхлорметана красно-оранжевого цвета:

$$3C_6H_6 + CHCl_3 \xrightarrow{-AlCl_3} (C_6H_5)_3CH + 3HCl$$

трифенилметан

$$5C_6H_6 + 2CHCl_3 \rightarrow (C_6H_5)_3CCl + (C_6H_5)_2CH_2 + 5HCl$$

$$(C_6H_5)_3CCl + AlCl_3 \rightarrow [(C_6H_5)_3C]^+[AlCl_4]^-$$

окрашенная
комплексная соль

Дифенил в этой реакции дает пурпурную окраску, нафталин – синюю, антрацен – зеленую.

Эту реакцию также используют для обнаружения ароматических галогенопроизводных.

Опыт 1. Химические свойства бензола.

Реактивы и оборудование:
бензол;
бромная вода $Br_2 + H_2O$;
перманганат калия $KMnO_4$ (1%-й р-р);
серная кислота H_2SO_4(конц.) и
азотная кислота HNO_3(конц.) (2:1);
стакан с холодной водой;
стеклянная палочка;
спиртовка;
пробирки.



бензол

Ход работы.

***А.* Действие на бензол бромной воды и перманганата калия.**

В две пробирки наливают по 0,5 мл бензола.

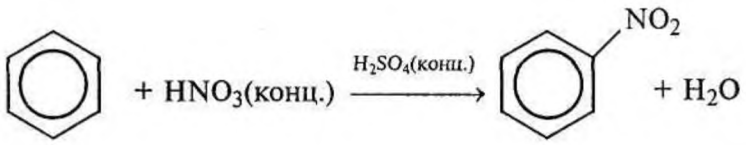
В первую приливают 1 мл бромной воды. Бром растворяется в бензоле, вследствие чего слой бензола (верхний) приобретает желтый или бурый цвет. Обесцвечивания не происходит.

Во вторую – 1 мл раствора перманганата калия. Содержимое пробирки энергично перемешивают встряхиванием.

Бензол не реагирует с реактивами на двойную связь.

***Б.* Получение нитробензола.**

В пробирку наливают 5 мл смеси концентрированных серной и азотной кислот (смесь готовят заранее в соотношении 2:1) и добавляют по каплям при постоянном перемешивании встряхиванием 2 мл бензола. Реакционная смесь сильно разогревается и появляется светло-желтая окраска и характерный миндальный запах нитробензола. Смесь размешивают встряхиванием 3 минуты, и затем содержимое пробирки выливают в стакан с холодной водой. На дне стакана собираются капли нитробензола. Нитробензол можно отделить от воды, в которой он не растворяется, с помощью делительной воронки.



бензол нитробензол

***В.* Горение бензола.**

Каплю бензола на стеклянной палочке вносят в пламя горелки. Бензол воспламеняется и горит сильно коптящим пламенем.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции нитрования бензола. Отметьте роль серной кислоты в этой реакции, цвет, запах и растворимость в воде полученных продуктов.

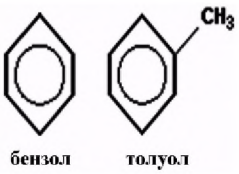
Напишите уравнение реакции горения бензола. Сравните сильно коптящее пламя бензола с горением метана.

Опыт 2. Химические свойства гомологов бензола.

Реактивы и оборудование:

бензол;

толуол или этилбензол (ксилол);
перманганат калия $KMnO_4$ (5%-й р-р);
серная кислота H_2SO_4 (10%-й р-р), (конц.);
гидроксид натрия NaOH (2 моль/л, р-р);
соляная кислота HCl (2 моль/л, р-р);
пробирки;
водяная баня;
обратный холодильник (возд.);
спиртовка;
пробирки.



Ход работы.

***А*. Окисление бензола и его гомологов.**

Для проведения опыта предварительно готовят две пробирки, в которые наливают по 1 мл раствора $KMnO_4$ и 0,5 мл H_2SO_4.

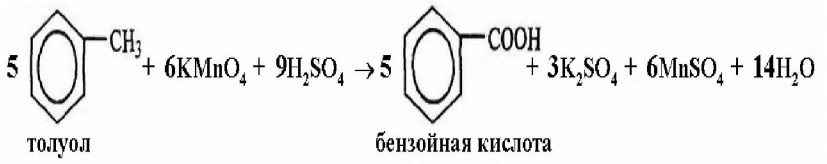
Затем добавляют в первую пробирку 0,5 мл бензола, во вторую – 0,5 мл толуола

Содержимое пробирок перемешивают встряхиванием и нагревают на водяной бане. В пробирке с бензолом окраска не изменяется, что указывает на устойчивость бензольного ядра к окислителям.

В пробирке с толуолом цвет раствора обесцвечивается, и при охлаждении раствора выделяются хлопья бензойной кислоты, так как боковая цепь окисляется в карбоксильную группу.

В пробирку с бензойной кислотой прибавляют раствор 2 моль/л гидроксида натрия до растворения кристаллов бензойной кислоты. Если к прозрачному раствору прилить раствор 2 моль/л соляной кислоты, то снова выпадает осадок бензойной кислоты.

Напишите уравнения реакций окисления ароматических углеводородов.



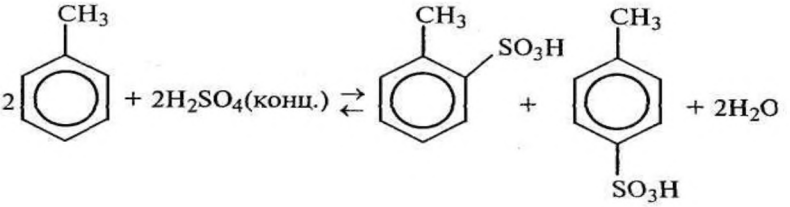
***Б*. Сульфирование ароматических углеводородов.**

Смешивают в пробирке 0,5 мл толуола с 2 мл серной кислоты, пробирку закрывают пробкой с воздушным холодильником и

нагревают на кипящей водяной бане 10-15 минут. Размешивают встряхиванием. Постепенно происходит уменьшение расслоения и затем полное растворение в результате образования толуолсульфокислоты (*о*-, *п*-изомеров) хорошо растворимой в воде.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

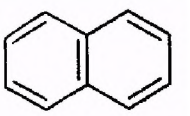
Напишите уравнение получения бензолсульфокислоты, реакции сульфирования в бензольном кольце. Объясните ориентирующие влияние алкила и механизм реакции.



толуол *о*-толуолсульфокислота *п*-толуолсульфокислота

Опыт 3. Химические свойства конденсированных аренов.

Реактивы и оборудование:
нафталин;
серная кислота H_2SO_4 (конц.);
азотная кислота HNO_3 (конц.);
перманганат калия $KMnO_4$ (р-р);
обратный холодильник (воздушный);
стеклянная палочка;
водяная баня;
стакан холодной воды;
пробирки;
спиртовка.



нафталин

Ход работы.

***А.* Окисляемость нафталина.**

В пробирку наливают 2 мл раствора H_2SO_4 (1:5) и 1 мл раствора $KMnO_4$. В эту окислительную смесь вносят немного нафталина и нагревают содержимое пробирки при непрерывном перемешивании до начала кипения. Жидкость вскоре обесцвечивается, что указывает на легкую окисляемость нафталина.

***Б.* Нитрование нафталина.**

В пробирку с 0,5 г нафталина добавляют 2 мл концентрированной азотной кислоты. Смесь размешивают стеклянной палочкой и нагревают 5 минут на кипящей водяной бане. Далее горячий раствор выливают в стакан с 50 мл холодной воды. При охлаждении 1-нитронафталин кристаллизуется.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции окисления нафталина. Назовите получившуюся кислоту.

Напишите уравнение реакции нитрование нафталина. Отметьте цвет полученного продукта.

Задания по теме

1. Напишите структурные формулы всех гомологов бензола с молекулярной формулой: а) C_7H_8; б) C_8H_{10}; в) C_9H_{12}. Назовите эти вещества по систематической номенклатуре.

2. Напишите структурные формулы 1-изобутил-3-этилбензола и 2,4-диметил-1-этилбензола. Объясните выбранную нумерацию в кольце и порядок перечисления заместителей.

3. Напишите структурные формулы:

а) *о*-этил*втор*бутилбензол;

б) *м*-метил*изо*пропилбензол;

в) *п*-метил*изо*пропилбензол;

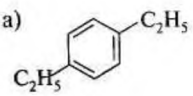
г) 1,3-диметил-2-*трет*бутилбензол;

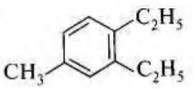
д) *о*-ксилол;

е) *изо*пропилбензол (кумол);

ж) о-нитротолуол.

4. Назовите следующие ароматические углеводороды:

а) 

б) 

5. Напишите схему дегидроциклизации гептана. Назовите полученный углеводород.

6. Напишите схему превращения 1,2-диметилциклогексана в ароматический углеводород. Назовите его.

7. Напишите схему реакции образования ароматического углеводорода из трех молекул пропина. Назовите полученный арен.

8. Напишите структурные формулы 1-изобутил-3-этилбензола и 2,4-диметил-1-этилбензола. Объясните выбранную нумерацию в кольце и порядок перечисления заместителей.

9. В реакциях электрофильного присоединения в ряду алкенов стабилизация σ-комплекса происходила путем присоединения отрицательно заряженной частицы (нуклеофила). Приведите возможную структуру продукта присоединения. Объясните, почему в ряду аренов стабилизация σ-комплекса невыгодна.

10. Напишите схему реакции взаимодействия бензола с бромом. Какой катализатор необходим для ее осуществления? Опишите механизм реакции.

11. Напишите реакцию взаимодействия бензола с этилбромидом. Какой катализатор используется для этой реакции? Назовите полученный продукт (См. приложение 2, 3).

12. Расположите в ряд по увеличению активности в реакциях электрофильного замещения следующие соединения: а) бензол; б) анилин; в) бензойная кислота; г) этилбензол.

13. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) толуол; б) *о*-ксилол; в) *м*-ксилол; г) *п*-ксилол; д) изопропилбензол (кумол). Укажите условия протекания реакций.

14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

а) $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5Br \rightarrow C_6H_5{-}CH_3 \xrightarrow{-1\ моль\text{-}HNO_3} A$

б) $C \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5{-}C_2H_5{-}C_6H_5{-}COOH$.

15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

а) гексан $\rightarrow$ бензол $\xrightarrow{-+CH_3Cl} \boldsymbol{A} \xrightarrow{-3мольHNO_3} \boldsymbol{Б} \rightarrow$
$\xrightarrow{-+KMnO_4} \boldsymbol{B}$

б) пропан $\xrightarrow{-+Br_2,h\nu} \boldsymbol{A} \xrightarrow{-+KOH(спирт\ р\text{-}р)} \boldsymbol{Б} \rightarrow$
$\rightarrow$ 1,21,3-триметилбензол.

16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций:

а) бензол → *о*-пропилтолуол; б) бензол → *о*-бромтолуол;

в) бензол → 2,4,6-тринитротолуол;

г) бензол → *изо*пропилбензол (кумол);

д) бензол → 1-бром-2-нитробензол;

е) бензол → 1-бром-3-нитробензол.

17. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций:

а) карбид алюминия → стирол; б) бутен-2 → *втор*бутилбензол;

в) углерод → гексахлорбензол; г) метан → гексахлоран;

д) 1,2-диметилциклобутан → *изо*пропилбензол (кумол);

е) карбонат кальция → этилбензол;

ж) углерод → *о*-бромнитробензол;

з) карбид алюминия → 1,3,5-триметилбензол.

18. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) бензола; б) толуола; в) пропилбензола. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

19. Углеводороды состава: а) C_8H_6 и б) C_9H_8 обесцвечивают бромную воду, при окислении образуют бензойную кислоту, с аммиачным раствором нитрата серебра дают осадок. Напишите структурные формулы этих углеводородов.

20. Назовите несколько групп, которые являются *орто-пара*-ориентантами и обладают активирующим действием. Приведите примеры *орто-пара*-ориетантов, обладающих дезактивирующим действием (См. приложение 2).

21. Назовите группы, которые являются *мета*-ориентантами в реакциях электрофильного замещения в ароматическом ядре. Как они влияют на активность ядра?

22. Напишите электронные формулы молекул бифенила и нафталина. Какие моносульфосоединения могут быть получены при сульфировании: а) фенола; б) нитробензола; в) хлорбензола; г) толуола? Расположите исходные соединения в ряд по убывающей легкости сульфирования.

23. Напишите уравнения реакций получения бензола из следующих исходных веществ: а) ацетилена; б) циклогексена; в) бензойной кислоты.

24. Напишите уравнения реакций алкена, алкана, алкина и ароматического УВ, содержащих 6 атомов углерода, со следующими веществами: а) с Br_2; б) с раствором $KMnO_4$. Укажите сходство и различия в реакциях этих соединений.

25. В чем состоит отличие способов получения нитросоединений с атомом галогена в бензольном кольце и в боковой цепи? Приведите примеры.

26. Какие органические соединения называют ароматическими нитросоединениями? Как они образуются? Что называют нитрующей смесью?

27. Напишите уравнения реакций нитрования: а) хлорбензола; б) метилбензола; в) бензолсульфокислоты; г) нитробензола.

Контрольные вопросы

1. Что называет аренами? Их общая формула.
2. Как классифицируются арены. Приведите примеры.
3. Охарактеризуйте изомерию и номенклатуру в аренах.
4. Охарактеризуйте электронное строение бензола.
5. Назовите тип гибридизации атомов углерода в молекуле бензола.
6. Что называют ароматическими системами?
7. Сформулируйте правила ароматичности (правило Хюккеля).
8. Перечислите способы получения аренов.
9. Напишите уравнения реакций получения бензола лабораторными методами.
10. Напишите схему реакции Вюрца-Фиттига, назовите продукт реакции.
11. Напишите уравнение реакции Фриделя-Крафтса, назовите продукт реакции.
12. Перечислите химические свойства аренов.
13. Укажите реакции замещения, свойственные аренам, напишите уравнения этих реакций.
14. Охарактеризуйте механизм реакции замещения в бензольном кольце.
15. Перечислите электронодонорные заместители и укажите их направляющее действие в реакциях электрофильного замещения.
16. Перечислите электроноакцепторные заместители и укажите их направляющее действие в реакциях электрофильного замещения.
17. Укажите реакции присоединения, протекающие с аренами, напишите соответствующие уравнения реакций, полученные продукты реакций и назовите их.
18. Укажите реакции окисления, протекающие с аренами, укажите различия в окислении бензола и его гомологов.

Лабораторная работа 6. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

Цель работы: лабораторными методами получить галогенопроизводные углеводородов и с ними выполнить химические превращения.

Опыт 1. Получение хлорэтана.

Реактивы и оборудование:

этанол + H_2SO_4(конц.) (2:1, по объему);

хлорид натрия NaCl (крист.);

газоотводная трубка;

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

В пробирку наливают смесь этанола и концентрированной серной кислоты H_2SO_4 объемом 3-4 мл и добавляют 0,1-0,2 г хлорида натрия NaCl. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой и осторожно нагревают в пламени горелки, в начале по всей поверхности пробирки, затем смесь. Выделяющийся газ - хлористый этил C_2H_5Cl. При поджигании у конца газоотводной трубки хлорэтан горит характерным пламенем с зеленой каймой. При нагревании смеси в начале образуется этилсерная кислота по реакции:

$$CH_3–CH_2–OH + H_2SO_4 \rightarrow CH_3–CH_2–O–SO_3H$$

Этилсерная кислота при взаимодействии с хлористым водородом дает хлорэтан

$$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow HCl + NaHSO_4$$

$$CH_3–CH_2–OSO_3H + HCl \rightarrow C_2H_5–Cl$$

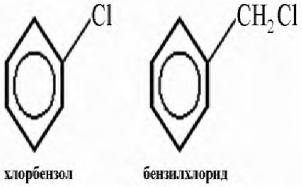
хлористый этил

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Рассмотрите механизмы реакций (S_N2) образования этилсерной кислоты и этилхлорида.

Опыт 2. Щелочной гидролиз галогенопроизводных углеводородов.

Реактивы и оборудование:
хлорбензол;
бензилхлорид;
нитрат серебра $AgNO_3$ (1%-й р-р);
пробирки;
спиртовка.



Ход работы.

В две пробирки помещают: в первую – 1 каплю хлорбензола и 5 капель воды, во вторую – 1 каплю хлористого бензила и 5 капель воды. Нагревают обе пробирки до кипения и к горячим растворам добавляют по 1 капле раствора нитрата серебра.

В первой пробирке появление мути от выделения хлористого серебра не происходит, что указывает на прочную связь галогена, стоящего в бензольном кольце. При охлаждении жидкость мутнеет, что объясняется выделением мельчайших капелек хлорбензола, растворимость которого при охлаждении резко падает. При подогревании такая муть вновь исчезает.

Во второй пробирке немедленно выпадает белый творожистый осадок хлористого серебра. Данная реакция показывает, что при кипячении с водой хлористый бензил легко подвергается гидролизу, образуя хлористый водород, который и реагирует потом с азотнокислым серебром, давая белый осадок хлористого серебра.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнения происходящих реакций, назовите продукты реакций. Почему для определения галогена не используют непосредственно действие нитрата серебра? Укажите тип реакции.

Опыт 3. Получение иодоформа.

Реактивы и оборудование:
углекислый натрий Na_2CO_3 (насыщ. р-р);
иод $I_2 + C_2H_5OH$ (спиртовый р-р);
фильтр;
колбочка;
спиртовка.

Ход работы.

Наливают в колбочку 4 мл насыщенного раствора углекисло-

го натрия, добавляют 2 мл спиртового раствора иода (I_2 + C_2H_5OH). Смесь при энергичном перемешивании нагревают на спиртовке (60 - 70 °С) до перехода окраски из бурой в светло-жёлтую. Охлаждают колбочку до выпадения осадка кристаллов иодоформа. Отфильтровывают их. Отмечают цвет и запах иодоформа.

Схема уравнения реакции получения йодоформа:

$$3Na_2CO_3 + 4I_2 + C_2H_5OH \rightarrow \underset{\text{иодоформ}}{CHI_3} + \underset{\text{формиат натрия}}{HCOONa} + 5NaI + 3CO_2 + 2H_2O$$

Составьте отчет, указав в нем: наблюдения и вывод о проделанной работе. Укажите цвет и запах кристаллов иодоформа. Отметьте произошедшие изменения.

Задания по теме

1. Напишите структурные формулы всех изомерных галогеналки-лов состава C_4H_9Cl.

2. Сколько монобромпроизводных может образоваться при бромировании следующих углеводородов: а) пропана; б) 2-метилпропана; в) бутана; г) 2-метилбутана; д) 2,2-диметилбутана?

3. Приведите механизм реакции бромирования: а) этана; б) пропана.

4. Выведите молекулярную формулу хлорпроизводного алкана, если его массовые доли составляют 45,85% С, 8,92% Н, 45,22% Cl. Сколько атомов углеродав молекуле этого хлорпроизводного?

5. Какие основные способы получения галогеналкилов вы знаете?

6. Почему галогеналкилы в химическом отношении более активны, чем алканы? Приведите примеры.

7. Какие реакции называют реакциями алкилирования? Напишите уравнение реакции взаимодействия йодистого алкила с: а) этиловым спиртом; б) аммиаком; в) водой.

8. Приведите примеры реакций нуклеофильного замещения для галогеналкилов.

9. Напишите уравнение реакции отщепления для хлористого пропила. Какой продукт при этом образуется?

10. Напишите структурные формулы следующих соединений:
    а) 2-хлор1-бром-пропан;

б) 2,2-дииодпропан;

в) 3-хлор-2-метилбутан;

г) 3-бром-2,5-диметилгексан.

11. Что такое фреоны? Где они используются? Какую опасность они представляют для человечества, если их использовать бесконтрольно?

12. Почему в хлористом виниле атом хлора менее подвижен, чем в хлористом этиле?

13. Назовите по систематической номенклатуре соединения

а) $CH_2=CH-CH_2Cl$;

б) $CH_3CH=CH-Cl$;

в) $CH_2Cl-CH=CHCH_3$;

14. Как получить поливинилхлорид, если вместо готового мономера имеются карбид кальция, вода, хлорид натрия и серная кислота? Напишите уравнения реакций.

15. Определите электронные эффекты атомов галогена в молекулах 1 -хлоропропана и 2-бромобутана. Выделите электрофильные центры.

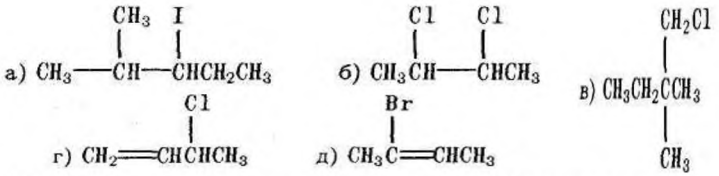
16. Напишите схему реакции гидролиза 1-иодопропана и опишите ее механизм.

17. Возможно ли осуществить превращение, обратное вышеприведенному примеру, т. е. действием бромида натрия на этанол получить этилбромид?

18. Предложите способ получения метилэтилового эфира, используя в качестве одного из исходных соединений этилбромид.

19. Напишите структурные формулы всех возможных изомеров состава C_3H_7Cl, C_4H_9Br и назовите их по радикальной и IUPAC номенклатурам.

20. Назовите по номенклатуре IUPAC следующие соединения:



21. Напишите схемы реакций получения 2-бромпропана из соответствующих соединений: а) предельного углеводорода; б) непредельного углеводорода; в) спирта.

22. Напишите схемы реакций получения из соответствующих непредельных соединений:

а) 1,2-дибромэтана;

б) 2-хлорбутана;

в) 3,3-дихлорпентана;

г) 1,4-дихлорбут-2-ена;

д) 2-хлорпропена.

23. Напишите схемы реакций 1-хлорбутана с: а) KCN; б) Na; в) NH_3; г) KOH(H_2O); д) KOH (спирт).

24. Напишите схемы реакций, с помощью которых можно превратить 1-иодпропан в: а) первичный спирт; б) алкен; в) амин; г) предельный углеводород (См. приложение 1).

25. Напишите схемы реакций полимеризации: а) винилхлорида; б) 3-хлорпроп-1-ена; в) 2,3-дихлорбут-1,3-диена.

26. Напишите формулы промежуточных и конечного продуктов в следующей схеме:

$$\text{Бут-2-ен} \xrightarrow{-\underline{HBr}} \boldsymbol{A} \xrightarrow{-\underline{CH_3CH_2Br+Na}} \boldsymbol{Б} \xrightarrow{--\underline{+Br_2,h\nu}} \boldsymbol{B} \rightarrow \boldsymbol{Г}$$

$$\xrightarrow{-\underline{KOH,спирт}}$$

Контрольные вопросы

1. Что называют галогенопроизводными углеводородов?
2. Приведите классификацию галогенопроизводные УВ.
3. Укажите типы изомерии для галогенопроизводных УВ.
4. Укажите основы номенклатуры для галогенопроизводных УВ.
5. Охарактеризуйте физические свойства галогенопроизводных УВ.
6. Перечислите способы получения галогенопроизводных УВ.
7. Напишите уравнения химических реакций, которые отражают способы получения галогенопроизводных УВ.
8. Укажите различия в способах получения галогенопроизводных при замещениях в кольце и боковой цепи ароматических углеводородов.
9. Перечислите химические свойства галогенопроизводных УВ (См. приложение 2).
10. Использование и применение галогенопроизводных УВ.

Лабораторная работа 7. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. ОКСИСОЕДИНЕНИЯ. СПИРТЫ (АЛКОГОЛИ)

Цель работы: знакомство со свойствами спиртов и реакциями их химических превращений.

Опыт 1. Обнаружение присутствия воды в спирте и его обезвоживание.

Реактивы и оборудование:
этанол (ректификат);
медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$;
крышечка от тигля;
пробирки;
спиртовка.

Ход работы.

На крышечку от тигля помещают немного медного купороса и прокаливают в пламени спиртовки до полного исчезновения голубой окраски. В пробирку помещают 3 мл этилового спирта и 1 г безводного сульфата меди и встряхивают при слабом нагревании. Белый порошок сернокислой меди окрашивается в голубой цвет. Образование кристаллогидрата $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ указывает на наличие воды в спирте. Безводный спирт используется для последующего опыта.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнения реакций прокаливания (обезвоживание) медного купороса и взаимодействия этилового спирта с безводным сульфатом меди. Сделайте вывод о наличии воды в спирте.

Опыт 2. Образование этилата натрия и его гидролиз.

Реактивы и оборудование:
этанол CH_3CH_2OH (безводный);
натрий металлический;
фенолфталеин (индикатор, 1%-й спиртовой р-р);
пробка с прямой газоотводной трубкой;
фарфоровая чашка;
пробирка;
спиртовка.

Ход работы.

В сухую пробирку с газоотводной трубкой наливают 2 мл абсолютного этилового спирта и аккуратно вносят пинцетом кусочек просушенного фильтром от керосина металлического натрия. Пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой. Через минуту после начала реакции поджигают выделяющийся водород у конца газоотводной трубки:

$$2CH_3{-}CH_2{-}OH + 2Na = 2CH_3{-}CH_2{-}ONa + H_2\uparrow$$

Когда весь натрий прореагирует, переливают жидкость в фарфоровую чашечку и выпаривают досуха на водяной бане. К полученному твердому алкоголяту прибавляют дистиллированной воды. Раствор испытывают красной лакмусовой бумагой, а затем приливают к нему несколько капель фенолфталеина.

Напишите уравнения получения этилата натрия и взаимодействия его с водой. Укажите окраску индикаторов и поясните.

$$CH_3{-}CH_2{-}ONa + H_2O \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}OH + NaOH$$

После прекращения реакция, несколько капель полученного раствора капают в пробирку с водой и прибавляют 1-2 капли фенолфталеина. Отмечают изменение окраски.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакций. Сделайте заключение. Назовите продукты реакций, укажите их цвет.

Опыт 3. Окисление этилового спирта дихроматом калия.

Реактивы и оборудование:

этанол CH_3CH_2OH;

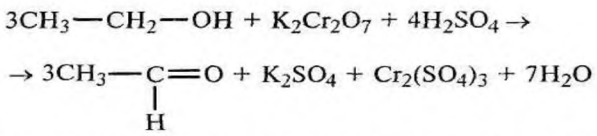
хромовая смесь ($K_2CrO_7 + H_2SO_4$);

пипетки;

пробирки.

Ход работы.

В пробирку наливают 1-2 мл хромовой смеси ($K_2CrO_7 + H_2SO_4$) и добавляют по каплям при встряхивании 0,5 мл этилового спирта. Полученный оранжевый раствор слегка нагревают над пламенем горелки до начала изменения цвета. Цвет смеси изменяется от оранжево-красного до зеленого. При этом ощущается запах уксусного альдегида, напоминающий запах зеленого яблока *(нюхать осторожно, направляя ладонью):*



Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Изменение окраски раствора связано с переходом хрома из степени окисления +6 (оранжево-красное окрашивание) в степень окисления +3 (зеленое окрашивание).

Опыт 4. Окисление этилового спирта окисью меди.

Реактивы и оборудование:

этанол CH_3CH_2OH;

медная проволока;

пробирка;

спиртовка.

Ход работы.

Медную проволоку, свернутую на конце, помещают в пламя горелки и нагревают до красного каления. Затем горячий конец опускают в пробирку с этиловым спиртом. Спирт вскипает и ощущается характерный запах уксусного альдегида. Конец проволоки становится светлым, происходит восстановление оксида меди до металлической меди.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта, назовите продукты.

Задания по теме

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:
   а) 3-метилгексанола-3; б) 2,3-диметилбутанола-2;
   в) 2-метилпентанола-1; г) 3,3,4-триметилгексанола
2. Какие из этих спиртов являются первичными?
3. Напишите структурные формулы всех изомерных спиртов с молекулярной формулой: а) $C_4H_{10}O$; б) $C_5H_{12}O$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.
4. Напишите структурные формулы всех изомерных спиртов с молекулярной формулой $C_7H_{16}O$ и длиной главной цепи – 6 атомов углерода. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

5. Напишите структурные формулы следующих веществ.

а) 2,3-диметил-3-этилгексанол-1;

б) 2,2,3,3-тетраметилгептанол-1;

в) 2,3,4-триметил-4-*изо*пропилгептанол-2;

г) 2-метил-3-*изо*пропил-4-этилгексанол-3;

д) 2-метил-4-*втор*бутилоктанол-3;

е) 2,3,3,5-тетраметил-4-*изо*пропилгексанол-2.

6. Напишите структурные формулы следующих соединений и назовите их: а) 2-метилпентанол-3; б) 3,5-диметилгексанол-3; в) 2,2,4-триметилпентанол-3; г) 2-метил-3-этилгексанол-3; д) бутен-3-ол-2; е) 2,2-диметил-3-этилгексанол-3; ж) 2-фенилбутанол-2; з) 1,3-дифенилпропанол-2.

7. Назовите спирты по систематической номенклатуре:

а) $HOCH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2OH$

б) $HOCH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

в) $HOCH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C(OH)}}-CH_2OH$

г) $HOCH_2-\underset{\displaystyle CH_2-CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2OH$

8. Гидратацией каких алкенов можно получить следующие спирты: а) изопропиловый; б) *трет*-бутиловый; в) изопентиловый; г) 2-метилпентанол-3, д) 3-метилгексанол-3?

9. Какие спирты можно получить при гидратации в кислой среде: а) 2-метилпропена; б) триметилэтилена; в) 3-метилпентена-1? Напишите уравнения реакций.

10. Приведите пример получения первичного спирта из галогеноалкана. По какому механизму протекает эта реакция?

11. Опишите механизм реакции пропанола-1 с хлороводородом. Объясните роль протона в этой реакции.

12. На примере бутанола-1 опишите механизм внутри- и межмолекулярной дегидратации. Назовите образующиеся продукты (См. приложение 3).

13. Осуществите следующие превращения:

пропан $\rightarrow$ пропилен-2 $\rightarrow$ хлорпропан $\rightarrow$ пропанол-2.

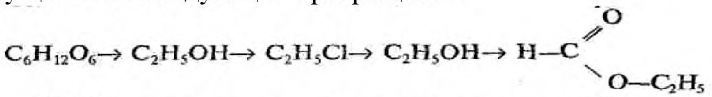
14. Составьте уравнения реакций дегидратации: а) бутанола-1; б) пентанола-2; в) 2-метилпентанола-1.

15. Напишите уравнения реакций получения пропиленгликоля: а) гидролизом 1, 2-дихлорпропана; б) окислением пропилена раствором $KMnO_4$.

16. Напишите уравнения реакций получения следующих простых эфиров: а) метилэтилового; б) этилпропилового; в) моноэтилового эфира этиленгликоля.

17. Напишите структурные формулы: а) *п*-гидрокситолуола; б) резорцина; в) пирогаллола; г) флороглюцина; д) α-нафтола; е) гидроксигидрохинона; ж) *п*-бромфенола.

18. Напишите уравнения реакций с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



19. Напишите уравнения химических реакций, характеризующих химические свойства: а) метанола; б) этанола; в) пропанола-1; г) пропанола-2.

20. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно получить: а) метанол; б) этанол; в) пропанол-1; г) пропанол-2.

21. Напишите уравнения реакций межмолекулярной дегидратации следующих смесей спиртов:

а) метанола и этанола; б) этанола и пропанола-1;
в) метанола и пропанола-1; г) этанола и пропанола-2;
д) 2,3-диметилбутанола-2 и пропанола-2.

22. Напишите формулы спиртов, при внутримолекулярной дегидратации которых образуются следующие алкены:

а) пропен; б) 2-метилбутен-1;
в) 2,2-диметил-3-этилпентен-1; г) 2,2-диметил-3-этилпентен-2.

23. Осуществите следующие превращения. Напишите уравнения химических реакций, укажите условия их протекания и назовите все вещества:

а) $C \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3CHO \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5Br \rightarrow C_4H_{10} - \underline{AlCl_3} \rightarrow \boldsymbol{A}$

б) $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow$ винилацетилен $\rightarrow$ хлоропрен $\rightarrow$ изопреновый каучук.

24. Осуществите следующие превращения. Напишите уравнения химических реакций, укажите условия их протекания и назовите все вещества.

а) бутан $-\underline{+Br_2,h\nu,(1\ моль)} \rightarrow \boldsymbol{A} -\underline{+NaOH(спирт)} \rightarrow \boldsymbol{Б} -\underline{+HCl} \rightarrow \boldsymbol{B} \rightarrow \underline{+NaOH(водн)} \rightarrow \boldsymbol{Г}$

б) пропан $-\underline{+Br_2,h\nu,(1\text{ моль})}\rightarrow$ ***А*** $-\underline{+NaOH(водн)}\rightarrow$ ***Б*** $-\underline{+CuO}\rightarrow$ ***В***;

в) метан $-\underline{t>1500^oC}\rightarrow$ ***А*** $-\underline{+1\text{моль } H_2}\rightarrow$ ***Б*** $-\underline{+H_2O}\rightarrow$ ***В*** $-\underline{+CH_3OH}\rightarrow$ ***Г.***

25. Осуществите следующие превращения. Напишите уравнения химических реакций, укажите условия их протекания и назовите все вещества:

а) метан → диэтиловый эфир; б) октан → метилпропанол-2;

в) углерод → этилацетат; г) карбид кальция → 2-хлорэтанол.

Контрольные вопросы

1. Какие соединения относят к спиртам? Их общая формула. Как классифицируются спирты. Приведите примеры.

2. Виды изомерии для спиртов. Примеры. Основы номенклатуры для спиртов.

3. Способы получения спиртов из природного сырья и лабораторными синтезами, напишите уравнения соответствующих химических реакций.

4. Укажите физические свойства спиртов. Какие свойства спиртов определяют их способность к ассоциации? Как отражается ассоциация спиртов на их физических свойствах (температуре кипения, растворимости)?

5. Опишите электронное строение молекул спиртов. Какая связь в молекулах алканолов является наиболее полярной? (См. приложение 2).

6. Перечислите химические свойства спиртов за счет наличия в молекуле группы – ОН и напишите соответствующие уравнения реакций и механизм.

7. Перечислите химические свойства спиртов за счет наличия водорода в гидроксильной группе спиртов и напишите уравнения соответствующих реакций.

8. Перечислите химические свойства спиртов за счет радикала и напишите уравнения соответствующих химических реакций. Механизм этих реакций.

9. Перечислите продукты окисления первичных, вторичных и третичных спиртов и напишите соответствующие химические реакции их продукты.

10. Укажите реакцию, позволяющую отличать одноатомные спирты от многоатомных, напишите уравнение реакции.

Лабораторная работа 8. МНОГОАТОМНЫЕ СПИРТЫ. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ

Цель работы: знакомство со свойствами многоатомных спиртов, простых эфиров и реакциями их химических превращений.

Опыт 1. Дегидратация глицерина.

Реактивы и посуда:

бисульфат калия или натрия ($KHSO_4$ или $NaHSO_4$);

глицерин $CH_2OH–CHOH–CH_2OH$;

пробирка;

спиртовка.

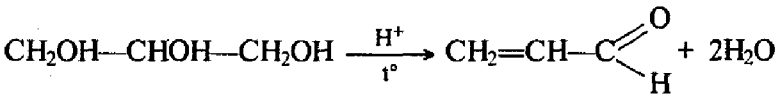
Ход работы.

В сухую пробирку помещают небольшое количество кристаллов бисульфата калия или натрия ($KHSO_4$ или $NaHSO_4$) и смачивают несколькими каплями глицерина. Нагревают на спиртовке в вытяжном шкафу до появления паров непредельного альдегида акролеина с характерным едким запахом.

Для акролеина характерен неприятный запах - запах пригорелого жира или «кухонный чад». Реакция используется для обнаружения глицерина.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение происходящей реакции:



акролеин

Опыт 2. Взаимодействие глицерина с гидроксидом меди в щелочном растворе.

Реактивы и посуда:

глицерин $CH_2OH–CHOH–CH_2OH$;

сульфат меди (II) $CuSO_4$ (2%-й р-р);

гидроксид натрия NaOH (10%-й р-р);

соляная кислота HCl (разб. р-р);

вода дистиллированная;

пробирка;

спиртовка.

Ход работы.

В пробирке получают гидроксид меди из сульфата меди с избытком гидроксида натрия.

$$CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

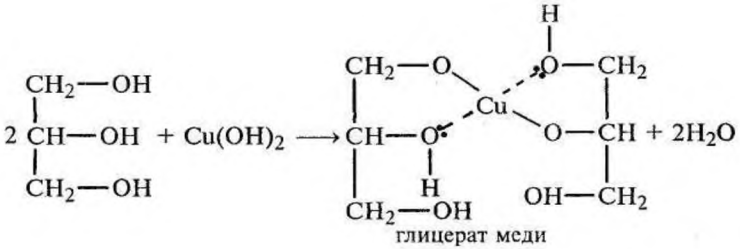
Сливают избыток жидкости с голубого осадка гидроксида меди (II). Суспензию взбалтывают с 2-3 мл воды и переносят в пробирку с раствором глицерина в воде (2-3 капли глицерина в 1 мл воды), образуется хорошо растворимый глицерат меди синего цвета.

При добавлении к полученному раствору избытка соляной кислоты наблюдается изменение окраски - разрушение глицерата меди.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции образования глицерата меди и его разрушения. Отметьте произошедшие изменения.

$$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$



глицерат меди

Опыт 3. **Получение простого диэтилового эфира.**

Реактивы и посуда:

смесь этилового спирта и серной кислоты(конц.) (1:1);

этиловый спирт;

пипетки,

прямые газоотводные трубки с оттянутыми концами,

пробирки.

Ход работы.

В сухую пробирку наливают 2-3 мл смеси этилового спирта и

концентрированной серной кислоты (1:1) и осторожно нагревают до начинающегося кипения. Затем горелку убирают и к горячей смеси по стенке пробирки добавляют пипеткой 5-10 капель этилового спирта.

$$CH_3—CH_2—OH + H_2SO_4 \rightarrow \underset{\text{этилсерная кислота}}{CH_3—CH_2—OSO_3H} + H_2O$$

$$CH_3—CH_2—OSO_3H + CH_3—CH_2—OH \xrightarrow{t} \rightarrow \underset{\text{диэтиловый эфир}}{CH_3—CH_2—O—CH_2—CH_3} + H_2SO_4$$

Образование диэтилового эфира обнаруживают по запаху. Потом пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой с оттянутым концом, осторожно ее нагревают и поджигают выделяющийся эфир.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите механизмы реакций образования этилсерной кислоты и диэтилового эфира (S_N2). Почему, в отличие от этилового спирта, диэтиловый эфир горит светящимся пламенем? Напишите уравнения реакций горения этилового спирта и диэтилового эфира и рассчитайте массовую долю (%) углерода в данных соединениях.

Задания по теме

1. Напишите структурные формулы изомерных многоатомных спиртов с молекулярной формулой: а) $C_3H_8O_2$; б) $C_4H_{10}O_2$; в) $C_4H_{10}O_3$; г) $C_5H_{12}O_2$; д) $C_5H_{12}O_3$. Назовите эти вещества.

2. Напишите структурные формулы следующих веществ:

а) 2,3,4-триметил-3-этилпентандиол-1,2;

б) 2,3,4-триметил-3-*изо*пропилгексантриол-1,2,4;

в) 2,2,5-триметил-4-*втор*бутилоктантриол-3,4,5.

3. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) этиленгликоля; б) глицерина.

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) этиленгликоль; б) глицерин; в) бутандиол-1,4.

5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) метан → этан → этиленгликоль $-\underline{Cu(OH)_2(свежеосажденный)} \rightarrow A$

б) пропан → пропен → 3-хлорпропен → 1,2,3-трихлорпропан → глицерин;

в) этиленгликоль → этаналь → этанол → этен →1,2-дихлорэтан → ацетилен → бензол → этилбензол.

6. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) карбид алюминия → этиленгликоль;

б) метан → ацетилен → пропин → глицерин → тринитроглицерин.

7. Назовите следующие соединения:

а) $(CH_3)_3C–O–C_2H_5$;

б) $(CH_3)_2CH–O–CH_2–CH(CH_3)_2$;

в) $C_6H_5–O–C_6H_5$.

8. Напишите структуру комплексной соли, образующейся при взаимодействии глицерина с гидроксидом меди (II) в щелочной среде.

9. В результате дегидратации пентандиола-1,5 образуется циклический эфир, называемый тетрагидропираном. Напишите схему этой реакции.

10. Составьте уравнение реакции этерификации уксусной кислоты с пропиловым и изопропиловым спиртами.

11. Составьте схему реакции гидролиза этилового эфира уксусной кислоты в щелочной среде.

12. Напишите уравнения реакций получения пропиленгликоля: а) гидролизом 1, 2-дихлорпропана; б) окислением пропилена раствором $KMnO_4$.

Контрольные вопросы

1. Что называют простыми эфирами? Их общая формула.

2. Охарактеризуйте изомерию и номенклатуру у простых эфиров.

3. Перечислите способы получения простых эфиров и напишите соответствующие уравнения реакций.

4. Укажите физические свойства простых эфиров.

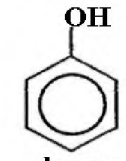
5. Перечислите химические свойства простых эфиров и напишите уравнения соответствующих химических реакций.

Лабораторная работа 9. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. ОКСИСОЕДИНЕНИЯ. ФЕНОЛЫ

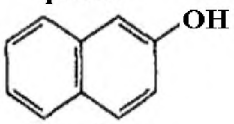
Цель работы: ознакомление со свойствами фенолов и реакциями их химических превращений.

Опыт 1. Получение фенолята натрия и его разложение.

Реактивы и посуда:
фенол или β-нафтол;
гидроксид натрия NaOH (10%-й р-р);
вода дистиллированная;
серная кислота H_2SO_4 (10%-й р-р) или
соляная кислота HCl (10%-й р-р);
пробирка;
спиртовка.



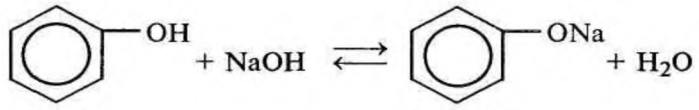
фенол



β-нафтол

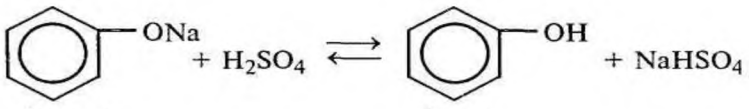
Ход работы.

К 2 мл смеси фенола с водой прибавляют по каплям при перемешивании 10%-ный раствор гидроксида натрия до полного растворения фенола:



фенол — фенолят натрия

К полученному раствору фенолята натрия по каплям приливают 10%-ный раствор серной кислоты. Отмечают помутнение раствора в результате разложения фенолята натрия серной кислотой и выделения малорастворимого в воде фенола:



фенолят натрия — фенол

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите реакции фенола со щелочью и разложения фенолята натрия кислотой. Почему раньше, не зная строение фенола, называли его карболовой кислотой?

Опыт 2. **Реакция фенолов с хлорным железом (III).**

Реактивы и посуда:

фенол (1%-й р-р);

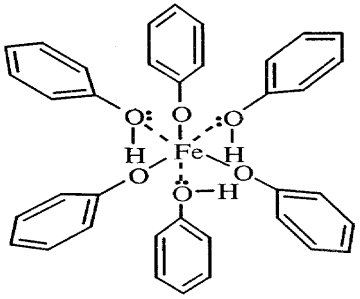
хлорид железа (III) $FeCl_3$(2%-й р-р);

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

В пробирку с 2-3 мл раствора фенола прибавляют 3-5 капель хлорида железа(III) $FeCl_3$, размешивают встряхиванием, при этом жидкость приобретает интенсивно фиолетовый цвет, из-за образования комплексного соединения фенолята железа(III)



Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите реакцию образования фенолята железа.

Опыт 3. Взаимодействие фенола с бромной водой (бромирование).

Реактивы и посуда:

фенол (5%-й р-р);

бромная вода $Br_2 + H_2O$;

пробирки;

спиртовка

Ход работы.

К 1-2 каплям раствора фенола приливают 2-3 мл бромной воды, в избытке. Выпадает белый хлопьевидный осадок 2,4,6-трибромфенола.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнения происшедшей реакции, вещества изображайте структурными формулами.

Опыт 4. Окисление фенола.

Реактивы и посуда:

фенол (5%-й р-р);

карбонат натрия Na_2CO_3 (5%-й р-р);

перманганат калия $KMnO_4$ (1%-й р-р);

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

В пробирку наливают 2 мл раствора фенола и 1-2 мл раствора карбоната натрия Na_2CO_3, затем по каплям добавляют 0,5 мл перманганата калия. Происходит быстрое исчезновение окраски перманганата.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Отметьте произошедшие изменения и легкую окисляемость фенола с образованием сложной смеси продуктов окисления.

Задания по теме

1. Напишите структурные формулы всех изомерных фенолов с молекулярной формулой: а) $C_6H_4(OH)_2$; б) $C_6H_3(OH)_3$; в) $C_7H_6(OH)_2$; г) $C_8H_8(OH)_2$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

2. Напишите структурные формулы следующих веществ:

а) 1,2-дигидрокситолуол;

б) 2-метил-3-гидроксифенол;

в)2-гидрокси-1,3,5-тринтробензол;

г) бензендиол-1,3;

д) бензентриол-1,2,3.

3. Сравните химические свойства:

а) фенола и бензола; б) фенола и метанола.

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) метан → бензол → толуол → *о*-гидрокситолуол (*о*-крезол);

б) этиленгликоль → фенол → фенолят натрия;

в) карбид алюминия → 2,4,6-тринитрофенол (пикриновая кислота);

г) ацетиленид серебра → фенолят натрия;

д) гексан → бензол → изопропилбензол (кумол) → фенол.

Укажите условия протекания реакций.

5. Напишите структуры изомерных нитрофенолов и назовите их по заместительной номенклатуре.

6. Какое соединение получится при сплавлении бензол-1,3-дисульфоновой кислоты с избытком гидроксида калия? Напишите схему реакции.

7. Какое из соединений – фенол или тимол – является более сильной кислотой и почему?

8. Напишите схему реакции феноксида калия с метилиодидом и назовите продукт. Опишите механизм реакции.

9. Напишите схему реакции сульфирования 4-гидроксибензолсульфоновой кислоты. Назовите полученный продукт.

10. Напишите схему реакции нитрования *п*-крезола.

11. Как классифицируются фенолы в зависимости от числа гидроксильных групп в молекуле?

12. Почему фенолы являются более сильными кислотами, чем спирты?

13. Расположите в ряд по убыванию кислотности фенол,

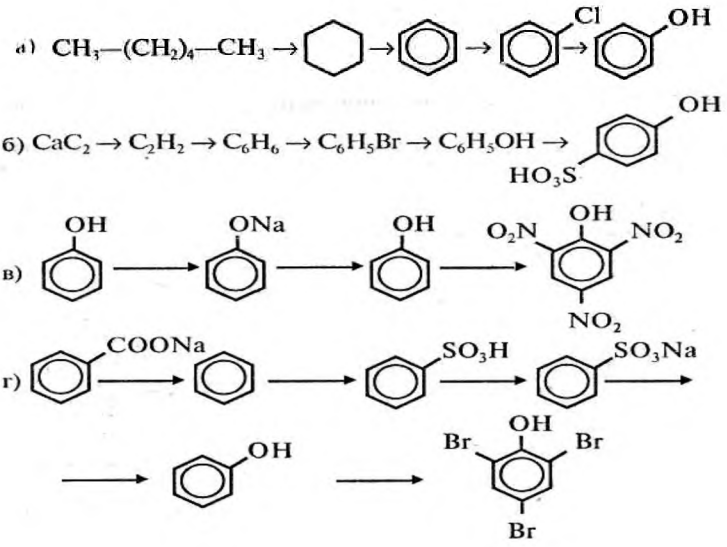
2-этилфенол и 2,4-дихлорофенол.

14. Какое из соединений – фенол или нитробензол – будет легче подвергаться хлорированию? Опишите механизм реакции хлорирования фенола.

15. Можно ли различить фенол и пирокатехин по качественной реакции с хлоридом железа (III)?

16. При помощи, каких химических реакций можно отличить друг от друга этиловый спирт, глицерин и фенол?

17. Напишите уравнения реакций следующих превращений:



Контрольные вопросы

1. Какие соединения называются фенолами?
2. Приведите классификацию фенолов и структурные формулы представителей каждого класса.
3. Охарактеризуйте изомеры у двух- и трехатомных фенолов.
4. Охарактеризуйте основы номенклатуры у замещенных фенолов.
5. Перечислите способы получения фенолов и напишите уравнения соответствующих химических реакций.
6. Укажите физические свойства фенолов.
7. Укажите реакцию, позволяющую отличить спирты от одноатомных фенолов.
8. Перечислите химические свойства фенолов и напишите соответствующие уравнения реакций.
9. Объясните, почему фенолы обладают кислотными свойствами.
10. Перечислите реакции электрофильного замещения в ядре фенолов и напишите уравнения соответствующих химических реакций (См. приложение 3).
11. Напишите реакцию окисления фенолов, назовите продукт реакции.
12. Напишите уравнение реакции образования фенолформальдегидных смол.
13. Укажите качественную реакцию на фенол.
14. Укажите, на чем основаны антисептические свойства фенолов.

Лабораторная работа 10. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. ОКСОСОЕДИНЕНИЯ. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

Цель работы: провести с представителями альдегидов и кетонов некоторые реакции их получения и химических превращений.

Опыт 1. Получение ацетона пиролизом ацетата кальция.

Реактивы и оборудование:

ацетат кальция $(CH_3COO)_2Ca$ (безводн.);

газоотводная трубка;

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

Для получения ацетона соберите установку как показано на рисунке 4. В сухую пробирку насыпают безводного ацетата кальция (высота слоя 3-4 см) и равномерно распределяют его по нижней ее стенке и укрепляют в лапке штатива. Конец газоотводной трубки помещают в приёмник –пробирку, содержащую 1,5-2 мл дистиллированной воды.

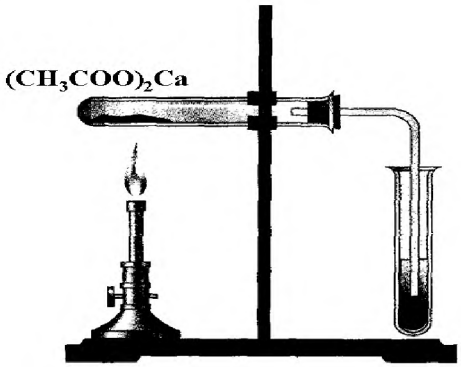
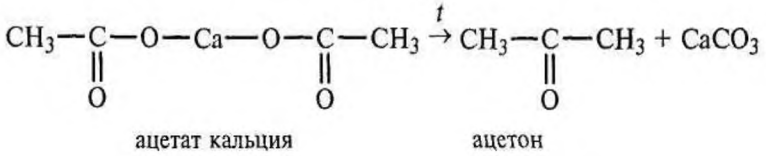


Рис.4. Установка для получения ацетона

Содержимое пробирки нагревают на спиртовке до тех пор, пока соль полностью не разложится (определяют по частичному обугливанию), а объём жидкости в пробирке – приёмнике не увеличится почти вдвое.

Соль плавится, а затем разлагается с образованием ацетона:



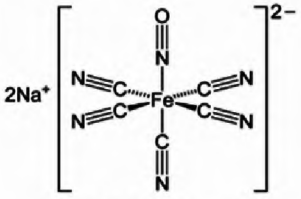
ацетат кальция ацетон

Пары ацетона отгоняют и растворяют в воде, находящейся в пробирке-приемнике. Ощущается характерный резкий запах ацетона. Отгон, имеющий желтоватую окраску, разливают на две пробирки и проводят с ним следующий опыт 2*А* и 2*Б*.

Опыт 2. Некоторые цветные реакции на альдегиды.

Реактивы и оборудование:

ацетон (метилэтилкетон), из опыта 1;
иод I_2 в иодиде калия KI (2%-й р-р);
гидроксид натрия NaOH (10%-й, 1 моль/л р-р).
нитропруссид натрия $Na_2[Fe(CN)_5NO]$ (0,5%-й р-р);



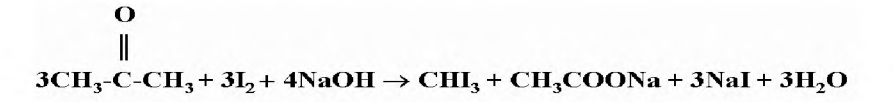
нитропруссид натрия

Ход работы.

***А*. Иодоформная реакция на ацетон (проба Либена).**

К 1 мл полученного в опыте 1 ацетона приливают 1 мл насыщенного раствора иода в иодиде калия и перемешивают при встряхивании. Затем добавляют раствор гидроксида натрия 1 моль/л до исчезновения окраски иода. Медленно без нагревания выпадает желтоватый осадок с характерным запахом иодоформа.

Реакция протекает по схеме:



иодоформ

Иодоформная проба на ацетон очень чувствительна (0,04%).

***Б*. Цветная реакция альдегидов и кетонов с нитропруссидом натрия.**

Ход работы.

К 1 мл полученного в опыте 1 ацетона приливают 1 мл раствора нитропруссида натрия $Na_2[Fe(CN)_5NO]$ и несколько капель гидроксида натрия. Содержимое пробирок тщательно перемешивают встряхиванием. Появляется красно-фиолетовое окрашивание, которое в реакции с ацетоном при стоянии переходит в желтое.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Эту реакцию дают и альдегиды. Напишите реакцию с ацетальдегидом.

Отметьте цвет и интенсивность окрашивания, при реакции с нитропруссидом натрия, более яркое окрашивание дают кетоны.

♦Ароматические карбонильные соединения, в которых карбонильная группа связана с незамещенным ароматическим ядром, не дают этой реакции.

Опыт 3. **Реакция окисления альдегидов.**

Реактивы и оборудование:

формалин, водный раствор формальдегида $H_2C{=}O$ (5%-й р-р);
нитрат серебра $AgNO_3$ (1%-й р-р)
гидроксид натрия NaOH (10%-й р-р);
гидроксид аммония (аммиак) NH_4OH (5%-й р-р);
сульфат меди(II) $CuSO_4$ (2%-й р-р);
водяная баня;
пробирки;
спиртовка.

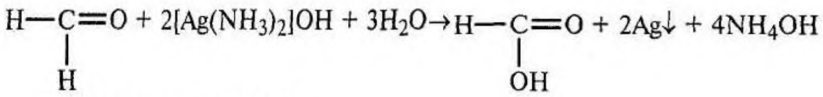
Ход работы.

А. **Окисление формальдегида гидроксидом диамминсеребра (реакция «серебряного зеркала»)**

Предварительно в химически чистой пробирке готовят раствор гидроксида диамминсеребра $[Ag(NH_3)_2]OH$: к 2-3 мл 1%-го раствора нитрата серебра $AgNO_3$ прибавляют по каплям при перемешивании 5% -й раствор аммиака NH_4OH до тех пор, пока образующийся сначала осадок оксида серебра (I) полностью не растворится.

$$AgNO_3 + NH_3 + H_2O \rightarrow AgOH + NH_4NO_3$$
$$2AgOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + H_2O$$
$$Ag_2O + 4NH_4OH \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH + 3H_2O$$

Затем к полученному раствору гидроксида диамминсеребра $[Ag(NH_3)_2]OH$ добавляют 3-5 капель 5%-го раствора формалина. Пробирку нагревают на водяной бане до образования металлического серебра в виде зеркала на стенках пробирки или черного осадка.



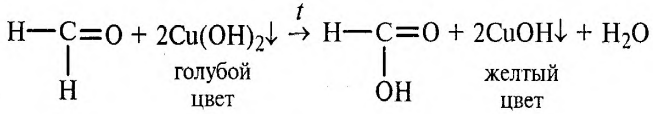
муравьиная кислота

***Б.* Окисление формальдегида гидроксидом меди(II)**

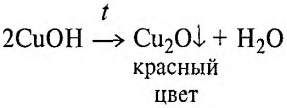
В пробирку с 1 мл формалина $H_2C{=}O$ (кетон) наливают 0,5 мл 10%-го раствора гидроксида натрия и перемешивают встряхиванием, добавляют по каплям раствор сульфата меди(II) $CuSO_4$ до появления неисчезающей взвеси.

$$CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

Пробирку нагревают до начала кипения. Голубой осадок гидроксида меди(II) при нагревании превращается желтый осадок гидроксида меди(I), переходящего затем в красный осадок оксида меди(I):



голубой цвет — желтый цвет



красный цвет

Формальдегид восстанавливают гидроксид меди(II) до металлической меди «медного зеркала».

Ацетон и другие кетоны не окисляются гидроксидом меди(II). Поэтому при нагревании гидроксид меди(II) дегидратируется с образованием черного осадка оксида меди(II):

$$Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CuO + H_2O$$

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции окисления гидроксида серебра и окисление формальдегида до муравьиной кислоты. Подберите коэффициенты. Напишите уравнение реакции окисления формальдегида гидроксидом меди(II) в муравьиную кислоту.

Опыт 4. Реакция ацетона с гидросульфитом натрия.

Реактивы и оборудование:

ацетон $CH_3–CO–CH_3$;

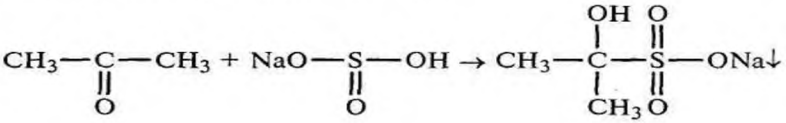
гидросульфит натрия $NaHSO_3$ (насыщ.р-р);

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

В пробирку наливают 2 мл ацетона и 3 мл раствора гидросульфита натрия. Раствор охлаждают в стакане со льдом и перемешивают палочкой до образования осадка (следует строго придерживаться указанных количеств реагентов и условий реакции). Если не выпадает осадок, то кристаллизацию вызывают, протирая стеклянную палочку о стенки пробирки.



Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнения реакций гидролиза гидросульфитного производного ацетона в кислой и щелочной среде.

Задания по теме

1. Напишите структурные формулы всех изомерных карбонильных соединений с молекулярной формулой: а) C_3H_6O; б) C_4H_8O; в) $C_5H_{10}O$. Назовите эти вещества по международной номенклатуре.

2. Назовите по систематической номенклатуре соединения, выраженные следующими формулами:

а) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2-CHO$; б) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-CHO$;

в) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CO-CH_3$; г) $CH_3-CH=CH-CH_2-CHO$.

3. Как получают уксусный и муравьиный альдегиды? Напишите соответствующие уравнения реакций.

4. Какие альдегиды и кетоны образуются при окислении следующих спиртов:

а) $CH_3-CH_2-CH_2OH$; б) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$;

в) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2OH$; г) $CH_3-CH(OH)-C_2H_5$?

5. Напишите структурные формулы следующих веществ: а) 2,2,4-триметилпентанон-3; б) 2,4-диметил-3-этилгексаналь; в) 3,3-диметил-4-*втор*бутилгептанон-2; г) 2,2-диметил-3-этил-4-*изо*бутилоктаналь; д) 2,2,4-триметил-3-изопропилпентаналь; е) 2,3,3-триметил-4-этилгептаналь; ж) 2,2,5-триметил-4-этилгептанон-3; з) 3,4-диметил-4-*трет*-бутилгексаналь.

6. Органическое вещество состава: а) C_3H_6O; б) $C_9H_{18}O$ не вступает в реакцию серебряного зеркала. При хлорировании этого вещества образуется единственный монохлорид. Назовите органическое вещество; напишите уравнения описанных реакций.

7. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) метаналя; б) этаналя; в) пропаналя; г) диметилпропаналя. Укажите условия протекания реакций.

8. Напишите уравнения реакций гидрирования следующих веществ: а) 2,2,3-триметилбутаналя; б) бутанона; в) 2,3-диметилпентаналя; г) 3,3-диметилгексанона-2. Назовите продукты реакций.

9. Восстановлением каких карбонильных соединений можно получить следующие вещества: а) пропанол-1; б) пропанол-2; в) 3,3-диметилпетанол-1; г) 3,4-диметилгептанол-2. Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

10. Напишите уравнения реакций окисления следующих веществ: а) 2,2,3-триметилбутаналя; б) 2,3,-диметил-3-этилпен-

таналя; в) 2,3,3,4-тетраметилгексаналя. Назовите полученные вещества.

11. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) метаналь; б) этаналь; в) пропаналь; г) пропанон. Укажите условия протекания реакций.

12. Напишите уравнения реакций гидратации, назовите продукты:

а) бутина-2; б) пентина-1;

в) 3-этилгексина-1; г) 4-метилпентина-1.

13. Гидролизом каких галогенпроизводных можно получить следующие вещества:

а) 3-метилбутаналь; б) метилбутанон;

в) 2,2,4,5-тетраметил-4-этилгептанон-3;

г) 2,2,4,5-тетраметил-4-этилоктаналь?

Напишите уравнения реакций, назовите исходные вещества.

14. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения.

а) $Al_4C_3 \rightarrow CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3{-}CHO \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH$;

б) $CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow CH_3{-}CHO \rightarrow \rightarrow CH_3{-}COOH \rightarrow CH_3COONa \rightarrow CH_4$;

в) $C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5CH_3 \rightarrow C_6H_5CH_2Cl \rightarrow C_6H_5CH_2OH \rightarrow \rightarrow C_6H_5CHO \rightarrow C_6H_5COOH \rightarrow C_6H_5COONa$;

Укажите условия протекания реакций и названия продуктов реакций.

15. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения.

а) пропан → 1-хлорпропан → пропанол-1 → пропаналь → пропанол-1;

б) пропан → пропен → 2-бромпропан → пропанол-2 → пропанон;

в) этаналь → этанол → этен → этин → 1,1-дибромэтан → этаналь;

г) пентанон-2 → пентаналь;

д) пентаналь → пентанон-2;

е) углерод → бензойный альдегид;

ж) пропаналь → 1,3,5-триметилбензол.

16. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Назовите продукты реакций.

а) C_2H_4 $-\underline{+H_2O}\rightarrow$ ***А*** $-\underline{+CuO,t}\rightarrow$ ***Б*** $-\underline{+Ag_2O}\rightarrow$ ***В*** $-\underline{+NaOH}\rightarrow$ ***Г*** $-\underline{+NaOH(тв),t}\rightarrow$ ***Д***;

б) $CH_3CH_2CH_2OH$ $-\underline{-H_2O}\rightarrow$ ***А*** $-\underline{+Cl_2}\rightarrow$ ***Б*** $-\underline{+2NaOH(спирт)}\rightarrow$ ***В*** $-\underline{+H_2O(Hg^{2+},H^+)}\rightarrow$ ***Г*** $-\underline{+Ag_2O}\rightarrow$ ***Д*** $-\underline{+CH_3OH}\rightarrow$ ***Е***;

в) этаноль $-\underline{+Ag_2O}\rightarrow$ ***А*** $-\underline{+CH_3OH}\rightarrow$ ***Б*** $-\underline{+H_2O}\rightarrow$ ***В*** $-\underline{+NaOH(р\text{-}р)}\rightarrow$ ***Г*** $-\underline{+NaOH(тв),t}\rightarrow$ ***Д***

Контрольные вопросы

1. Что называют оксосоединениями? Электронное строение оксогруппы (См. приложение 2).
2. Что называют альдегидами, кетонами? Их общая формула.
3. Приведите классификацию альдегидов.
4. Укажите виды изомерии для альдегидов. Приведите примеры.
5. Охарактеризуйте основы номенклатуры у альдегидов.
6. Укажите способы получения альдегидов и кетонов.
7. Напишите уравнение реакции М. Г. Кучерова.
8. Перечислите химические свойства альдегидов.
9. Перечислите химические свойства альдегидов за счет водорода альдегидной группы (реакции окисления) и напишите уравнения соответствующих химических реакций.
10. Перечислите химические свойства альдегидов за счет карбонильной группы и напишите соответствующие уравнения реакций.
11. Напишите реакции замещения в радикале альдегидов, укажите продукты реакций.
12. Охарактеризуйте механизмы реакций у тригонального атома углерода, характерные для альдегидов и кетонов (См. приложение 3).
13. Укажите зависимость нуклеофильного присоединения к тригональному атому углерода от электронных эффектов заместителей.
14. Охарактеризуйте различия в реакционной способности альдегидов и кетонов в реакциях нуклеофильного присоединения.
15. Укажите реакции альдольной конденсации и их значение в организме человека.

Лабораторная работа 11. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. КАРБОКСИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Цель работы: изучение с представителями карбоновых кислот некоторых реакций получения и химических свойств.

Опыт 1. Сравнение свойств уксусной и соляной кислот.

Реактивы и оборудование:

уксусная кислота CH_3COOH (ледяная);

соляная кислота HCl (конц.);

карбонат натрия Na_2CO_3 (10%-й р-р);

синяя лакмусовая бумага (индикатор, полоски);

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

Предварительно готовят две пробирки, в которые наливают по 2-3 капли, в одну – раствора соляной кислоты, а в другую – уксусной кислоты. Затем в каждую опускают полоску синей лакмусовой бумаги.

В обеих кислотах происходит одинаковое изменение окраски лакмуса с синей на розовую.

После этого в обе пробирки приливают по 1–2 мл 10%-го раствора карбоната натрия. Происходит вытеснение угольной кислоты, которая разлагается с выделением углекислого газа:

$$2CH_3–COOH + Na_2CO_3 \rightarrow 2CH_3–COONa + H_2CO_3$$
$$H_2CO_3 \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O$$

Выделение пузырьков газа указывает на наличие кислоты.

Более бурно углекислый газ выделяется в пробирке с раствором соляной кислоты.

♦В эту реакцию вступают сульфокислоты, ди- и тринитрофенолы, барбитуровая кислота и другие соединения.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакций, происходящих в пробирках, дайте названия продуктам реакций. Объясните различие скорости

этих реакций, приведя величины степени диссоциации обоих кислот. Напишите уравнения диссоциации кислот.

Опыт 2. Получение уксусной кислоты.

Реактивы и оборудование:

ацетат натрия CH_3COONa (насыщ. р-р);

серная кислота H_2SO_4 (конц.);

синяя лакмусовая бумага (индикатор, полоски);

газоотводные трубки с оттянутым концом;

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

Наливают в пробирку 2 мл насыщенного раствора ацетата натрия и прибавляют 1-2 капли концентрированной серной кислоты H_2SO_4. Нагревают на кипящей водяной бане. Обнаруживают выделяющиеся пары уксусной кислоты по запаху и по покраснению синей влажной лакмусовой бумажки, поднесенной к отверстию пробирки.

$$2CH_3–COONa + H_2SO_4(конц.) \xrightarrow{-t} 2CH_3COOH\uparrow + Na_2SO_4$$

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнения реакции. Отметьте произошедшие изменения.

Опыт 3. Получение этилацетата.

Реактивы и оборудование:

этанол CH_3CH_2OH;

уксусная кислота CH_3COOH (ледяная);

серная кислота H_2SO_4 (конц.);

хлорид натрия NaCl (насыщ. р-р);

обратный холодильник;

водяная баня;

спиртовка

Ход работы.

Наливают в пробирку 2 мл этилового спирта, 2 мл ледяной уксусной кислоты и 1 каплю концентрированной серной кислоты. Пробирку закрывают пробкой с обратным холодильником и, встряхивая, нагревают на водяной бане 5-10 минут. Раствор охлаждают.

Приливают 3-4 мл насыщенного раствора хлорида натрия. В процессе высаливания этилацетат всплывает, образуя слой бесцветной жидкости с приятным запахом.

$$CH_3{-}COOH + CH_3CH_2OH \overset{H_2SO_4}{\rightleftarrows} CH_3{-}CO{-}O{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O$$

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Рассмотрите механизм реакции этерификации. В чем заключается роль серной кислоты? Почему при добавлении избытка концентрированной серной кислоты сложный эфир карбоновой кислоты не образуется?

Задания по теме

1. Какие органические соединения называют карбоновыми кислотами? Как их классифицируют? Приведите примеры.

2. Приведите общую формулу гомологического ряда предельных одноосновных карбоновых кислот. Составьте структурные формулы изомерных карбоновых кислот, имеющих состав:
а) $C_5H_{10}O_2$; б) $C_6H_{12}O_2$.

3. Назовите по систематической номенклатуре кислоты, строение которых выражено следующими формулами:

а) $CH_3{-}C(CH_3)_2{-}(CH_2)_3{-}COOH$;

б) $CH_3{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}{-}CH_2{-}COOH$; в) $CH_3{-}CH(Cl){-}CH_2{-}CH(Cl){-}COOH$;

г) $CH_3{-}\overset{\displaystyle Cl}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}{-}CH_2{-}COOH$
$\quad\quad\quad

6. Какие кислоты образуются при окислении альдегидов: а) муравьиного; б) пропионового; в) масляного; г) изомасляного?

7. Рассчитайте, сколько ацетилена (при н. у.) потребуется для получения 110 кг уксусной кислоты.

8. Изобразите электронную формулу уксусной кислоты и поясните, как происходит перекрывание электронных орбиталей при образовании химических связей в карбоксильной группе.

9. Объясните взаимное влияние карбонильной и гидроксильной групп в молекуле карбоновой кислоты.

10. Как получают в промышленности муравьиную кислоту? Почему эту кислоту можно использовать в качестве восстановителя?

11. Какая кислота наиболее сильная:

а) CH_3–COOH; б) H–COOH; в) $ClCH_2$–COOH; г) CCl_3–COOH; д) HOOC–COOH?

12. Составьте уравнения реакций уксусной кислоты с: а) цинком; б) аммиаком; в) гидроксидом калия; г) оксидом кальция.

13. Как получить ангидриды и хлорангидриды уксусной и пропионовой кислот?

14. Какими химическими свойствами обладают непредельные одноосновные кислоты? Покажите это на примере акриловой кислоты.

15. Как получают высшие кислоты? Приведите примеры предельных и непредельных высших кислот. Какими свойствами они обладают?

16. Какие вы знаете непредельные высшие кислоты? Где они встречаются? С помощью каких реакций можно доказать, что олеиновая кислота содержит двойную связь в радикале?

17. Дополните схему превращений и назовите продукт С:

$$CH_3{-}CH{=}CH_2 \xrightarrow{HCl} A \xrightarrow{KCN} B \xrightarrow{H_2O(H^+)} C$$

Контрольные вопросы

1. Какие соединения называют карбоновыми кислотами? Их общая формула.

2. Приведите классификацию карбоновых кислот. Напишите структурные формулы представителя каждого класса.

3. Охарактеризуйте электронное строение карбоксильной группы (См. приложение 2).

4. Укажите виды изомерии у карбоновых кислот.

5. Перечислите способы получения карбоновых кислот из природных источников сырья. Приведите соответствующие уравнения химических реакций.

6. Перечислите способы получения карбоновых кислот лабораторными методами и напишите соответствующие уравнения химических реакций.

7. Укажите физические свойства карбоновых кислот.

8. Перечислите химические свойства карбоновых кислот, обусловленные наличием водорода в карбоксильной группе и напишите соответствующие уравнения химических реакций.

9. Перечислите химические свойства карбоновых кислот, обусловленные наличием гидроксильной группы в карбоксильной и напишите соответствующие уравнения химических реакций.

10. Перечислите химические свойства карбоновых кислот, обусловленные участием радикала и напишите соответствующие уравнения химических реакций.

11. Напишите уравнения реакции восстановления карбоновых кислот и укажите особенности ее протекания.

12. Укажите, какой вид изомерии свойственен только для ненасыщенных карбоновых кислот, приведите примеры.

13. Укажите особенности в химических свойствах муравьиной кислоты в сравнении с остальными карбоновыми кислотами.

14. Приведите структурные формулы двухосновных карбоновых кислот, укажите их биологическое значение.

15. Охарактеризуйте способы получения дикарбоновых кислот.

16. Охарактеризуйте специфические химические свойства двухосновных карбоновых кислот.

Лабораторная работа 12. КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. КАРБОКСИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. ПРОИЗВОДНЫЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Цель работы: изучение с представителями производных карбоновых кислот некоторых реакций получения и химических свойств.

Опыт 1. Декарбоксилирование щавелевой кислоты при нагревании.

Реактивы и оборудование:

щавелевая кислота $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ (крист.),

известковая вода $Ca(OH)_2$;

изогнутая газоотводная трубка;

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

В сухую пробирку вносят ~1 г щавелевой кислоты. Пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой, конец которой опускают в пробирку с известковой водой, и нагревают. При нагревании щавелевая кислота декарбоксилируется. Выделяющийся оксид углерода(IV) обнаруживают по помутнению известковой воды.

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} \xrightarrow{t} H{-}COOH + CO_2\uparrow$$

муравьиная кислота

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$$

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Отметьте произошедшие изменения.

Расположите исследованные кислоты в ряд по возрастанию степени кислотности.

Опыт 2. Свойства олеиновой кислоты.

Реактивы и оборудование:

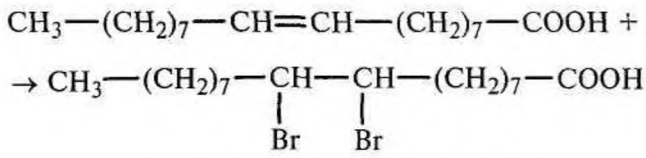
олеиновая кислота $CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$;

перманганат калия $KMnO_4$ (2%-й р-р);

карбонат натрия Na_2CO_3 (10%-й р-р);
бромная вода $Br_2 + H_2O$ (насыщенная);
пробирки;
спиртовка.
Ход работы.

***А.* Взаимодействие олеиновой кислоты с бромной водой.**

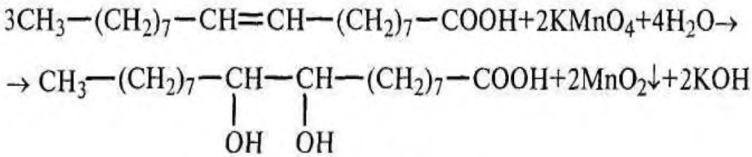
В пробирку наливают 1 мл бромной воды и 1 мл олеиновой кислоты. Смесь перемешивают встряхиванием. Происходит обесцвечивание бромной воды вследствие присоединения молекул брома по двойной связи.



дибромстеариновая кислота

***Б.* Окисление олеиновой кислоты перманганатом калия (реакция Вагнера).**

Наливают в пробирку 1,5 мл 2%-го раствора перманганата калия $KMnO_4$, прибавляют 1,5 мл 10%-го раствора карбоната натрия и 0,5 мл олеиновой кислоты. Полученную смесь несколько раз перемешивают встряхиванием. Фиолетовая окраска перманганата калия переходит в бурую и выпадает осадок оксида марганца (IV):



диоксистеариновая кислота

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции. Укажите внешний эффект реакции.

Опыт 3. Образование фталевого ангидрида.

Реактивы и оборудование:

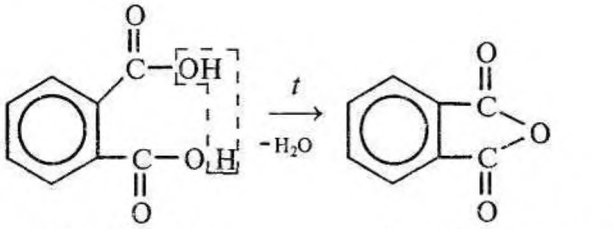
фталевая кислота (крист.);

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

В сухую пробирку помещают 0,5 г фталевой кислоты и нагревают на небольшом пламени спиртовки. При этом образуется фталевый ангидрид, который возгоняется и оседает на холодных стенках пробирки в виде белых кристаллов:



фталевая кислота фталевый ангидрид

Составьте отчет, указав в нем: наблюдения и вывод о проделанной работе. Напишите уравнение реакции. Укажите внешний эффект реакции.

Задания по теме

1. Опишите механизм кислотного гидролиза этилбензоата.
2. В лаборатории имеется пропанамид. Пользуясь рис. 6, предложите оптимальную схему получения из него:
а) этилпропаноата; б) фенилпропаноата.
3. Напишите уравнения реакций получения хлорангидрида масляной кислоты тремя способами.
4. Напишите уравнения реакций образования хлорангидрида и амида изомасляной кислоты тремя способами.
5. Напишите уравнение реакции бутирилхлорида с ацетатом натрия. Назовите полученное соединение.
6. Пользуясь рис. 6, предложите различные варианты получения N-метилбутанамида из бутановой кислоты.

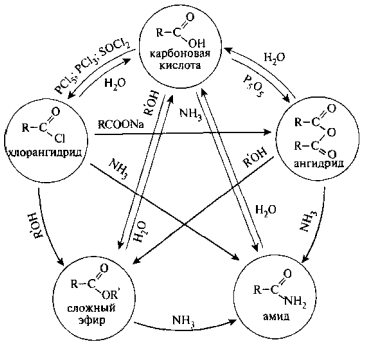


Рис 6. Важнейшие реакции функциональных производных карбоновых кислот

7. Какое соединение образуется, если на пропионовую кислоту подействовать хлоридом фосфора (V) и полученное вещество обработать аммиаком?

8. Какими способами можно получить бензоилхлорид? Напишите уравнения реакций.

9. Напишите уравнения реакций, протекающих при действии PCl_5 на следующие кислоты: *а)* щавелевая; *б)* янтарная. Назовите образующиеся соединения.

10. Напишите уравнения реакций между следующими веществами: а) пропионовая кислота и хлорид фосфора (V); *б)* масляная кислота и бромид фосфора (III); *в)* изомасляная кислота и тионилхлорид; *г)* валериановая кислота и оксалилхлорид. Назовите образующиеся соединения.

11. Напишите уравнения реакций между следующими веществами: *а)* бутирилхлорид и метанол; б) пропионилбромид и пропанол-1; *в)* хлорангидрид валериановой кислоты и изопропиловый спирт. Назовите образующиеся соединения.

12. Какие превращения называют реакциями ацилирования? Напишите уравнения реакций между веществами: *а)* вода и пропионилхлорид; б) этиловый спирт и бутирилхлорид; в) аммиак и бензоилхлорид; *г)* бензол и ацетилхлорид (в присутствии $AlCl_3$). Назовите образующиеся соединения.

13. Напишите для хлорангидрида изомасляной кислоты уравнения реакций: а) гидролиза; *б)* алкоголиза; *в)* аммонолиза. Назовите образующиеся соединения.

14. Какие соединения образуются: *а*) при взаимодействии пропионилхлорида и пропионата натрия; *б)* при нагревании аммониевой соли масляной кислоты; *в)* при сухой перегонке кальциевой соли изомасляной кислоты? Напишите уравнения реакций.

15. Напишите уравнение реакции пропионового ангидрида с изопропиловым спиртом. Назовите образующееся соединение.

16. Напишите уравнения реакций гидролиза ангидридов: *а)* масляного; *б)* изомасляного; *в)* валерианового; *г)* смешанного ангидрида уксусной и пропионовой кислот. Назовите образующиеся соединения.

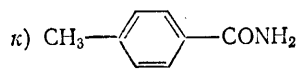
17. Напишите уравнения реакций между следующими веществами: *а)* пропионовый ангидрид и этиловый спирт; *б)* масляный ангидрид и метанол; *в)* валериановый ангидрид и пропанол-2. Назовите образующиеся соединения.

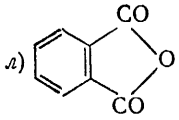
18. Напишите уравнения реакций получения из акрилонитрила следующих соединений и назовите эти соединения:

а) $ClCH_2–CH_2–CN$
б) $H_2N–CH_2–CH_2–CN$
д) $NC–CH_2–CH_2–C = C–CH_2–CH_2–CN$
в) $CH_3O–CH_2–CH_2–CN$
г) $NC–CH_2–CH_2–CH_2–CHO$
е) $C_6H_5–NH–CH_2–CH_2–CN$

19. Назовите следующие соединения:

а) $CH_3–CHCl–COOH$
б) $CH_3–CH_2–COOC_2H_5$
в) $HCOO–CH(CH_3)_2$
г) $CH_3–CH_2–COCl$
д) $(CH_3)_2CH–CH_2–CONH_2$
е) $(CH_3)_2CH–CN$
ж) $CH_3–CH=CH–COCl$
з) $CH_3–COO–CH=CH_2$
и) $Cl–CH_2–CH_2–CH_2–COOH$

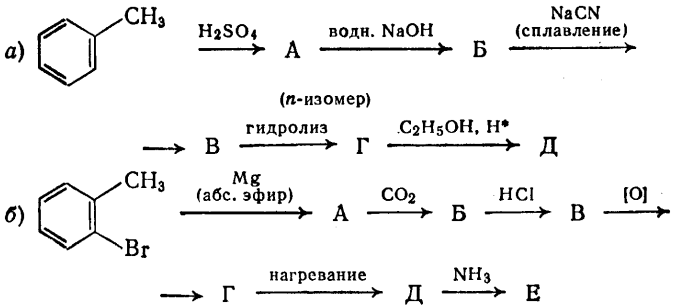
к) 

л) 

20. Напишите структурные формулы и назовите другими способами: *а)* этиловый эфир метакриловой кислоты; *б)* амид 2-метилпропионовой кислоты; *в)* нитрил пропеновой кислоты; *г)* метиловый эфир *м*-хлор-бензойной кислоты; *д)* оксалат кальция; *е)* диэтиловый эфир малоновой кислоты; *ж)* диметиловый эфир терефталевой кислоты; *з)* ангидрид янтарной кислоты.

21. Напишите структурные формулы: *а)* кальциевой соли пропионовой кислоты; *б)* ангидрида изовалериановой кислоты; в) пропилового эфира валериановой кислоты; *г)* винилацетата; *д)* акрилонитрила; *е)* α-бромкротоновой кислоты; *ж)* хлорангидрида бензойной кислоты; з) бензилового эфира бензойной кислоты; *и)* амида глутаровой кислоты; *к)* дибутилового эфира фталевой кислоты.

22. Какие вещества образуются в приведенных ниже схемах? Назовите полученные соединения.



23. Напишите формулы сложных эфиров, изомерных по составу масляной кислоте, и назовите их.

24. Напишите структурные формулы всех непредельных ациклических сложных эфиров состава $C_4H_6O_2$.

25. Как осуществить следующие превращения;

а) $C_6H_6 \rightarrow C_6H_5CONH_2$ *б)* $C_6H_5{-}CH_3 \rightarrow C_6H_5COOC_2H_5$

Контрольные вопросы

1. Как называют органические соединения, содержащие в молекулах несколько функциональных групп? Приведите примеры таких соединений.
2. Что называют оксикислотами? Напишите их общую формулу.
3. Приведите классификацию оксикислот и напишите структурные формулы представителей каждого класса.
4. Что называют амидами кислот? Их общая формула.
5. Приведите классификацию амидов кислот и напишите структурную формулу представителя каждого класса.
6. Перечислите способы получения амидов кислот и напишите соответствующие уравнения химических реакций.
7. Укажите физические свойства амидов кислот.

8. Укажите основы номенклатуры амидов кислот.
9. Перечислите химические свойства амидов кислот и напишите уравнения соответствующих химических реакций.
10. Что называют фенолокислотами? Их общая формула.
11. Охарактеризуйте способы получения фенолокислот. Напишите уравнения реакций.
12. Охарактеризуйте химические свойства фенолокислот и приведите соответствующие уравнения реакций.
13. Какие вещества называют гидроксикислотами? Как их получают?
14. Какими свойствами обладают гидроксикислоты? Приведите примеры химических превращений молочной кислоты.
15. В чем состоит изомерия гидроксикислот? Напишите формулы изомеров гидроксикислот с четырьмя углеродными атомами в молекулах.
16. Как по продуктам дегидратации (при нагревании) гидроксикислот различить исходные α-, β-, γ-гидроксикислоты?
17. Какие органические соединения называют амидами? Почему амиды обладают очень слабыми основными свойствами?
18. Что называют фенолокислотами? Их общая формула.
19. Охарактеризуйте способы получения фенолокислот. Напишите уравнения реакций.
20. Охарактеризуйте химические свойства фенолокислот и приведите соответствующие уравнения реакций.

Лабораторная работа 13. ЛИПИДЫ. МЫЛА

Цель работы: проведение с различными представителями жиров и масел экспериментального исследования физико-химических свойств данного класса веществ.

Опыт 1. Растворимость жиров и масел в органических растворителях. эмульгирование.

Реактивы и оборудование:

подсолнечное масло (нерафинированное);
свиной жир;
этанол CH_3CH_2OH;
бензин;
вода дистиллированная;
мыло (1%-й р-р)
обратные холодильники;
водяная баня;
пробирки;
спиртовка.

Ход работы.

В четыре пробирки вносят по 2-3 капли подсолнечного масла, а затем добавляют по 2 мл: в первую – бензин, во вторую – этиловый спирт, в третью – дистиллированную воду, в четвертую – 1%-й раствор мыла. Содержимое пробирок размешивают энергичным встряхиванием.

Растительное масло в бензине хорошо растворилось, ограниченно растворилось в этиловом спирте.

В пробирке с водой масло дробится на мелкие капельки, образующие мутную жидкость – неустойчивую эмульсию. Капельки масла сливаются в более крупные капли, которые всплывают к верху. Пробирку с эмульсией закрывают пробкой с обратным холодильником, нагревают на водяной бане до кипения и размешивают встряхиванием.

Растворимость растительного масла в воде при нагревании увеличивается.

В четвертой пробирке образуется молочно-белая эмульсия, которая не расслаивается.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Объясните способность мыла эмульгировать жиры (на основе строения мыла: гидрофобной и гидрофильной частей молекулы).

Отметьте образование эмульсий и их устойчивость (таблица 1).

Опыт повторяют, но вместо растительного масла в пробирки вносят небольшое количество свиного жира.

Таблица 1

Растворимость жиров в различных растворителях

Характер растворимости				
Липиды	Растворители			
	бензин	этанол	вода дистиллированная	раствор мыла
масло				
жир				

♦ *Эмульгированием* называют приготовление устойчивых и высокодисперсных эмульсий.

♦ *Эмульсия* – это дисперсная система, состоящая из двух не растворяющихся друг в друге жидкостей, одна из которых (дисперсная фаза) распределена в другой (дисперсионная среда)

Опыт 2. Гидролиз (омыление) жира.

Реактивы и оборудование:

жир

этанол CH_3CH_2OH;

гидроксид натрия NaOH (30%-й р-р);

хлорид натрия NaCl (насыщ. р-р);

сернокислая медь (3%-й р-р);

стакан термостойкий или фарфоровая чашка;

стеклянная палочка;

спиртовка.

Ход работы.

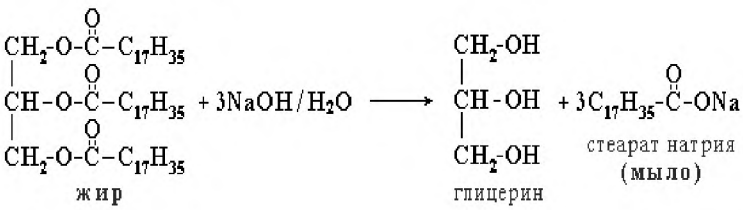
Помещают в пробирку 1мл растительного масла, 1 мл этанола и 1 мл 35%-го раствора гидроксида натрия NaOH. Нагревают на водяной бане и постоянно перемешивают стеклянной палочкой до однородной массы.

Омыление протекает при слабом кипячении в течение 5-7 минут. Гидролиз жира можно считать законченным, если несколько

капель гидролизата (белого цвета), внесенные в пробирку, будут полностью растворяться в дистиллированной воде (без выделения капелек масла). Полное растворение пробы свидетельствует о том, что нерастворимое в воде масло полностью гидролизовано с образованием растворимых в воде глицерина и солей высших жирных кислот. Для выделения мыла из водно-спиртового раствора добавляют насыщенный горячий раствор хлорида натрия NaCl (**высаливание** мыла) так, чтобы слой мыла поднялся в горлышко колбы. После расслаивания охлаждают раствор и снимают верхний слой мыла.

♦ *Высаливанием* называют выделение вещества из раствора путем введения в раствор другого хорошо растворимого вещества. При этом высаливаемое вещество выделяется в виде твердого осадка или новой жидкой фазы.

Примерный ход реакции:



жир — глицерин — стеарат натрия (мыло)

Полученное мыло используют для последующих реакций.

Жидкость после извлечения мыла исследуют на наличие глицерина.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции гидролиза жира, образования мыла (соли высших карбоновых кислот) и реакцию взаимодействия глицерина с гидроксидом меди.

Опыт 3. Выделение свободных жирных кислот из мыла.

Реактивы и оборудование:

мыло (р-р);

серная кислота H_2SO_4 (25%-й р-р);

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

В пробирку с 2 мл раствора мыла добавляют 1 каплю $NaHSO_4$. Немедленно выпадает белый хлопьевидный маслянистый осадок свободных жирных кислот малыми порциями серную кислоту (6-8 мл) до кислой среды по синей лакмусовой бумаге. Немного нагревают на водяной бане. Когда жирные кислоты всплывают, их отделяют от жидкости.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции выделения жирных кислот. Отметьте произошедшие изменения

Опыт 4. Обнаружение высших карбоновых кислот в мыле.

Реактивы и оборудование:

подсолнечное масло (нерафинированное);

этанол CH_3CH_2OH;

хлорид кальция $CaCl_2$ (р-р);

гидросульфат калия $KHSO_4$ (крист.);

пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

Присутствие высших карбоновых кислот в мыле доказывают, переводя их в нерастворимые соли кальция.

Наливают в пробирку 2-3 мл концентрированного раствора мыла (кусочек полученного мыла растворяют в 2-3 мл H_2O дистил. и подогревают) и добавляют 2-3 мл хлорида кальция. Содержимое пробирок размешивают энергичным встряхиванием. Немедленно выпадет белый осадок нерастворимых в воде кальциевых солей жирных кислот.

$$2C_{17}H_{35}COONa + CaCl_2 \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2Ca\downarrow + 2NaCl$$

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите схему реакции, используя для обозначения мыла формулу стеарата натрия. При добавлении к мылу раствора хлорида кальция получаются нерастворимые соли кальция.

Опыт 5. Обнаружение глицерина в составе жиров.

Реактивы и оборудование:

жир;

гидросульфат калия $KHSO_4$ (крист.);

воск;

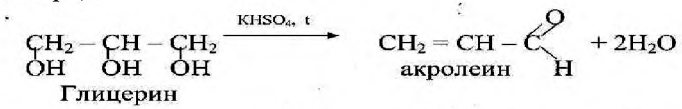
пробирки;

спиртовка.

Наличие глицерина в составе жиров доказывают акролеиновой пробой.

Ход работы.

В пробирку помещают 1-2 капли жира, прибавляют несколько кристаллов гидросульфата калия $KHSO_4$ и нагревают на спиртовке до появления белых густых паров. Глицерин теряет воду и переходит в непредельный альдегид акролеин, обнаруживаемый по специфическому раздражающему запаху (запах пригорелого жира).



Вещество, не имеющее глицеринового остатка, например, воск, акролеин не выделяет.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнения реакций гидролиза трипальмитина и образования акролеина из полученного глицерина.

Повторите опыт с воском.

Задания по теме

1. Какие органические соединения называют жирами? Почему жиры бывают твердыми и жидкими?

2. Какое количество жира понадобится для получения 6,2 кг глицерина, если принять, что жир представляет собой чистый триолеин и что при омылении удалось расщепить только 82% жира?

3. Что такое высыхающие масла и чем они отличаются от невысыхающих? Как вы думаете, при высыхании масло, нане-

сенное на поверхность, будет уменьшаться по весу или, наоборот, увеличиваться?

4. Составьте структурные формулы жиров, в образовании которых принимают участие: а) пальмитиновая кислота; б) пальмитиновая, олеиновая и масляная кислоты; в) олеиновая кислота. Какой из этих жиров будет более непредельным?

5. С какой целью осуществляют в промышленности процесс гидрирования жиров? Какой продукт называют маргарином? Как его получают?

6. Чем отличаются воски от жиров?

7. Почему маргарин полезнее сливочного масла?

8. Что происходит при прогоркании жира? При соблюдении одинаковых условий, какой из жиров будет легче подвергаться этому процессу: а) содержащий триглицериды предельных кислот; б) содержащий триглицериды непредельных кислот?

9. Почему жиры называют триглицеридами или триацил-глицеринами?

10. Что такое воски? Чем они отличаются от жиров?

11. Что такое мыло? Расскажите о строении молекулы мыла. Как ориентируется эта молекула на поверхности границы вода – воздух? Почему мыло помогает очищать поверхность предмета от загрязнений?

12. Почему водный раствор мыла имеет щелочную реакцию? Почему обычное мыло плохо мылится в морской воде?

13. Какие вы знаете непредельные высшие кислоты? Где они встречаются? С помощью каких реакций можно доказать, что олеиновая кислота содержит двойную связь в радикале?

14. Дополните схему превращений и назовите продукт С

$$CH_3{-}CH{=}CH_2 \xrightarrow{HCl} A \xrightarrow{KCN} B \xrightarrow{H_2O(H^+)} C$$

15. Как получить ангидриды и хлорангидриды уксусной и пропионовой кислот?

Контрольные вопросы

1. Что называют жирами? Их общая формула.

2. Напишите структурные формулы пальмитиновой, стеариновой, олеиновой, линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот.

3. Укажите особенности высших жирных кислот, входящих в ТАГ тканей организма человека.

4. Напишите структурные формулы $C_{17}H_{33}COOH$ в *цис*- и *транс*-формах. Укажите названия ВЖК, их общие химические свойства и различия в физических свойствах.

5. Приведите классификацию липидов и напишите структурные формулы представителей каждого класса.

6. Укажите физические свойства жиров.

7. Что называют маслами? Приведите примеры.

8. Перечислите химические свойства жиров и напишите соответствующие уравнения реакций.

9. Что называют гидролизом жиров? Приведите уравнения химических реакций кислотного, щелочного и ферментативного гидролиза.

10. Что называют прогорканием жиров? Назовите конечные продукты прогоркания.

11. Укажите, как определяют подлинность жиров.

12. Укажите, о чем свидетельствует температура плавления жиров.

13. Что называют иодным числом? О чем оно свидетельствует?

14. Что называют кислотным числом? О чем оно свидетельствует?

15. Что называют числом омыления? О чем оно свидетельствует?

16. Что называют твинами?

17. Охарактеризуйте биологическое значение жиров (липидов).

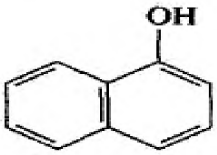
Лабораторная работа 14. УГЛЕВОДЫ. МОНОСАХАРИДЫ

Цель работы: экспериментальное изучение свойств и реакций функциональных групп, имеющихся в составе моносахаридов.

Опыт 1. Качественная реакция на углеводы (реакция Молиша).

Реактивы и оборудование:

углеводы: глюкоза, фруктоза, сахароза, крахмал (конц. р-ры);
α-нафтол спиртовой (10% р-р);
серная кислота H_2SO_4 (конц.р-р);
пипетки;
пробирки.



α-нафтол

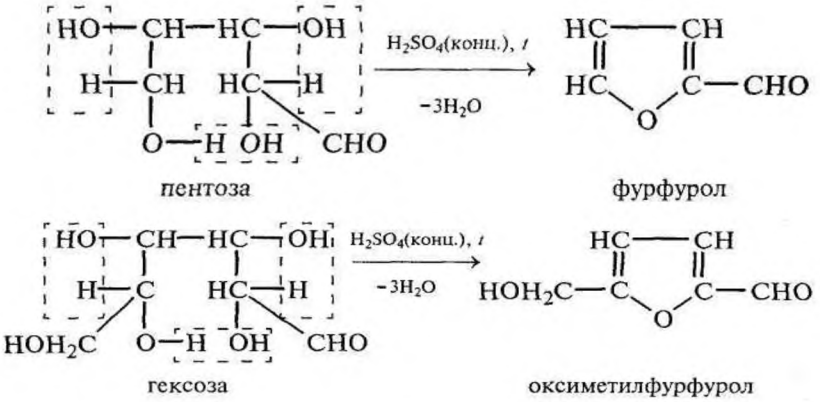
Ход работы.

В четыре пробирки наливают по 1 мл растворов углеводов: в первую – глюкозы, во вторую – фруктозы, в третью – сахарозы, в четвертую – крахмала. В каждую добавляют по 2 капли раствора α-нафтола (смесь слегка мутнеет). Затем, наклоняя пробирку, по стенке осторожно из пипетки приливают по 1-1,5 мл концентрированной серной кислоты. Кислота опускается на дно пробирки, почти не смешиваясь с реакционной смесью. На границе двух слоев образуется красно-фиолетовое кольцо. При взбалтывании смесь разогревается и окрашивается по всему объему.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Красно-фиолетовое окрашивание связано с разложением углеводов концентрированной серной кислотой, при котором образуются фурфурол и его производные. Они в сою очередь конденсируются с α-нафтолом и образуют окрашенные соединения.

Схема образования фурфурола и оксиметилфурфурола:



Опыт 2. Окисление глюкозы гидроксидом меди (II) (реакция на наличие гидроксильных групп).

Реактивы и оборудование:

глюкоза (1%-й р-р);

гидроксид натрия NaOH (10%-й р-р);

серная кислота H_2SO_4 (25%-й р-р);

сульфат меди(II) $CuSO_4$ (5%-й р-р);

пробирки;

водяная баня.

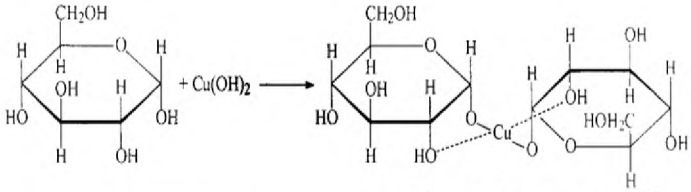
Реакция окисления гидроксидом меди (II) характерна как для альдоз (глюкоза), так и для кетоз (фруктоза). Это связано с тем, что в щелочной среде в присутствии окислителя углеродные цепочки молекул моносахаридов расщепляются с образованием смеси веществ, которые легко окисляются гидроксидом меди (II) с образованием красного осадка оксида меди (I).

Ход работы

А. **Получение раствора глюконата меди (II).**

Наливают в пробирку 2 мл 3% раствора глюкозы, прибавляют 2 мл раствора NaOH и 3-4 капли раствора $CuSO_4$. Перемешивают взбалтыванием. Образующийся в начале осадок гидроксида меди (II) $Cu(OH)_2$ немедленно растворяется и получается прозрачный раствор глюконата меди с ярко-синей окраской.

$$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$



α-*D*-глюкопираноза

α-*D*-люконат меди (II) ярко-синий

Растворение гидроксида меди (II) $Cu(OH)_2$ указывает на наличие в глюкозе нескольких гидроксильных групп, расположенных рядом.

***Б.* Реакция Троммера.**

В пробирку с синим раствором глюконата меди(II), из части *А*, добавляют 0,5 мл воды, встряхивают содержимое и помещают в кипящую водяную баню.

Через несколько секунд реакционная смесь меняет свой синий цвет на оранжево-желтый, так как образуется гидроксид меди(I) CuOH:

$$2Cu(OH)_2 \rightarrow O_2 + H_2O + 2CuOH \text{ (оранжево-желтый)}$$

При несколько большем содержании гидроксида натрия NaOH или более продолжительном нагревании гидроксид меди(I) может выделить воду с образованием желто-красного осадка оксида меди(I) Cu_2O:

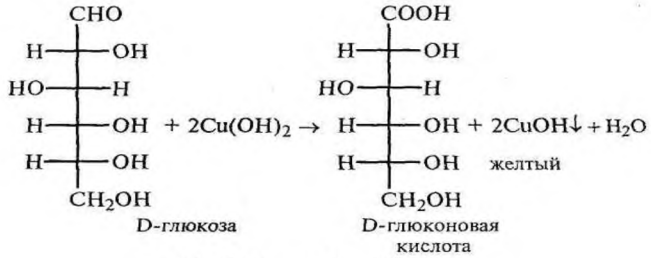
$$2CuOH \rightarrow H_2O + Cu_2O \text{ (желто-красный)}$$

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции окисления глюкозы.

Синяя окраска исчезает и образуется осадок красного цвета.

Изменение происходит вследствие восстановления двухвалентной меди до оксида меди(I) и окисление глюкозы до глюконовой кислоты, что указывает на наличие в молекуле глюкозы альдегидной группы. В эту реакцию вступают все альдозы.



D-глюкоза D-глюконовая кислота

$$2CuOH \rightarrow Cu_2O\downarrow + H_2O$$

красный

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Сделайте описание опыта в тетради и запишите условно схему происходящих превращений:

Опыт 3.Окисление глюкозы аммиачным раствором гидроксида серебра (реакция толленса).

Реактивы и оборудование:

глюкоза (3% р-р);

нитрат серебра $AgNO_3$ (1% р-р);

гидроксид натрия NaOH (10%-й р-р);

гидроксид аммония NH_4OH (5% р-р);

пробирка;

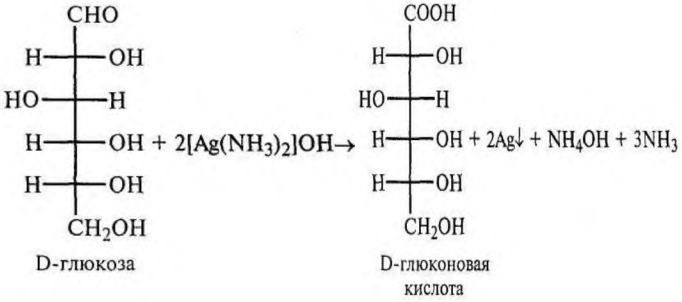
водяная баня.

Ход работы.

В сухую пробирку наливают 1 мл раствора $AgNO_3$, прибавляют 2 капли раствора NaOH и 2-4 капли раствора NH_4OH. К полученной прозрачной смеси растворов приливают равный объём 3% раствора глюкозы и нагревают реакционную смесь на водяной бане или спиртовке (не до кипения). Стенки пробирки покрываются блестящим налётом металлического серебра.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции, укажите её название и дайте объяснение происходящему явлению:



Контрольные вопросы

1. Какие органические соединения называют углеводами?
2. Приведите классификацию углеводов и напишите структурные формулы представителя каждого класса.
3. Напишите структурные формулы альдотетрозы и кетопентозы. Чем они отличаются по строению?
4. Как подразделяются моносахариды по числу углеродных атомов?
5. Какой атом углерода называется асимметрическим?
6. Какие моносахариды относятся к D-ряду?
7. Как перейти от моносахарида D-ряда к моносахариду L-ряда?
8. В каких циклических формах могут существовать моносахариды?
9. Какой гидроксил называется полуацетальным (гликозидным) гидроксилом?
10. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) альдотриозы; б) кетотриозы; в) альдогексозы; г) кетогексозы.
11. Каким способом можно отличить: а) глюкозу и сорбит; б) глюкозу и фруктозу?
12. Как можно доказать строение молекулы глюкозы, находящейся в альдегидной форме? Какие еще формы может иметь глюкоза? Напишите их структурные формулы.
13. Почему происходит образование циклических форм глюкозы и фруктозы? Приведите строение циклических форм этих моносахаридов.
14. Дайте сравнительную характеристику формальдегида и глюкозы (альдегидная форма), указав сходство и различие по строению молекул и по химическим свойствам. Какие продукты образуются в результате брожения глюкозы?
15. Напишите циклические формулы α- и β-изомеров D-глюкозы и D-фруктозы.

Лабораторная работа 15. УГЛЕВОДЫ. ДИСАХАРИДЫ

Цель работы: экспериментальное изучение продуктов гидролиза с реактивами Фелинга и Селиванова.

Опыт 1. Гидролиз (инверсия) сахарозы.

Реактивы и оборудование:

сахароза (1%-й р-р);

серная кислота H_2SO_4 (10%-й р-р);

реактив Фелинга, состоит из двух растворов: 1) 34,6 г кристаллического сульфата меди $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в 500 мл раствора; 2) 173 г сегнетовой соли (смешанной натриево-калиевой соли винной кислоты), 70 г гидроксида натрия в 500 мл раствора. Перед употреблением смешивают равные объемы этих двух растворов;

реактив Селиванова (0,5 г резорцина в 100 мл 20%-й HCl);

гидроксид натрия NaOH (10%-й р-р);

сода сухая;

универсальная индикаторная бумага;

водяная баня;

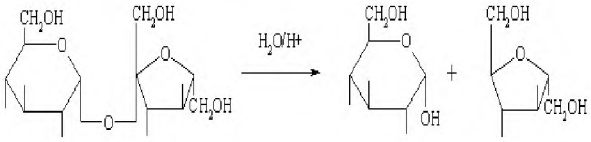
пробирки;

спиртовка.

Ход работы.

Наливают в пробирку 2 мл раствора сахарозы, прибавляют 1мл H_2SO_4. Смесь нагревают на водяной бане в течение 3-5 минут, и разливают в две пробирки.

При кипячении раствора сахарозы в кислой среде происходит ее гидролитическое расщепление:



Сахароза Глюкоза Фруктоза

Для доказательства гидролитического расщепления сахарозы проводят реакции, подтверждающие наличие в содержимом пробирки продуктов гидролиза. Для этого содержимое пробирки делят на две части, пробирки *1* и *2*.

Опыт 2. Реакции продуктов гидролиза сахарозы с реактивом фелинга.

Реактивы и оборудование:

сахароза (1%-й р-р);

реактив Фелинга, состоит из двух растворов: 1) 34,6 г кристаллического сульфата меди $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в 500 мл раствора; 2) 173 г сегнетовой соли (смешанной натриево-калиевой соли винной кислоты), 70 г гидроксида натрия в 500 мл раствора. Перед употреблением смешивают равные объемы этих двух растворов;

гидроксид натрия NaOH (10%-й р-р);

универсальная индикаторная бумага;

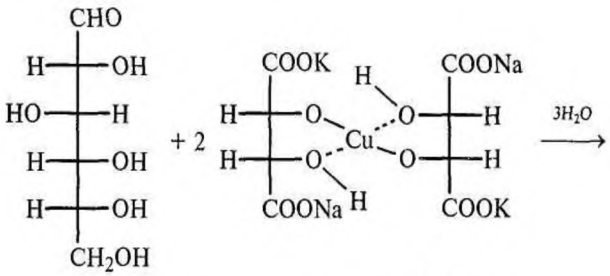
водяная баня;

пробирки;

спиртовка.

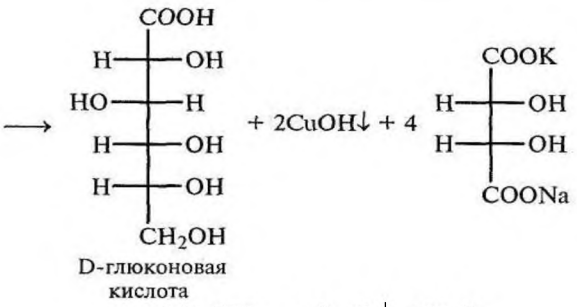
Ход работы.

В пробирке *1* раствор нейтрализуют 10%-ным раствором гидроксида натрия, контролируют до pH=7 по универсальной индикаторной бумаге. Затем добавляют равный объем реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть смеси. Отмечают образование красного осадка оксида меди(I).



Реакцию с Фелинговой жидкостью используют для качественного и количественного определения моносахаридов.

Для сравнения нагревают смесь исходного раствора 2 мл 1%-го раствора сахарозы с равным объемом реактива Фелинга. Окраска раствора не изменяется.



$$2CuOH \rightarrow Cu_2O\downarrow + H_2O$$

Красный

Этот опыт показывает, что в результате гидролиза сахарозы, не способной восстанавливать реактив Фелинга, образуется смесь моносахаридов, окисляющихся фелинговой жидкостью.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Опыт 3. Реакции продуктов гидролиза сахарозы с реактивом селиванова.

Реактивы и оборудование:

фруктоза (2%-й р-р);

глюкоза (2%-й р-р);

реактив Селиванова (0,5 г резорцина в 100 мл 20%-й HCl);

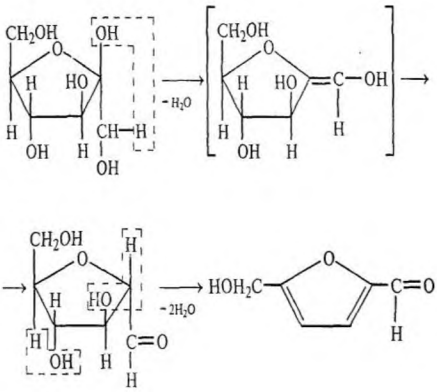
водяная баня;

пробирки.

Ход работы.

В другую часть, в пробирку *2* прибавляют 2 мл реактива Селиванова**.** Нагревают на горячей водяной бане (80 °С) 5-10 минут до появления вишнёво-красного окрашивания.

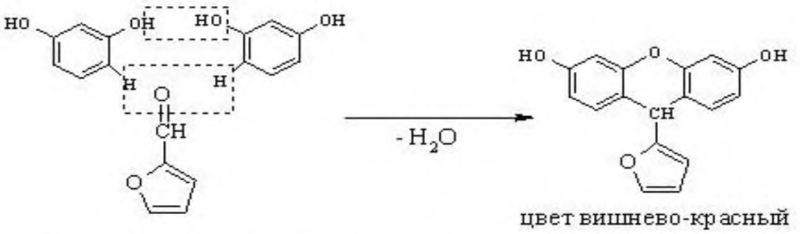
Для сравнения в две пробирки наливают по 2мл реактива Селиванова. В одну из них добавляют 3-4 капли 2%-ного раствора фруктозы, а в другую – столько же 2%-ного раствора глюкозы. Обе пробирки нагревают в водяной бане. В пробирке с фруктозой появляется оранжевое, а затем розово-красное окрашивание. Раствор, содержащий глюкозу, не окрашивается.



Эта реакция позволяет различить альдозы и кетозы.

При нагревании с соляной кислотой фруктоза (кетоза) превращается в оксиметилфурфурол, который вступает в реакцию конденсации с резорцином, входящим в состав реактива Селиванова, в результате чего получается окрашенное в розово-красный цвет соединение. Альдозы также дают эту реакцию, но протекает она медленнее, при более высокой температуре (длительное кипячение).

Открытие кетогексоз, в частности, фруктозы основано на взаимодействии 5-оксиметилфурфурола, продукта дегидратации всех кетогексоз, с резорцином. 5-Оксиметилфурфурол при нагревании с соляной кислотой и резорцином даёт вишнёво-красное окрашивание:



Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Опишите опыт и объясните, на что указывают проделанные реакции. Напишите уравнение реакции гидролиза сахарозы структурными формулами.

Задания по теме

1. Напишите структурную формулу восстанавливающего трисахарида, построенного из остатков α-D-глюкозы.

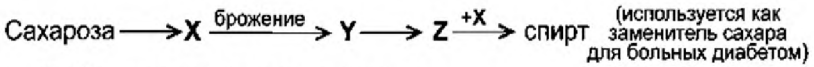
2. С помощью каких химических реакций можно различить сахарозу и мальтозу?

3. Составьте схемы кольчато-цепной таутомерии целлобиозы и окисления этого дисахарида хлорной водой.

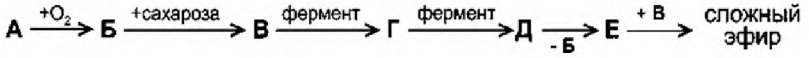
4. Напишите схему образования озазона лактозы. Можно ли получить озазон сахарозы?

5. На целлобиозу подействовали метиловым спиртом в присутствии хлороводорода. Какое вещество образовалось? Обладает ли оно восстанавливающими свойствами?

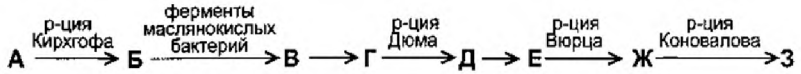
6. Осуществить превращения:



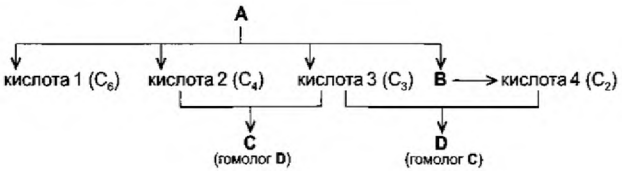
7. Осуществить превращения:



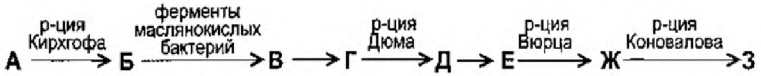
8. Осуществить превращения:



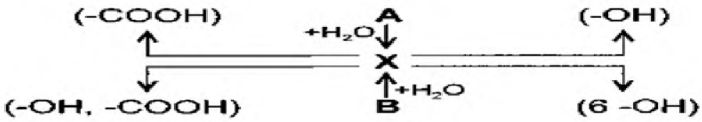
9. Осуществить превращения:



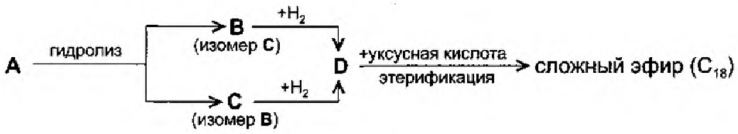
10. Осуществить превращения:



11. Осуществить превращения:



12. Вещество *A* применяется в пищевой промышленности:



13. Из шести веществ три принадлежат одному классу органических веществ. Из пяти реакций две реакции окисления, две – гидролиза и одна – брожения:

А→Б→В→Г→Д→Е

Контрольные вопросы

1. Что такое олигосахариды?
2. Что такое дисахариды?
3. Что такое восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды? Приведите примеры.
4. Каковы физические свойства дисахаридов?
5. Какие моносахариды принимают участие в образовании: а) сахарозы; б) лактозы; в) мальтозы; г) целлобиозы?
6. Почему сахароза в отличие от лактозы, мальтозы и целлобиозы не обладает восстанавливающими свойствами?
7. Сколько асимметрических углеродных атомов содержится в молекулах глюкозы (альдегидная форма) и фруктозы (кетонная форма)? Сколько стереоизомеров должно быть у этих моносахаридов?
8. Составьте уравнения реакций гидролиза: а) сахарозы; б) лактозы; в) мальтозы; г) целлобиозы.

Лабораторная работа 16. УГЛЕВОДЫ. ПОЛИСАХАРИДЫ

Цель работы: экспериментальное изучение свойств и реакций функциональных групп, имеющихся в составе полисахаридов.

Опыт 1. Отношение полисахаридов к реактиву Фелинга.

Реактивы и оборудование:

крахмал (1%-ный р-р);
гликоген (1%-ный р-р);
реактив Фелинга,
пробирки;
спиртовка.

Ход работы.

В две пробирки наливают по 1 мл 1%-ных растворов полисахаридов: в первую – крахмала, во вторую – гликогена. Затем добавляют равный объем реактива Фелинга. Жидкости тщательно перемешивают и нагревают верхнюю часть растворов до начинающегося кипения. Цвет растворов не изменяется.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Опыт 2. Качественная реакция на крахмал (йодкрахмальная реакция).

Реактивы и оборудование:

крахмал $(C_6H_{10}O_5)n$ (1%-й р-р);
йод (1%-й р-р) в иодиде калия (2%-й р-р);
пробирки.

Ход работы.

Наливают в пробирку 2 мл крахмального клейстера и добавляют 1-2 капли раствора йода. Появляется сине-фиолетовое окрашивание. Нагревают раствор на спиртовке до обесцвечивания. Охлаждают раствор до восстановления синей окраски.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Реакция йода с крахмалом – сложный физико-химический процесс. Появление окраски объясняется адсорбцией молекул йода коллоидными частицами крахмала и образованием комплексного соединения йода с крахмалом.

Опыт 3. Кислотный гидролиз клетчатки.

Реактивы и оборудование:

серная кислота H_2SO_4 (конц.);

гидроксид натрия NaOH (10%-й р-р);

реактив Фелинга;

индикаторная бумага (универсальная);

клетчатка хлопковой ваты $(C_6H_{10}O_5)n$;

клетчатка фильтровальной бумаги $(C_6H_{10}O_5)n$ (измельченная);

стеклянные палочки;

водяная баня;

пробирки.

Ход работы.

Помещают в пробирку небольшой (с горошину) кусочек ваты и капают на неё несколько капель концентрированной серной кислоты H_2SO_4. Вата растворяется. Размешивают стеклянной палочкой до полного растворения, до образования бесцветного вязкого раствора. В полученный вязкий раствор осторожно при перемешивании по каплям добавляют 10 капель дистиллированной воды и ставят пробирку на 10 минут в кипящую водяную баню. Смесь нагревают при регулярном перемешивании. Охлаждают реакционную смесь и нейтрализуют кислоту по каплям 10%-м раствором гидроксида натрия, контролируют до pH=7 по универсальной индикаторной бумаге. В пробирку прибавляют равный объём реактива Фелинга и нагревают для обнаружения в продуктах гидролиза восстанавливающих сахаров.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение гидролиза клетчатки структурными формулами, а также схему гидролиза с указанием промежуточных веществ. Напишите формулу глюкозы входящей в состав клетчатки

Схема гидролиза клетчатки:

$$\underset{\text{клетчатка}}{(C_6H_{10}O_5)n} \rightarrow \underset{\text{амилоид}}{(C_6H_{10}O_5)x} \rightarrow \underset{\text{целлюлоза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} \rightarrow \underset{\beta\text{-глюкоза}}{C_6H_{12}O_6}$$

Задания по теме

1. Какие органические соединения называют углеводами? Как классифицируют углеводы?

2. Напишите структурные формулы альдотетрозы и кетопентозы. Чем они отличаются по строению?

3. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) альдотриозы; б) кетотриозы; в) альдогексозы; г) кетогексозы.

4. Каким способом можно отличить: а) глюкозу и сорбит; б) глюкозу и фруктозу?

5. Как можно доказать строение молекулы глюкозы, находящейся в альдегидной форме? Какие еще формы может иметь глюкоза? Напишите их структурные формулы.

6. Почему происходит образование циклических форм глюкозы и фруктозы? Приведите строение циклических форм этих моносахаридов.

7. Из 100 г глюкозы получено 158 г пентаацетата глюкозы. Вычислите процентный выход продукта.

8. Дайте сравнительную характеристику формальдегида и глюкозы (альдегидная форма), указав сходство и различие по строению молекул и по химическим свойствам. Какие продукты образуются в результате брожения глюкозы?

9. В трех пробирках находятся растворы глюкозы, сахарозы и крахмала. При помощи каких реакций эти вещества можно отличить друг от друга?

10. Напишите циклические формулы α- и β-изомеров D-глюкозы и D-фруктозы.

11. Какие моносахариды принимают участие в образовании: а) сахарозы; б) лактозы; в) мальтозы; г) целлобиозы?

12. Почему сахароза в отличие от лактозы, мальтозы и целлобиозы не обладает восстанавливающими свойствами?

13. Сколько асимметрических углеродных атомов содержится в молекулах глюкозы (альдегидная форма) и фруктозы (кетонная форма)? Сколько стереоизомеров должно быть у этих моносахаридов?

14. Составьте уравнения реакций гидролиза: а) сахарозы; б) лактозы; в) мальтозы; г) целлобиозы.

15. Чем отличается связь между остатками глюкозы в макромолекулах крахмала и целлюлозы? В какой форме глюкоза входит в состав крахмала, а в какой – в состав целлюлозы?

16. Почему крахмал не обладает восстанавливающими свойствами? Обладает ли этими свойствами предпоследний продукт

гидролиза крахмала? Напишите структурные формулы всех форм глюкозы, находящихся в равновесии в водном растворе.

17. Напишите циклические формы: а) крахмала; б) сахарозы; в) клетчатки.

18. Сравните состав и свойства глюкозы и фруктозы.

19. Сравните состав и свойства крахмала и целлюлозы.

20. Как различить вещества, находящиеся в склянках без этикеток: а) растворы глицерина и глюкозы; б) растворы глюкозы и сахарозы; в) глюкозы и формальдегида? Ответ мотивируйте.

21. С помощью каких химических реакций можно доказать, что глюкоза содержит: а) альдегидную группу; б) пять гидроксильных групп; в) две рядом стоящие гидроксильные группы?

22. Напишите реакции: а) восстановления глюкозы; б) с гидроксидом меди (II) при нагревании; в) с гидроксидом меди (II) при обычных условиях.

23. Какие из следующих углеводов подвергаются гидролизу: а) фруктоза; б) крахмал; в) сахароза; г) глюкоза; д) целлюлоза? Напишите соответствующие уравнения реакций.

24. Напишите уравнения реакций, при помощи которых из целлюлозы можно получить: а) этанол; б) уксусноэтиловый эфир; в) триацетат целлюлозы; г) уксусную кислоту.

25. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:

а) углерод → крахмал → глюкоза → этанол → дивинил;

б) сахароза → глюкоза → этанол → ацетальдегид → уксусная кислота;

в) целлюлоза → глюкоза → этанол → этилен → полиэтилен.

Укажите условия протекания реакций.

26. При полном сгорании 5,4 г некоторого органического соединения, относительная молекулярная масса которого равна 180, образовалось 4,032 л (н. у.) углекислого газа и 3,24 г воды. Определите молекулярную формулу этого соединения и предложите возможные структуры.

27. Три разных органических соединения имеют следующий состав: углерод – 40%, водород– 6,67%, кислород – 53,33%. Относительная молекулярная масса первого соединения равна 60, второго – 120, а третьего – 180. Определите их молекулярные формулы.

28. При спиртовом брожении глюкозы получено 322 г этанола. Сколько граммов глюкозы израсходовалось и какой объем углекислого газа (н. у.) образовался при этом?

29. Массовая доля крахмала в картофеле составляет 20%. Вычислите массу глюкозы, которую можно получить из 1 т картофеля, если выход глюкозы равен 75% от теоретического.

30. Из крахмала массой 32,4 г получена глюкоза, выход которой составил 80%. К глюкозе добавлен избыток аммиачного раствора оксида серебра. Рассчитайте массу образовавшегося серебра.

Контрольные вопросы

1. Что называют углеводами?
2. Приведите классификацию углеводов и напишите структурные формулы представителя каждого класса.
3. Напишите структурные формулы глюкозы по Фишеру, Колли-Толленсу и Хеуорсу.
4. Напишите структурную формулу фруктозы по Фишеру, Колли-Толленсу и Хеуорсу.
5. Перечислите химические свойства моносахаридов и напишите соответствующие уравнения химических реакций.
6. Напишите структурные формулы мальтозы, сахарозы, лактозы. Укажите значение этих дисахаридов,
7. Охарактеризуйте гетерополисахариды и укажите их значение в организме человека.
8. Охарактеризуйте гомополисахариды и их значение.
9. Перечислите специфические свойства глюкозы и напишите соответствующие уравнения реакции.
10. Охарактеризуйте химические свойства ди- и полисахаридов. Напишите соответствующие уравнения реакций.

Лабораторная работа 17. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ. АМИНЫ

Цель работы: проведение реакций получения и химических превращений аминов и их производных.

Опыт 1. Восстановление нитробензола в анилин.

Реактивы и оборудование:

нитробензол C_6H_5-NO_2;

соляная кислота HCl (конц. р-р);

металлический цинк Zn (порошок или кусочек);

пробирка;

спиртовка.

Ход работы.

В пробирку помещают каплю нитробензола C_6H_5-NO_2. Затем прибавляют 3 капли концентрированной соляной кислоты HCl и маленький кусочек или порошок на кончике ножа металлического цинка. Содержимое пробирки размешивают встряхиванием, чтобы нитробензол не находился в виде маслянистого слоя сверху, а хорошо перемешивался с выделяющимся водородом.

Если реакция начнет замедляться, то пробирку с реакционной смесью слегка подогревают над пламенем спиртовки.

Проводят реакцию, пока весь кусочек цинка не растворится, добавляя по каплям соляной кислоты.

Если нитробензола было взято немного, то весь нитробензол перейдет в анилин, точнее в его солянокислую соль C_6H_5-NH_2•HCl, хорошо растворимую в воде.

Сохранить полученный раствор для последних опытов.

Из полученной хлористоводородной соли анилина легко можно выделить свободное основание анилина, подщелачивая раствор едким натрием.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции, назовите продукты реакции. Отметьте произошедшие изменения.

Опыт 2. Образование и разложение соли анилина.

Реактивы и оборудование:

анилин C_6H_5-NH_2;

соляная кислота HCl (2 н. р-р);
гидроксид натрия NaOH (2 н. р-р);
серная кислота H_2SO_4 (10 %-й р-р);
вода дистиллированная;
пробирка;
спиртовка.
Ход работы.

А. В пробирку помещают 5-6 капель анилина и около 1 мл дистиллированной воды. Содержимое пробирки размешивают встряхиванием. Образуется эмульсия анилина плохо растворимого в воде. Затем добавляют 3-4 капли концентрированной соляной кислоты HCl. Образуется прозрачный раствор соли солянокислого анилина.

Если к прозрачному раствору соли солянокислого анилина добавить гидроксида натрия NaOH, соль разлагается с выделением анилина, всплывающего над водным раствором.

Б. В пробирку наливают около 1 мл 10 % раствора серной кислоты и добавляют одну каплю анилина. Выпадает белый осадок кислой сернокислой соли анилина, плохо растворимый в воде.

Затем к полученной соли по каплям приливают концентрированный раствор гидроксида натрия.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции, назовите продукты реакции. Отметьте произошедшие изменения.

Опыт 3. Цветная реакция солей анилина солянокислого с дихроматом калия.

Реактивы и оборудование:
анилин солянокислый $C_6H_5NH_2$•HCl (р-р);
дихромат калия $K_2Cr_2O_7$ (0,5н. р-р);
предметное стекло;
пипетка.
Ход работы.

Каплю раствора солянокислого анилина с помощью пипетки помещают на предметное стекло. Добавляют 1 каплю 0,5н. $K_2Cr_2O_7$. Быстро появляется и постепенно усиливается темно-синее окрашивание.

Цветная реакция анилина с дихромат калия основана на образовании окрашенных продуктов окисления анилина.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции и дайте названия продуктам реакции. Отметьте произошедшие изменения.

Опыт 4. Растворимость анилина и его солей в воде. доказательство основных свойств анилина.

Реактивы и оборудование:

анилин солянокислый $C_6H_5NH_2$•HCl (р-р);

дихромат калия $K_2Cr_2O_7$ (0,5н. р-р)

предметное стекло;

пипетка.

Ход работы.

Помещают в пробирку *1* каплю анилина $C_6H_5NH_2$. Добавляют 3 капли воды и взбалтывают. Образуется мутная жидкость – эмульсия анилина в воде. Это указывает на то, что сам анилин плохо растворяется в воде, поэтому его иногда называют анилиновым маслом. Обратите внимание на своеобразный запах анилина. Добавьте ещё 3 капли воды - эмульсия не растворяется.

Часть мутной эмульсии анилина из пробирки *1* отливают в пробирку *2* и сохраняют для следующего опыта - получения сернокислой соли.

Свойства анилина как органического основания выражены очень слабо, поэтому при пробе красной лакмусовой бумагой посинения не наблюдается. Однако способность давать соли с кислотами у анилина выражена ясно. В пробирку *1* добавляют 1 каплю 2н. соляной кислоты HCl. Немедленно происходит просветление мутной эмульсии вследствие образования легко растворимой в воде хлористоводородной соли анилина. Раствор сохраняют для следующего опыта – бромирования анилина.

В пробирку *2* с остатком эмульсии анилина добавляют 1 каплю серной кислоты H_2SO_4. При встряхивании выпадает ясно выраженный кристаллический осадок трудно растворимой в воде сернокислой соли анилина.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции, дайте названия продуктам реакции. Отметьте произошедшие изменения.

Сделайте вывод об основных свойств анилина.

Опыт 5. Образование трибромanилина.

Реактивы и оборудование:

солянокислый анилин $C_6H_5NH_2$•HCl (р-р);

бромная вода

газетная бумага;

пипетка;

спиртовка.

Ход работы.

Помещают в пробирку 3 капли насыщенного раствора брома в воде – бромной воды. С помощью пипетки добавляют из пробирки (см. опыт 6) каплю разбавленного раствора солянокислого анилина. Немедленно выпадает белый осадок хлористоводородной соли симметричного трибромanилина.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции, дайте названия продуктам реакции.

Опыт 6. Окисление анилина хромовой смесью.

Реактивы и оборудование:

анилин $C_6H_5NH_2$ (водн. р-р);

хромовая смесь [100 мл серной кислоты (конц.) смешивают с 400 мл воды и добавляют дихромат калия (растертый порошок) до насыщения]

пипетка;

пробирка.

Ход работы.

В пробирку помещают 2-3 капли водного раствора анилина и 1-2 капли хромовой смеси. Постепенно появляется черное окрашивание (чёрная анилиновая краска).

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции, дать названия продуктам реакции. Отметьте произошедшие изменения.

Задания по теме

1. Какой вид изомерии характерен для монозамещенных производных анилина? Напишите изомеры хлороанилина и назовите их по заместительной номенклатуре.

2. Напишите структурные формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой: а) CH_5N; б) CH_6N_2; в) $C_4H_{11}N$; г) $C_5H_{13}N$; д) C_3H_7N; е) C_4H_9N. Назовите эти вещества.

3. Напишите структурные формулы следующих веществ:

а) 2-амино-2,3,3-триметилгексан; б) 2-амино-2,3-диметил-3-*изо*пропил-4-этилоктан; в) метил*трет*бутиламин; г) диметил*трет*бутиламин.

4. Напишите структурные формулы изомерных аминов с общей молекулярной формулой: а) C_7H_9N; б) $C_8H_{11}N$, если их молекулы содержат бензольное ядро. Назовите эти вещества.

5. Сравните основные свойства следующих веществ: а) аммиак, метиламин, анилин; б) аммиак, фениламин, дифениламин; в) аммиак, метилбутиламин, метил*трет*бутиламин. Ответ мотивируйте.

6. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) метиламина; б) этиламина; в) *изо*пропиламина; г) анилина. Укажите условия протекания реакций и названия продуктов.

7. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) метиламин; б) этиламин; в) изопропиламин.

8. Восстановлением каких нитросоединений можно получить:

а) 1-аминопропан; б) *втор*бутиламин; в) анилин; в) *о*-метиланилин? Напишите уравнения соответствующих реакций.

9. Из каких галогенопроизводных можно получить: а) этиламин; б) анилин; в) *п*-метиланилин; г) метилпропиламин? Напишите уравнения соответствующих реакций.

10. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций, назовите вещества.

а) $CH_3COONa \rightarrow CH_4 \rightarrow CH_3Cl \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5NO_2 \rightarrow C_2H_5NH_2 \rightarrow C_2H_5NH_3Br$;

б) $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5NO_2 \rightarrow C_6H_5NH_2 \rightarrow C_6H_2Br_3NH_2$;

в) карбонат кальция $\rightarrow$ анилин;

г) углерод $\rightarrow$ *о*-метиланилин;

д) карбид алюминия $\rightarrow$ триэтиламин;

е) этилформиат $\rightarrow$ 2,4,6-трибромanилин;

ж) метан $\rightarrow$ 2-аминобутан.

11. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Укажите условия протекания реакций, назовите вещества.

а) пропанол-1 $\xrightarrow{+HCl}$ ***А*** $\xrightarrow{+КОН(спирт\ р\text{-}р)}$ ***Б*** $\xrightarrow{+HI}$ ***В*** $\xrightarrow{+NH_3}$ ***Г*** $\xrightarrow{+HCl}$ ***Д***

б) этаналь $\xrightarrow{+H_2}$ ***А*** $\xrightarrow{-H_2O}$ ***Б*** $\xrightarrow{+H_2}$ ***В*** $\xrightarrow{+HNO_3}$ ***Г*** $\xrightarrow{+H_2}$ ***Д***

12. Напишите схему реакции восстановления *м*-нитрохлоро-бензола и назовите конечный продукт реакции.

13. Напишите схему реакции восстановления бутанонитрила и назовите продукт по заместительной номенклатуре.

14. Какое соединение получится при взаимодействии бутиламина с эквивалентным количеством серной кислоты? Напишите схему реакции и назовите продукт.

15. Какие продукты могут быть получены при действии этилбромида на пропиламин? Напишите схемы реакций и назовите все получающиеся соединения

16. Какие соединения называются аминами? Приведите примеры первичного, вторичного и третичного аминов.

17. Напишите формулы всех изомерных аминов состава C_3H_9N и назовите их по радикально-функциональной или заместительной номенклатуре.

18. Какое соединение – анилин или *п*-аминофенол – является более сильным основанием и почему?

19. Какие органические соединения называют ароматическими аминами? Напишите структурные формулы изомерных ароматических аминов общей формулы $C_8H_{11}N$ и назовите их.

20. Почему основность анилина ниже основности аммиака, а тем более алифатических аминов?

21. Напишите структурные формулы следующих аминов:
а) 3-аминопентан; б) 1,5-диаминопентан; в) 2,3-диаминобутан;
г) триметиламин; д) 3-амино-4-метилгексан; е) метилпропиламин.

22. Напишите развернутые формулы и укажите, какие из следующих аминов являются: а) первичными; б) вторичными; в) третичными. Назовите эти амины.

а) $CH_3–CH_2–N(C_2H_5)–C_2H_5$; б) $CH_3–C(CH_3)_2–NH_2$;
в) $CH_3–C(CH_3)_2–NH–CH_3$; г) $H_2N–CH_2–CH_2–CH_2–NH_2$;
д) $CH_3–CH(CH_3)–CH_2–CH_2–CH_2–NH_2$.

23. Напишите структурные формулы восьми изомерных аминов, имеющих состав $C_4H_{11}N$. Укажите тип аминов и назовите их.

24. Укажите, какие из следующих соединений являются аминами

а) $(C_2H_5)_3N$; $H_2N–CO–NH_2$; б) $C_3H_7–NH_2$; $C_3H_7–NH_2$;

в) $C_6H_5–NH_2$; г) $CH_3–CO–NH_2$; д) $CH_3–NH–C_4H_9$

25. Составьте уравнения реакций и укажите, какая из этих реакций является реакцией Зинина:

$CaO \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5–NO_2 \rightarrow C_6H_5–NH_2 \rightarrow$ 2,4,6-трибромanилин.

26. Массовые доли углерода, азота и водорода в первичном амине составляют соответственно 38,7; 45,15 и 16,15%. Определите формулу амина и вычислите его молярную массу.

27. Для нейтрализации 20 г водного раствора метиламина израсходовано 12,3 мл 0,1 М раствора соляной кислоты. Какова массовая доля (в %) метиламина в растворе?

Контрольные вопросы

1. Какие соединения называют аминами? Их общая формула.

2. Приведите классификацию аминов, напишите структурные формулы представителя каждого класса.

3. Укажите номенклатуру и изомерию для аминов. Приведите примеры.

4. Почему третичные амины не могут образовывать ассоциаты?

5. Перечислите способы получения аминов и напишите уравнения соответствующих химических реакций.

6. Охарактеризуйте физические свойства аминов.

7. Перечислите химические свойства ациклических аминов и напишите соответствующие уравнения реакций.

8. Укажите способ получения анилина по реакции Н. Н. Зинина.

9. Перечислите химические свойства ароматических аминов и напишите уравнения соответствующих химических реакций.

Лабораторная работа 18. АМИНОКИСЛОТЫ

Цель работы: изучение физико-химических свойств, характерных реакций на функциональные группы аминокислот.

Опыт 1. Определение реакции раствора гликокола.

Реактивы и оборудование:

гликокол, р-р;

метилрот, индикатор;

пробирка.

Ход работы.

Наливают в пробирку 0,5 мл раствора гликокола и прибавляют 1 каплю индикатора метилрот. Убедитесь в том, что аминокислота не имеет кислой реакции. Зона перехода от красной окраски к желтой для метилрот находится при pH 4,4-6,2. Сохраните полученный раствор для опыта 3.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Объясните, почему раствор гликокола не имеет кислой реакции, и напишите уравнение образования внутренней соли гликокола:

$$HOOC–CH_2–NH_2 \rightarrow {}^{-}OOC–CH_2–NH_3^{+}$$

Опыт 2. Образование комплексной медной соли гликокола.

Реактивы и оборудование:

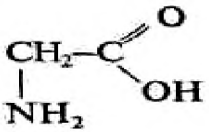
гликокол, р-р;

оксид меди (II) CuO;

гидроксид натрия NaOH (2 н.р-р)

пробирка;

спиртовка.



гликокол

Ход работы

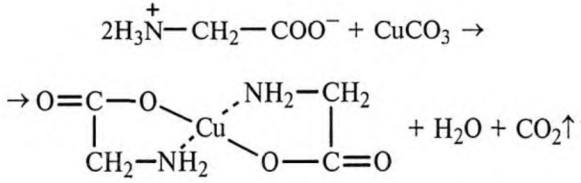
В пробирку помещают небольшое количество оксида меди. Добавляют 0,5мл раствора гликокола и нагревают на спиртовке.

Дают отстояться избытку черного порошка оксида меди(II), обратить внимание на образование синего раствора медной соли гликокола. Прибавляют к раствору одну каплю 2н. NaOH. Выпа-

дения гидроксида меди не происходит. Чем это объясняется?

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции образования комплексной медной соли гликокола



комплексная медная соль
аминоуксусной кислоты

Укажите окраску раствора и дайте объяснение.

Опыт 3. Реакция α-аминокислот с нингидрином.

Реактивы и оборудование:

нингидрин;

α-аминокислоты;

гликокол;

пробирка;

спиртовка.

Ход работы

Нингидрин вступает в окислительно-восстановительную реакцию с α-аминокислотами, результате чего аминокислоты разлагаются с образованием альдегида, CO_2 и NH_3. Аммиак вступает в реакцию конденсации с избытком нингидрна и продуктами его восстановления. Появляется соединение сине-фиолетового цвета. Реакция с нингидрином является чувствительной реакцией и применяется для количественного определения аминокислот колориметрическим методом.

Наливают в пробирку 0,5мл раствора гликокола, прибавляют 2 капли раствора нингидрина и подогревают. Появляется сине-фиолетовая окраска.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Опишите опыт. Запишите формулу нингидрина.

Опыт 4. Свертывание белков.

Реактивы и оборудование:

яичный белок;

этанол C_2H_5OH;

формальдегид (формалин),

уксусная кислота CH_3COOH(конц.);

сульфат аммония$(NH_4)_2SO_4$;

соляная HCl;

серная H_2SO_4;

азотная HNO_3;

щелочь NaOH;

пробирки.

Ход работы

***А.* Денатурация.**

В пять пробирок помещают по 0,5 мл раствора яичного белка.

Содержимое первой пробирки нагревают до кипения, охлаждают и растворяют в воде.

В остальные пробирки добавляют соответственно растворы: этанол, формальдегид (формалин), конц. уксусную кислоту и 2 мл раствора $(NH_4)_2SO_4$.

Наливают в пробирку 1мл раствора белка и прибавляют 2 мл этилового спирта. Образуется осадок. Быстро приливают к нему дистиллированной воды. Осадок растворяется.

***Б.* Высаливание белков.**

Наливают в пробирку 1 мл раствора белка и прибавляют 2 мл раствора $(NH_4)_2SO_4$. Образуется муть вследствие коагуляции. Разбавляют раствор дистиллированной водой. Осадок растворяется.

***В.* Осаждение белков концентрированными кислотами.**

В четыре пробирки наливают по 1 мл раствора белка, затем по стенке приливают по 1 мл концентрированных кислот: в первую – соляной, во вторую – серной, в третью - уксусной и в четвертую – азотной. Образуется на границе двух слоев мутное белое кольцо. При встряхивании пробирок осадки растворяются, кроме пробирки с HNO_3.

***Г.* Реакция Адамкевича.**

Наливают в пробирку 0,5 мл раствора белка, добавляют 1 мл концентрированной уксусной кислоты и осторожно по стенке приливают 0,5 мл концентрированной H_2SO_4. На границе раздела возникает красивое красно-фиолетовое окрашивание.

Реакция обусловлена наличием в молекулах белка аминокислоты триптофана. Напишите формулу триптофана.

***Д.* Свертывание белков при нагревании.**

Большинство белков при нагревании свертываются и выпадают в осадок. Это сложный физико-химический процесс.

Наливают в три пробирки по 1 мл раствора белка, затем в одну прибавляют 1-2 капли разбавленной уксусной кислоты, в другую – немного щелочи, в третью – воды. Нагревают растворы во всех пробирках до кипения. Происходит свертывание белка в каждой пробирке, причем в слабокислой среде белок свертывается наиболее полно, в нейтральной – хуже, а в щелочной - свертывания не наблюдается. Разбавляют образовавшиеся осадки водой.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Опишите опыт и его результат.

Опыт 5. Осаждение белков солями тяжелых металлов.

Реактивы и оборудование:

белок (р-р);

сульфат меди $CuSO_4$;

$Pb(NO_3)_2$;

вода дистиллированная.

Ход работы

А. В две пробирки наливают по 1 мл раствора белка, а затем в одну прибавляют несколько капель раствора $CuSO_4$, а в другую несколько капель раствора $Pb(NO_3)_2$. Белок свертывается в двух пробирках. Разбавляют свернувшийся белок дистиллированной водой. Растворение осадка не происходит.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Сделайте вывод о действии тяжелых металлов на белок.

Опишите опыт и его результат в тетради.

***Б.* Открытие серы в белке.**

Наливают в пробирку 1 мл раствора белка и 2 мл раствора щелочи. Реакционную смесь нагревают до кипения, после чего к горячему раствору прибавляют несколько капель раствора $Pb(NO_3)_2$ или $(CH_3COO)_2Pb$. Раствор окрашивается в темно-коричневый цвет. Эту реакцию дают белки, в состав которых вхо-

дит аминокислоты, содержащие серу. При нагревании со щелочью отщепленная сера образует Na_2S, который взаимодействует с солью свинца с образованием сульфида свинца темно-коричневого цвета.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Опишите опыт в тетради. Напишите уравнение реакции взаимодействия сульфида натрия с солью свинца.

Опыт 6. Цветные реакции.

Реактивы и оборудование:

белок (р-р);

щелочь;

сульфат меди $CuSO_4$;

вода дистиллированная.

HNO_3 конц.;

раствор аммиака конц.;

Ход работы

***А.* Биуретовая реакция.**

К 1 мл раствора белка приливают 1 мл раствора щелочи и 1 каплю раствора медного купороса $CuSO_4$. Встряхивают. Появляется ярко-фиолетовое окрашивание. Опишите опыт в тетради, отметив, что данная реакция является реакцией на пептидную связь (–CO–NH–), ее дают все растворимые белки, а также продукты неполного гидролиза белка.

***Б.* Ксантопротеиновая реакция.**

К 1 мл раствора белка прибавляют 1 мл концентрированной HNO_3 и нагревают до появления желтого окрашивания. Охлаждают смесь и осторожно добавляют концентрированного раствора аммиака. Окраска переходит в оранжевую. Опишите опыт в тетради. Указывают, что эта реакция обнаруживает в молекулах белка аминокислоты, содержащие бензольное ядро.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Задания по теме

1. Напишите структурные формулы всех изомерных веществ с молекулярной формулой: а) $C_3H_7O_2N$; б) $C_4H_9O_2N$. Назовите эти вещества.

2. Напишите структурные формулы изомерных предельных моноаминокарбоновых кислот: а) с пятью атомами углерода в молекуле; б) с шестью атомами углерода в молекуле. Назовите эти вещества.

3. Какая из кислот обладает более сильными кислотными свойствами – α-аминомасляная или β-аминомасляная? Ответ мотивируйте.

4. Какая из кислот обладает более сильными основными свойствами – α-аминомасляная или β-аминомасляная? Ответ мотивируйте.

5. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) α-аминопропионовой кислоты; б) β-аминопропионовой кислоты.

6. Какая из перечисленных аминокислот не имеет оптических изомеров: а) глицин; б) аланин; в) β-аминопропионовая; г) β-аминомасляная?

7. Напишите уравнения реакций образования: а) дипептидов из глицина и аланина; б) трипептида Ала-Гли-Ала.

8. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить: а) аминоуксусную кислоту из уксусной; б) α-аминомасляную кислоту из масляной.

9. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) карбид алюминия → α-аминомасляная кислота;

б) метан → β-аминопропионовая кислота;

в) 1,4-дихлорбутан → 2-амино-2-метилпропановая кислота;

г) этилен → этиловый эфир 2-аминобутановой кислоты;

д) ацетилен → глицил-глицин.

10. Напишите схему реакции поликонденсации ε-аминокапроновой кислоты.

Контрольные вопросы

1. Что называют аминокислотами? Приведите их общую формулу.
2. Приведите классификацию аминокислот по радикалам. Приведите структурные формулы представителя каждого класса.
3. Приведите классификацию аминокислот по функциональным группам. Приведите структурные формулы представителя каждого класса.
4. Приведите структурные формулы аминокислот, назовите их.
5. Укажите основы номенклатуры для аминоксилот. Приведите примеры.
6. Укажите виды изомерии для аминокислот. Приведите примеры.
7. Охарактеризуйте физические свойства аминокислот.
8. Укажите способы получения аминокислот и приведите соответствующие уравнения реакций.
9. Укажите химические свойства аминокислот, обусловленные одновременным присутствием амино- и карбоксильной групп. Напишите соответствующие уравнения химических реакций.
10. Укажите химические свойства аминокислот, обусловленные присутствием аминогруппы и напишите соответствующие уравнения реакций.
11. Укажите химические свойства аминокислот, обусловленные присутствием карбоксильной группы. Приведите уравнения соответствующих реакций.

Лабораторная работа 19. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Цель работы: знакомство с представителями гетероциклических соединений и изучение реакций получения и химических свойств.

Пятичленные гетероциклические соединения

Опыт 1. Получение фурфурола и его свойства.

Реактивы и оборудование:

опилки древесные;
соляная кислота HCl (разбавленная, 1:1);
фурфурол из опыта 1*А*;
анилин;
уксусная кислота (ледяная);
обратные холодильники к пробиркам;
изогнутые газоотводные трубки;
водяная баня;
пробирки;
спиртовка,
фильтровальная бумага;
пипетки.

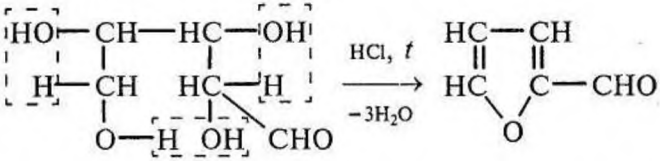
Ход работы.

***А.* Получение фурфурола.**

Пробирку заполняют на 1/10 часть сухими опилками и добавляют разбавленную (1:1) соляную кислоту (кислота должна пропитать и покрыть опилки). Пробирку закрывают пробкой с обратным воздушным холодильником и нагревают на кипящей водяной бане 10 минут. Затем холодильник меняют на пробку с изогнутой газоотводной трубкой, пробирку закрепляют в лапке штатива и нагревают на спиртовке. Отгоняют в пустую пробирку-приемник 1-2 мл жидкости.

Фурфурол образуется из пентозанов, которые вместе с клетчаткой входят в состав древесины:

$$\underset{\text{пентозаны}}{(C_5H_8O_4)_n} \xrightarrow{nH_2O} \underset{\text{пентоза}}{nC_5H_{10}O_5}$$



С полученным раствором фурфурола проводят следующие реакции.

***Б.* Конденсация фурфурола с анилином.**

В пробирке смешивают равные объемы (по одной капле) анилина и ледяной уксусной кислоты. Полученной жидкостью смачивают кусочек фильтровальной бумаги и помещают на нее 1 каплю раствора фурфурола опыта 1*А*. При реакции конденсации образуется яркое розово-красное пятно.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции окисления, дать названия продуктов реакций.

Опыт 2. Окисление фурфурола.

Реактивы и оборудование:

фурфурол из опыта 1*А*;
гидроксид натрия NaOH (10% р-р)
нитрат серебра (1%-й р-р);
аммиак NH_3 (5%-й р-р);
водяная баня;
пробирки.

Ход работы.

Предварительно готовят аммиачный раствор гидроксида серебра: добавляя к 2-3 мл раствора нитрата серебра разбавленный водой аммиак по каплям до растворения первоначально образующего осадка.

$$AgNO_3 + NH_3 + H_2O \rightarrow AgOH + NH_4NO_3$$
$$2AgOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + H_2O$$
$$Ag_2O + 4NH_4OH \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH + 3H_2O$$

Фурфурол из опыта 1 наливают в две пробирки по 1-2 капли и добавляют в каждую пробирку по 1 мл свежеприготовленного аммиачного раствора серебра. В одну из пробирок добавляют еще

2-3 капли разбавленного раствора щелочи. Перемешивают содержимое пробирок встряхиванием. Реакционную смесь нагревают на горячей водяной бане. Выпадает черный осадок металлического серебра.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Напишите уравнение реакции взаимодействия фурфурола с аммиачным раствором гидроксида серебра, названия продуктов реакций.

Шестичленные гетероциклические соединения

Опыт 3. Пиридин и его свойства.

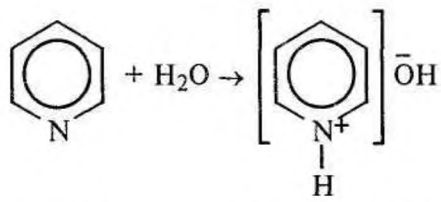
Реактивы и оборудование:

пиридин,
2%-ный раствор хлорида железа (III),
2%-ный раствор сульфата меди,
пикриновая кислота (насыщ. р-р, свежеприготовленный),
красная лакмусовая бумага;
пробирки.

Ход работы.

***А.* Растворимость пиридина в воде.**

Пиридин быстро и в любых соотношениях растворяется в воде. К 1 мл пиридина приливают 5 мл воды. Каплю полученного раствора наносят на красную лакмусовую бумагу. Водный раствор пиридина проявляет слабые основные свойства:



пиридин гидроксид пиридиния

***Б.* Основные свойства пиридина.**

К капле пиридина осторожно прибавляют концентрированную соляную кислоту. Реакционная смесь сильно разогревается,

и выпадает белый осадок. К полученному осадку приливают воду. Наблюдают его растворение.

Напишите уравнение реакции пиридина с соляной кислотой.

***B.* Устойчивость пиридина к окислителям.**

В пробирку помещают по 1 капле пиридина, перманганата калия и двууглекислой соды. Встряхивают и нагревают в течение 2 минут на водяной бане. Изменяется ли цвет раствора?

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Опыт 4.Образование солей пиридина.

Реактивы и оборудование:

хлорид железа (III) $FeCl_3$ (2 %-ный р-р);

сульфат меди $CuSO_4$ (2 %-ный р-р);

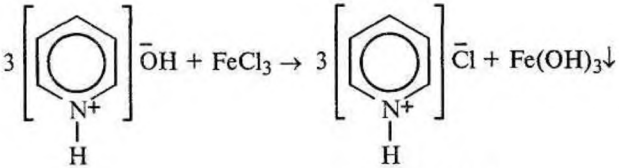
пиридин (р-р);

пробирки.

Ход работы.

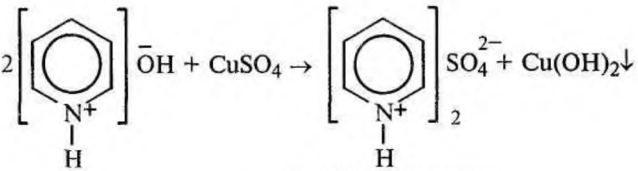
В две пробирки наливают по 1мл 2%-х растворов хлорида железа (III) и сульфата меди и добавляют по 1–2 капли раствора пиридина.

В пробирке с хлоридом железа (III) выпадает осадок бурого цвета:



хлорид пиридиния

В пробирке с сульфатом меди сначала выпадает голубой осадок гидроксида меди (II):



сульфат пиридиния

В избытке пиридина осадок гидроксида меди (II) быстро растворяется с образованием комплексной соли ярко-синего цвета.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

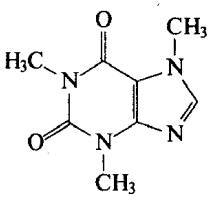
Напишите уравнение реакции окисления, дать названия продуктов реакций.

Конденсированные гетероциклические системы

Опыт 5. Возгонка кофеина.

Реактивы и оборудование:
чай листовой (две ст. ложки);
ступка;
чашка выпаривательная (фарф.);
воронка стеклянная, большая;
спиртовка.

Кофеин



♦Кофеин бесцветное кристаллическое вещество с т. пл. 235°С, возгоняется, растворяется в воде. Производное пурина. Алкалоид, встречается в кофейных бобах и чайных листьях, из которых его и получают. Кофеин – основание, образует соли с кислотами. Широко используется в медицине как стимулятор центральной нервной системы.

Эксперимент основан на способности кофеина, подобно иоду, подвергаться возгонке.

Для проведения опыта необходимы две столовые ложки листового чая.

Ход работы.

Чай перетрите в ступке до мелкого порошка, затем перенесите в сухую фарфоровую выпаривательную чашку, которую сверху накройте большой стеклянной воронкой, причём края воронки должны выдаваться за края чашки примерно на 1 см. После этого нагрейте чашку над пламенем спиртовки. Кофеин сублимируется и вновь конденсируется на воронке в виде белых кристаллов.

Составьте отчет, указав в нем: наблюдения, вывод о проделанной работе. Напишите уравнение реакции окисления, дать названия продуктов реакций.

Опыт 6. Осаждение кофеина раствором таннина.

Реактивы и оборудование:

кофеина из опыта 5;

вода дистиллированная;

таннин водный (2%-й р-р);

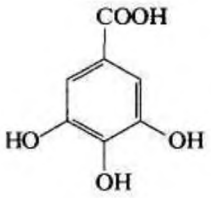
пробирка.

Ход работы.

В пробирку поместите несколько кристаллов кофеина из опыта 5 и 6-8 капель воды. Прибавьте 2 капли 2%-го водного раствора таннина. Выпадает белый осадок.

Составьте отчет, указав в нем: наблюдения, вывод о проделанной работе. Напишите структуру кофеина и обоснуйте наличие в нем основного центра. Какой химический процесс лежит в основе данной пробы? Какой из реагентов выступает в роли кислоты? С какой целью применяется эта реакция?

Галловая кислота



Бесцветное кристаллическое вещество с т. пл. 220°С, хорошо растворимое в воде. При хранении постепенно темнеет. Содержится в природных продуктах (дубильных веществах, танине), из которых ее и получают.

Водные растворы дубильных веществ используют для денатурации белков (при дублении кож). Содержатся дубильные вещества в чернильных (дубильных, китайских) орешках, коре дуба, листьях чая. Главной составной частью дубильных веществ являются **танины.** Некоторые из них представляют гликозиды галловой кислоты.

Используют галловую кислоту для синтеза красителей, для получения пирогаллола и в качестве аналитического реагента, а также в качестве консерванта для многих пищевых продуктов (жиры, молочные продукты, рыба). Обычно для консервации используют соединения галловой кислоты, например гликозиды.

Задания по теме

1. По какому правилу производят нумерацию атомов в гетероцикле? Напишите строение пиррола, пиразола и хинолина и пронумеруйте атомы в них.

2. Какие из перечисленных соединений – тиофен, пиразол, пиридин – способны взаимодействовать с хлороводородной кислотой? Напишите уравнения реакций.

3. Ароматическими являются пятичленные гетероциклы с тремя (триазолы) и четырьмя атомами азота (тетразол). Напишите структуры: а) 1,2,3-триазола; б) 1,2,4-триазола; в) тетразола и докажите их соответствие критериям ароматичности.

4. По каким критериям пиридин и хинолин относятся к ароматическим соединениям? Нарисуйте схемы перекрывания р-атомных орбиталей в молекулах пиридина и хинолина.

5. Какой центр обусловливает основные и нуклеофильные свойства пиридина? Напишите уравнения реакций, в которых эти свойства проявляются.

6. Сравните реакционную способность пиридина и бензола в реакциях электрофильного замещения, исходя из электронного строения обоих соединений.

7. Сильные окислители (перманганат калия или азотная кислота) в жестких условиях окисляют хинолин, причем более устойчивым оказывается обычно гетероцикл. Напишите схему реакции окисления хинолина, в результате которой образуется хинолиновая кислота, и назовите продукт по заместительной номенклатуре. Покажите соответствие пиримидина критериям ароматичности.

8. Укажите, по каким критериям пиррол, фуран и тиофен относятся к ароматическим соединениям.

9. Нарисуйте схемы перекрывания *p*-атомных орбиталей в молекулах фурана и тиофена. Покажите графически и объясните причину неравномерного распределения электронной плотности в цикле.

10. Объясните причины, по которым пиррол и индол проявляют кислотные свойства. Обладают ли эти соединения основными свойствами?

11. Чем объясняется повышенная в сравнении с бензолом активность пиррола, фурана и тиофена в реакциях электрофильного

замещения? Напишите схемы реакций сульфирования урана и бензола. Почему в этих реакциях используются различные реагенты?

12. По каким критериям имидазол и пиразол относятся к ароматическим соединениям?

13. Нарисуйте схемы перекрывания р-атомных орбиталей в молекулах имидазола и пиразола. Какие центры ответственны за проявление кислотных и основных свойств этими гетероциклами?

14. Назовите гетероциклы, входящие в состав тиамина. Проявляют ли эти гетероциклы кислотные и основные свойства?

15. Один из пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом легче других вступает в реакции электрофильного замещения. Назовите этот гетероцикл.

16. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) 2,5-диметилфуран; б) тетрагидрофуран; в) 2,4-диметилтиофен; г) 5-нитрофурфурол; д) 2-хлор-5-нитротиофен.

17. Почему пиррол обладает слабыми основными свойствами? В состав, каких природных соединений он входит?

18. Почему пиридин и его гомологи обладают основными свойствами? Расположите по возрастанию основности следующие соединения: аммиак, метиламин, пиррол и пиридин.

19. Приведите структурные формулы веществ, относящихся к пиримидиновым и пуриновым основаниям.

20. За счет, каких групп атомов могут возникнуть водородные связи между аденином и тимином, гуанином и цитозином?

21. Что является элементарным (мономерным) звеном нуклеиновых кислот? В чем состоит различие между ДНК и РНК? Что такое «двойная спираль»?

22. Расскажите о биологической роли нуклеиновых кислот. Какое значение имеет правило комплементарности.

Контрольные вопросы

1. Что называют гетероциклическими соединениями? Приведите их примеры.
2. Как влияют на распределение π-электронной плотности в цикле входящие в него различные гетероатомы? Обладают ли пятичленные гетероциклы ароматическими свойствами?
3. Докажите соответствие пиррола, фурана, пиразола и хинолина критериям ароматичности.

4. Чем обусловлены кислотные и основные свойства гетероциклических соединений?
5. Охарактеризуйте классификацию гетероциклических соединений, напишите структурные формулы представителей каждого класса.
6. Что называют пятичленными гетероциклами с одним гетероатомом? Напишите структурные формулы этих соединений и назовите их.
7. Приведите способы получения пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом.
8. Укажите физические свойства пиррола.
9. Охарактеризуйте химические свойства пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом и напишите соответствующие уравнения реакций.
10. Напишите формулы пятичленных гетероциклов с двумя гетероатомами.
11. Укажите химические свойства гетероцикла в двумя гетероатомами. Назовите его.
12. Напишите структурную формулу шестичленного гетероцикла с одним гетероатомом и назовите его.
13. Укажите физические свойства пиридина.
14. Перечислите химические свойства пиридина и напишите уравнения соответствующих реакций.
15. Напишите структурные формулы шестичленных гетероциклов с двумя гетероатомами и назовите их.
16. Напишите формулу конденсированного гетероцикла, укажите входящие в его состав гетероциклы.

Лабораторная работа 20. ПОЛИМЕРЫ

Цель работы – ознакомление с двумя основными способами получения органических смол: процессами поликонденсации и полимеризации, а также с влиянием условий проведения процесса на его результат.

Опыт 1. Изготовление клея на основе карбамидо-формальдегидного полимера.

Реактивы и оборудование:

карбамид (мочевина) $H_2N–C(O)–NH_2$;

формальдегид H–CH=O (40% формалин);

гидроксид натрия NaOH (4%-й р-р);

хлористый аммоний NH_4Cl (сухой);

колба;

водяная баня.

Карбамидо-формальдегидные олигомеры и полимеры широко используются в качестве клеев, как в виде водных растворов, так и в виде паст, сиропов, твердых порошков. Отвердитель (катализатор) может способствовать снижению температуры отверждения клея, в результате чего получается клей холодного отверждения. В водных растворах соль реагирует со свободным формальдегидом, освобождая соответствующую сильную кислоту. Это приводит к снижению pH клея и ускоряет отверждение. Примерная схема реакции:

$$(CH_2)_6N_4 + 6H_2O + 4HCl \rightarrow 4NH_4Cl + 6H_2C=O$$

Ход работы.

В колбу помещают 5 г 40% формалина и 1 г 4% гидроксида натрия, хорошо перемешивают, добавляют через воронку 2,5 г карбамида и нагревают в кипящей водяной бане при температуре 80-90 °С в течение 1 часа. В процессе реакции pH раствора снижается до 6-7. Полученный жидкий раствор охлаждают, и смешивают с сухим хлористым аммонием (отвердитель) из расчета 1% от веса клея. Жизнеспособность клея 3-5 ч.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Составьте уравнения реакций взаимодействия карбамида с формальдегидом и получения высокомолекулярного соединения из образовавшегося вещества. Опишите внешний вид полимера.

Укажите растворители, в которых растворяется полученный полимер. Напишите реакцию отверждения полученного полимера.

Опыт 2. Синтез фенолоформальдегидных смол.

Реактивы и оборудование:

фенол жидкий;

формальдегид (40%-й р-р);

соляная кислота HCl (p = 1,19 г/см^3);

ацетон;

аммиак NH_4OH (2 моль/л);

этанол;

вода дистиллированная;

водяная баня;

стакан с холодной водой;

стекло;

пробирка.

Ход работы.

***А.* Получение новолачной смолы.**

В пробирку помещают 10 капель жидкого фенола и 8 капель раствора формальдегида. Нагревают смесь на водяной бане до растворения фенола.

Через 3 мин вносят в пробирку 5 капель концентрированной соляной кислоты (p = 1,19 г/см^3) и продолжают нагревание до расслоения смеси.

Пробирку помещают в стакан с холодной водой. После образования четкой границы между верхним слоем H_2O и нижним слоем смолы сливают воду и быстро выливают смолу на стекло. Образуется твердый продукт продукт – термопластичный полимер – новолак, растворимый в ацетоне. Образовавшуюся новолачную смолу испытывают на растворимость: а) в воде; б) в ацетоне; в) спирте.

***Б.* Получение резольной смолы.**

В пробирку помещают 10 капель жидкого фенола и 10 капель раствора формальдегида. К полученному прозрачному раствору добавляют 6 капель раствора аммиака (2 моль/л) и помещают пробирку в кипящую водяную баню примерно на 30-35 мин.

После того как жидкость в пробирке расслоится (верхний слой вода, нижний – резол), вынимают пробирку из водяной бани

и охлаждают ее. Сливают верхний слой воды. Добавляют к смоле немного этанола и нагревают пробирку в водяной бане до растворения смолы. Выливают образовавшийся спиртовой лак на стекло. На стекле после испарения спирта образуется прочная глянцевая пленка, ярко-желтого цвета – термореактивный полимер.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Какой процесс лежит в основе получения фенолоформальдегидных смол – полимеризация или поликонденсация? В чем разница между этими процессами?

При каких условиях процесса образуется: а) новолачная смола; б) резольная смола?

Запишите структурную формулу новолачной смолы. Укажите основные свойства линейных полимеров. В каком растворителе растворяется новолачная смола?

Запишите структурную формулу резольной смолы. Укажите основные свойства пространственных полимеров.

В чем разница между резолом и резитом? Запишите структурную формулу резита.

Опыт 3. **Синтез анилиноформальдегидной смолы**.

Реактивы и оборудование

анилин;
формальдегид;
этанол;
ледяная уксусная кислота;
спиртовка;
пробирка;
пробка;

Ход работы.

Поместите в пробирку 10 капель анилина и 10 капель раствора формальдегида (40 г формальдегида в 100 г раствора). Закройте пробирку пробкой и, перемешивая жидкость, добейтесь образования белого осадка. Промойте осадок водой и этанолом (декантацией). Добавьте к влажному осадку 5 капель ледяной уксусной кислоты и нагрейте смесь в пламени спиртовки. Смесь окрашивается в желтый или оранжевый цвет. После сплавления получается прозрачный полимер.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Какой процесс лежит в основе получения анилиноформальдегидной смолы – полимеразация или поликонденсация?

Составьте уравнения реакций получения мономера и получения из него высокомолекулярного соединения. Опишите внешний вид полимера.

Опыт 4. **Деполимеризация полиметилметакрилата.**

Реактивы и оборудование

органическое стекло, измельч;
формальдегид;
этанол;
ледяная уксусная кислота;
спиртовка;
пробирка с пробкой и газоотводной трубкой;
пробирка-приемник;
вода со льдом;
бромная вода;
Ход работы.

Немного измельченного органического стекла помещают в пробирку и плотно закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой, соединенной с трубкой-холодильником. Опускают конец трубки-холодильника почти до дна в пробирку-приемник, охлаждаемую водой со льдом.

Реакционную пробирку нагревают в пламени спиртовки, сначала осторожно, затем сильно. Нагревание ведут до полной деполимеризации полиметилметакрилата. В приемнике собирается жидкость желтоватого цвета – метилметакрилат. Метиловый эфир метакриловой кислоты бесцветен, но эфир получается желтого цвета, так как загрязнен примесями. Метилметакрилат имеет характерный запах.

В остывшую пробирку добавляют постепенно при встряхивании несколько капель бромной воды. Бромная вода обесцвечивается, что указывает на наличие двойной связи в молекуле метилметакрилата.

Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Запишите формулу полиметилметакрилата и уравнение реакции деполимеразации.

Напишите уравнение реакции на кратность связи в молекуле мономера.

Составьте уравнение реакции получения мономера – метилметакрилата – из соответствующих кислоты и спирта. Назовите все вещества, участвующие в реакции.

Опыт 5. Растворение целлюлозы в медно-аммиачном растворе (реактиве Швейцера)

Реактивы и оборудование:

медно-аммиачный раствор (реактив Швейцера);

серная кислота (конц.);

вода дистиллированная;

вата гигроскопическая (целлюлоза);

стакан химический 200 мл;

стеклянные палочки;

пробирки.

Ход работы.

Помещают в пробирку небольшой кусочек ваты (целлюлоза) и наливают 5 мл медно-аммиачный раствора (реактив Швейцера).

И тщательно перемешивают содержимое пробирки стеклянной папочкой до полного растворения ваты. Получается вязкая прозрачная жидкость ярко-синего цвета. Получившийся раствор выливают тонкой струей в стакан, содержащий около 100 мл теплой воды, подкисленной 2-5 мл концентрированной серной кислоты. Целлюлоза выделяется из раствора в виде хлопьев. Способностью целлюлозы растворятся в реактиве Швейцера пользуются при производстве медно-аммиачного искусственного шелка.

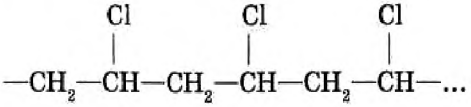
Составьте отчет, указав в нем свои наблюдения, и сделайте вывод о проделанной работе.

Задания по теме

1. Почему структурным звеном полиэтилена принято считать $-CH_2-CH_2-$, а не $-CH_2-$?

2. Что общего и в чём различие между молекулой мономера и структурным звеном образуемого им полимера?

3. Широко распространённый полимер полихлорвинил имеет строение



Найдите структурное звено полимера и определите структурную формулу мономера.

4. Полиэтилен с молекулярной массой около 28000 представляет собой вязкую жидкость. Вычислите степень полимеризации такого полиэтилена.

5. В чём особенность понятия «молекулярная масса» для полимеров и низкомолекулярных веществ?

6. Как объяснить неудачи при перегонке высокомолекулярных соединений?

7. Охарактеризуйте зависимость свойств линейных полимеров от длины их макромолекул.

8. Поясните, могут ли полимерные нити быть более прочными по сравнению с остальными при соответствующей технике обработки.

9. Определите роль инициатора в процессе полимеризации. В чём различие между инициатором и катализатором?

10. Какими структурными признаками должны характеризоваться вещества, вступающие в реакцию: а) полимеризации; б) поликонденсации?

11. Можно ли полимеры одного и того же типа получать методами и полимеризации, и поликонденсации?

12. Составьте уравнение реакции получение полистирола, осуществляемой по принципу «голова – хвост».

13. Какая реакция может протекать при контакте полистирола с азотной кислотой? Приведите её схему.

14. Напишите качественные реакции, подтверждающие непредельный характер продукта деполимеризации полистирола.

15. Каким образом проявляется различие свойств полиэтилена высокого и низкого давления? Чем это различие объясняется?

16. Составьте уравнение реакции полимеризации тетрафторэтилена, укажите его структурное звено. Чем можно объяснить исключительную химическую стойкость полимера? Обладает ли он горючестью?

17. Вы познакомились с полимеризацией метилового эфира метакриловой кислоты. Сопоставьте этот процесс с полимеризацией метилового эфира акриловой кислоты.

18. Сравните химические свойства полипропилена и полистирола.

19. В чём заключается важное различие поликонденсации формальдегида с фенолом и 4-метилфенолом?

20. При нагревании выше 200 °С полиметилметакрилат деполимеризуется, подобно полистиролу. Составьте уравнение реакции деполимеризации.

21. Зная химическое строение полиметилметакрилата, объясните меньшую стойкость его к растворам кислот и щелочей (при нагревании) по сравнению с другими рассмотренными полимерами.

22. Охарактеризуйте полимерные материалы, получаемые на основе фенолформальдегидной смолы с применением различных наполнителей.

23. Составьте уравнение реакции получения изопрена из изопентана.

24. Исходя из этана, можно получить бутадиен. Напишите уравнения реакций получения бутадиена из этана. Дайте схему полимеризации бутадиена в бутадиеновый каучук. Как придать ему прочность?

25. Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений:

а) этилен → этиловый спирт→бутадиен→ бутадиеновый каучук;

б) этан → бутан → бутадиен → бутадиеновый каучук.

26. Один из видов синтетического каучука получают из 2-хлорбутадиена-1,3 (хлоропрена). Составьте структурную формулу хлоропрена. Почему хлоропреновый каучук при горении выделяет удушливый дым? Докажите это с помощью реакции горения хлоропрена.

27. Рассчитайте число звеньев изопрена в каучуке, которые связываются одним атомом серы, если при вулканизации к каучуку добавили 2% серы от массы каучука.

28. При сжигании 84 г резины, содержащей 97% бутадиенового каучука и 3% серы, получили смесь газов. Каковы объёмные доли каждого из них в общем объёме полученных газов (н. у.)?

29. Каким химическим превращениям подвергается целлюлоза при получении ацетатного волокна? Почему одни волокна формуются из раствора, а другие – из расплава полимера? Сравните технологические процессы.

30. Полиэфир – лавсан. Составьте структуру полимера, который можно получить, если терефталевую кислоту (пара-изомер) заменить на изомеры – *орто*-фталевую или *мета*-фталевую кислоты. Объясните, почему для синтеза волокна употребляется только терефталевая кислота.

31. Волокно анид (нейлон) получают из продукта поликонденсации гексаметилендиамина $H_2N–(CH_2)_6–NH_2$ и адипиновой кислоты $HOOC–(CH_2)_4–COOH$. Приведите схему этой реакции.

32. В чём различие между эластичностью и пластичностью?

33. Назовите структурный фактор, различающий макромолекулы каучуков и волокон. Как это сказывается на их свойствах?

34. Полимеризацией мономера хлоропрена получают хлоропреновый каучук, характеризующийся высокой устойчивость к действию света, теплоты и растворителей, слабой набухаемостью в бензине (это очень важное свойство). Составьте уравнение полимеризации хлоропрена и формулу структурного звена полимера.

$$CH_2=CH–\underset{\displaystyle Cl}{\overset{\displaystyle |}{C}}–CH_2$$

Контрольные вопросы

1. Какие органические соединения называются высокомолекулярными (полимерами)?

2. Что такое мономер? степень полимеризации?

3. Кик образуются полимеры? Приведите примеры полимеризации и поликонденсации.

4. Дайте определение высокомолекулярным соединениям, получаемым методом поликонденсации. Как идет процесс образования ВМС методом поликонденсации?

5. Что представляют собой фенолоальдегидные полимеры? Опишите способы их получения и особенности применения.

6. Каковы особенности получения и применения аминоформальдегидных полимеров?

7. Расскажите об условиях получения и специфических свойствах полиамидных высокомолекулярных соединений.

8. Перечислите важнейшие специфические свойства кремнийорганических соединений.

9. В чем состоят характерные особенности физико-механических и химических свойств высокомолекулярных органических соединений?

10. Расскажите о применении полимеров при флотации руд. Какие природные полимеры вы знаете? Какой природный мономер в процессе полимеризации дает натуральный каучук?

11. Что такое пластмасса? Какие компоненты входят в состав пластмассы?

12. Какой комплекс технических характеристик обуславливает широкое применение пластмасс?

13. Перечислите основные области применения пластмасс и приведите примеры.

Приложения

Приложение 1

Справочные таблицы

Классы органических соединений

Функциональная группа	Название группы	Классы соединений	Пример
-OH	Гидроксил	Спирты	C_2H_5OH этиловый спирт
		Фенолы	 фенол
>C=O	Карбонил	Альдегиды	CH_3CHO уксусный альдегид
		Кетоны	CH_3COCH_3 ацетон
	Карбоксил	Карбоновые кислоты	CH_3COOH уксусная кислота
$-NO_2$	Нитрогруппа	Нитросоединения	CH_3NO_2 нитрометан
$-NH_2$	Аминогруппа	Амины	 анилин
-F, -Cl, -Br, -I (Hal)	Фтор, хлор, бром, иод (галоген)	Галогенопроизводные	CH_3Cl хлористый метил

Гомологический ряд алканов C_nH_{2n+2}

Название и обозначение		Формула		М, г/моль	Количество изомеров
		молекулярная	структурная		
Метан	C_1	CH_4		16	1
Этан	C_2	C_2H_6	$CH_3–CH_3$	30	1
Пропан	C_3	C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$	44	1
н-Бутан	C_4	C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	58	2
*Изо*бутан 2-метилпропан		C_4H_{10}			
н-Пентан	C_5	C_5H_{12}	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$	72	3
н-Гексан	C_6	C_6H_{14}	$CH_3-(CH_2)_4CH_3$	86	5
н-Гептан	C_7	C_7H_{16}	$CH_3-(CH_2)_5CH_3$	100	9
н-Октан	C_8	C_8H_{18}	$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$	114	18
*Изо*октан 2,2,4,-триметилпентан		C_8H_{18}			
н-Нонан	C_9	C_9H_{20}	$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$	128	35
н-Декан	C_{10}	$C_{10}H_{22}$	$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$	142	75

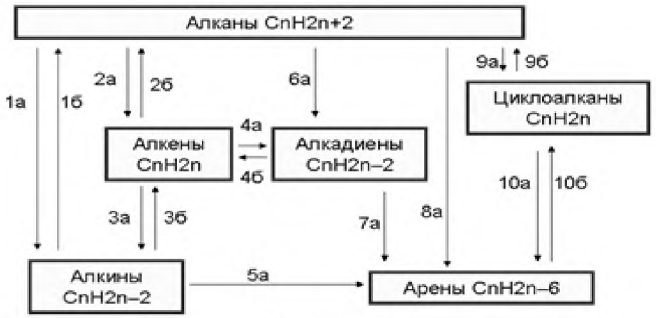
Названия: С1-С4 – тривиальные, последующие греческие числительные, кроме С9, нонан - с латинского – девять. Изостроение в ряду алканов начинается с С4.

Простейшие углеводородные радикалы алканов (алкилы)

	Алкан	УВ радикалы	Названия УВ радикалов
C1	CH_4 метан	CH_3-	метил, одновалентный
		$CH_2=$	метилен, двухвалентный
		$HC\equiv$	метин, трехвалентный
C2	CH_3-CH_3 этан	CH_3-CH_2-	этил, одновалентный
		$-CH_2-CH_2-$	этилен, двухвалентный
C3	$CH_3-CH_2-CH_3$ пропан	$CH_3-CH_2-CH_2-$	*н*-пропил, первичный
		$CH_3-\underset{\vert}{CH}-CH_3$	*изо*пропил, вторичный
C4	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ *н*-бутан	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$	*н*-бутил, первичный
		$CH_3-CH_2-\underset{\vert}{CH}-$ $\vert$ CH_3	*втор*-бутил, вторичный
	$CH_3-\underset{\vert}{CH}-CH_3$ $\vert$ CH_3 *изо*бутан	$CH_3-\underset{\vert}{CH}-CH_2-$ $\vert$ CH_3	*изо*бутил, первичный изобутил
		$CH_3-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-$ $\vert$ CH_3	*трет*-бутил, третичный изобутил
C5	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$ *н*-пентан	$CH_3-(CH_2)_3-CH_2-$	*н*-пентил (амил), первичный

В ряду радикалов также наблюдается явление изомерии, начиная с С3, т. е. число изомеров больше, чем у соответствующих алканов.

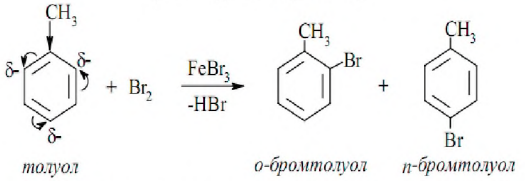
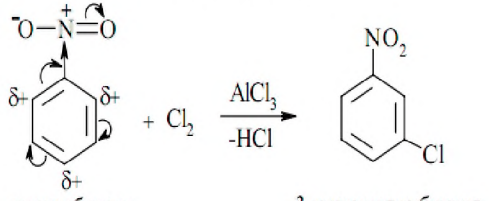
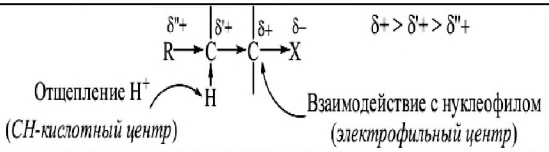
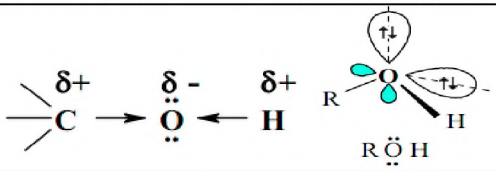
Взаимопревращения углеводородов.

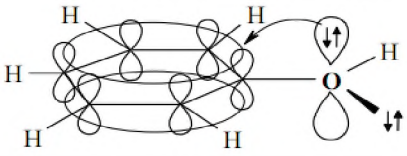
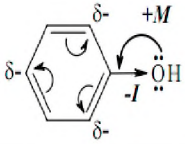
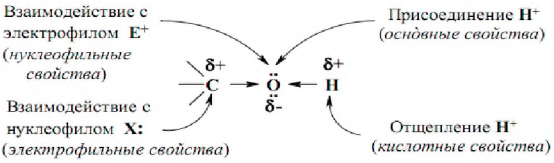
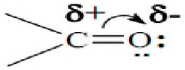
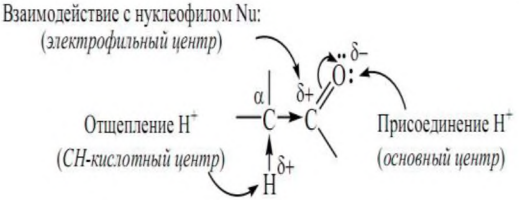
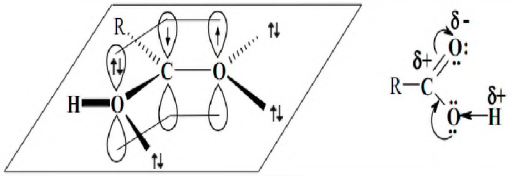


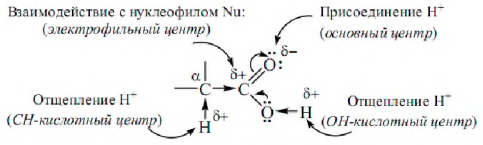
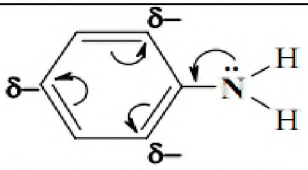
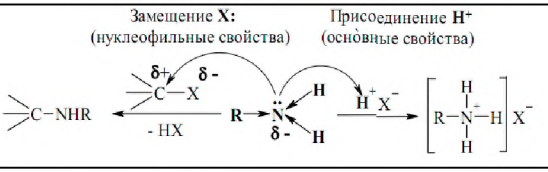
Типы реакций:
гидрирование – 1б, 2б, 3б, 4б, 9б, 10б; дегидрирование – 2а, 3а, 4а, 6а, 7а, 10а;
крекинг – 1а, 2а;
тримеризация – 5а; димеризация – 4а.
дегидроциклизация – 8а; циклизация дибромалканов – 9а;
диеновый синтез – 7а.

Приложение 2

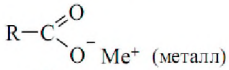
Строение функциональных групп и реакционные центры молекул органических веществ

Ориентанты I рода (*орто-* и *пара-* ориентанты)	–CH_3, –C_2H_5 и т.п. (+***I***), –OH (+***M***, –***I***), –OR(+***M*** –***I***), –NH_2 (+***M*** –***I***), –NR_2 (+***M*** –***I***).  *толуол* *о-бромтолуол* *п-бромтолуол* электроноакцепторные свойства: –F (+***M*** < –***I***), –Cl (+***M*** < –***I***), –Br (+***M*** < –***I***). Являясь *орто-пара*-ориентантами, они замедляют электрофильное замещение. Галогены – *дезактивирующие орто-пара-ориентанты.*
Ориентанты II рода (*мета*-ориентанты)	–NO_2 (–M, –***I***),), –COOH (–M), –CH=O (–M), –SO_3H (–M –***I***), –CCl_3 (–***I***).  *нитробензол* *3-нитрохлорбензол*
Два реакционных центра галогеноуглеводородов	 Отщепление H^+ (*СН-кислотный центр*) Взаимодействие с нуклеофилом (*электрофильный центр*)
Строение гидроксильной группы в спиртах	

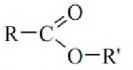
Сопряжение с ароматической π-системы в фенолах	
Электронные эффекты ОН-групп в феноле +M > –I	
Реакционные центры молекулах гидроксисоединений	
Строение функциональной группы карбонильных соединений	
Реакционные центры молекулах карбонильных соединений	
Строение функциональной группы карбоновых кислот	

Реакционные центры молекулах карбоновых кислот	
Электронные эффекты в молекулах аминов	
Реакционные центры молекулах аминов	

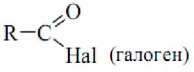
Наиболее важные производные карбоновых кислот



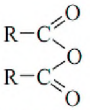
Соли



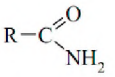
Сложные эфиры



Галогенангидриды



Ангидриды



Амиды

Нитрилы

СХЕМЫ МЕХАНИЗМОВ ОРГАНИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Механизм радикального замещения обозначается символом S_R (от англ. Substitution Radical)

Стадия I: *зарождение (инициирование) цепи* – появление в зоне реакции свободных радикалов. Под действием световой энергии гомолитически разрывается связь в молекуле Cl:Cl на два атома хлора $^{\bullet}Cl$, являющихся свободными радикалами (частицами с неспаренным электроном): $Cl_2 \xrightarrow{-h\nu} 2Cl^{\bullet}$

Стадия II: *развитие (рост) цепи*. Свободные радикалы, взаимодействуя с молекулами, порождают новые радикалы и развивают цепь превращений:

$$Cl^{\bullet} + CH_4 \longrightarrow HCl + {}^{\bullet}CH_3$$

$$^{\bullet}CH_3 + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + Cl^{\bullet}$$

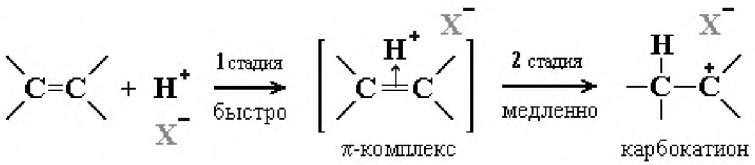
Реакция $Cl^{\bullet} + CH_4 \longrightarrow CH_3Cl + H^{\bullet}$ не идет из-за высокой энергии активации, так как энергия атомарного водорода $H^{\bullet}$ значительно выше, чем метильного радикала $^{\bullet}CH_3$.

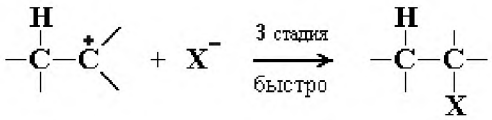
Стадия III: *обрыв цепи*. Радикалы, соединяясь (рекомбинируя) друг с другом, образуют молекулы и обрывают цепь превращений:

$$^{\bullet}CH_3 + {}^{\bullet}CH_3 \xrightarrow{\text{быстро}} CH_3{-}CH_3$$

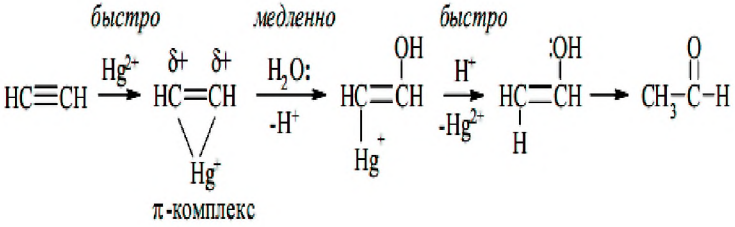
$$^{\bullet}CH_3 + Cl^{\bullet} \xrightarrow{\text{быстро}} CH_3Cl$$

Механизм электрофильного присоединения Ad_E

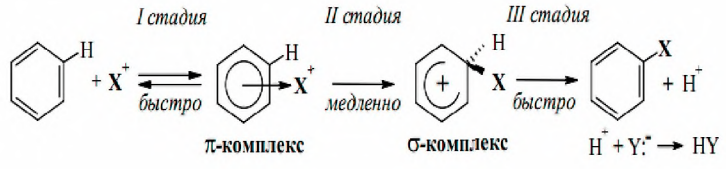




Механизм нуклеофильного присоединения Ad_N (гидратация ацетилена)

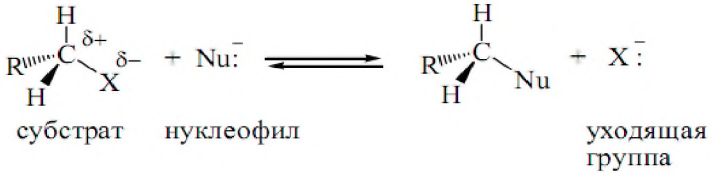


Механизм электрофильного замещения (S_E)



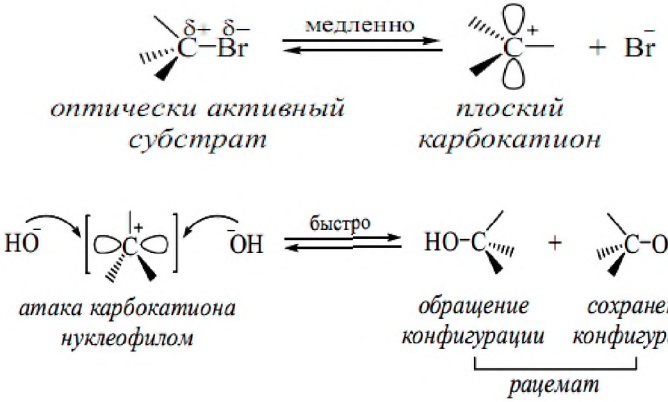
Нуклеофильное замещение в галогеналканах

Реакции замещения галогена в галогеналканах протекают под действием нуклеофильных реагентов (Nu:)

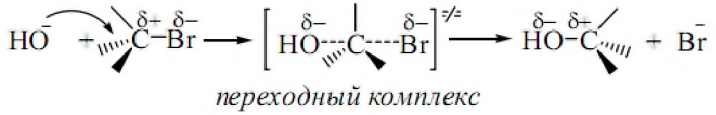


Нуклеофилом называется частица (анион или молекула), имеющая на внешнем электронном уровне неподеленную пару электронов и способная предоставить эту пару для образования связи любому элементу, отличному от водорода (частица, отдающая электронную пару атому водорода, считается основанием).

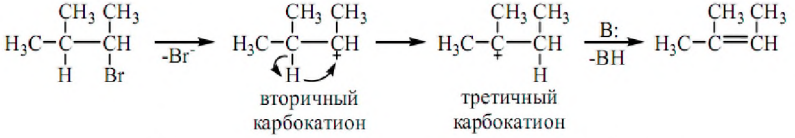
Мономолекулярное нуклеофильное замещение (S_N1)



Бимолекулярное нуклеофильное замещение (S_N2)

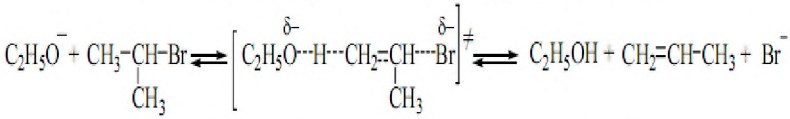


Механизм элиминирования (E1)



В реакциях E1 соблюдается правило Зайцева

Бимолекулярное элиминирование (E2)



Реакция E2 подчиняется правилу Зайцева

Рекомендуемая литература

1. Грандберг, И. И. Органическая химия. Практические работы и семинарские занятия : учебное пособие / И. И. Грандберг. – 7-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 360 с. – ISBN 978-5-8114-3902-7.

2. Кумыков, Р. М. Органическая химия : учебник для вузов / Р. М. Кумыков, А. Б. Иттиев. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 340 с. – ISBN 978-5-507-49472-9.

3. Щеголев, А. Е. Органическая химия. Механизмы реакций : учебное пособие для вузов / А. Е. Щеголев, Н. М. Чернов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 132 с. – ISBN 978-5-507-47619-0.

4. Артеменко, А. И. Органическая химия для нехимических направлений подготовки : учебное пособие / А. И. Артеменко. – 3-е изд., испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 608 с. – ISBN 978-5-8114-1620-2.

5. Ермакова, Н. В. Органическая химия: теория и практика : учебное пособие / Н. В. Ермакова, М. В. Воронкова, С. Н. Коношина. – Орел : ОрелГАУ, 2024. – 142 с.

6. Кайгородова, Е. А. Органическая, физическая и коллоидная химия : учебное пособие / Е. А. Кайгородова. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – 137 с. – ISBN 978-5-907294-70-7.

Учебное издание

Бакаева Наталья Павловна

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум

Подписано в печать 16.12. 2024. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 8,5; печ. л. 9,1.
Тираж 300. Заказ № 363.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр 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 общеобразовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Н. А. Ермакова

БОТАНИКА

Методические указания

Кинель
2025

УДК 580(07)
ББК 28.5
Е72

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Ермакова, Н. А.
Е72 Ботаника: методические указания /Н. А. Ермакова – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2025. – 25 с.

Учебное издание предназначено для студентов агрономического факультета, обучающихся по направлениям 35.03.05 «Садоводство», профиль подготовки «Декоративное садоводство и ландшафтный дизайн», 35.03.04 «Агрономия» профиль подготовки «Полеводство» и «Селекция и семеноводство», 35.03.01 «Лесное дело» профиль подготовки «Лесное хозяйство» при прохождении ознакомительной практики по ботанике

Методические указания включают сведения о гербаризации, определении видов растений и методы геоботанического обследования территории. Изложены правила техники безопасности и поведения при выполнении работ. Представлены правила оформления отчёта о практике.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2025
© Ермакова Н. А., 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 4
1. Общие положения 5
2. Содержание ознакомительной практики 6
2.1. Изучение правил техники безопасности и поведения на практике 6
2.2. Материалы и инвентарь, необходимый для проведения учебной практики 7
2.3. Методики сбора и высушивания растительных образцов, оформления гербария, определения видов, проведения геоботанических исследований 8
3. Оформление результатов ознакомительной практики .. 17
Приложения 20
Рекомендуемая литература 24

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания разработаны с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) третьего поколения по направлениям подготовки 35.03.05 Садоводство, 35.03.04 Агрономия, 35.03.01 Лесное дело на основании рабочих программ ознакомительной практики по ботанике. Целью учебного издания по прохождению ознакомительной практики является формирование у обучающихся компетенций по распознаванию по морфологическим признакам родов, видов травянистых форм растений и готовности к оценке фитоценозов.

Задачами учебного издания по прохождению ознакомительной практики являются:

- закрепить и углубить знания по морфологии и систематике растений;
- познакомиться с методами проведения полевых геоботанических исследований;
- формировать знания об основных видах местной флоры;
- научиться правильно собирать, определять и сушить растения;
- закрепить навыки монтирования гербария по морфологии и систематике растений;
- вести фенологические наблюдения в природе;
- познакомиться с разнообразием жизненных форм и экологическими группами растений в районе проведения практики;
- изучить набор фитоценозов района практики и их основные показатели (флористический состав, структуру, обилие, фенологические фазы, жизненность),
- изучить закономерности распределения растительных сообществ, взаимосвязи между растениями в разных фитоценозах, взаимозависимости между различными компонентами биогеоценоза;
- сформировать умения отличать основные типы растительного покрова, ботанически грамотно характеризовать их в описаниях, зарисовках и других материалах;
- формировать навыки проведения самостоятельных исследований в полевых условиях.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Используя методические указания на ознакомительной практике по ботанике для обучающихся по направлениям подготовки 35.03.05 Садоводство, 35.03.04 Агрономия, 35.03.01 Лесное дело обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения и общепрофессиональные компетенции (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП).

Необходимыми условиями для освоения практики:

Знание: морфологии, систематики, а также закономерностей распределения растительных сообществ по поверхности Земного шара. Знать местообитание растений. Растительность, флору, растительные ассоциации, классификацию фитоценозов. Знать методику сбора растений во время экскурсий.

Умение: распознавать культурные и дикорастущие растения, использовать навыки, полученные в результате освоения дисциплины в профессиональных целях, работать различать между собой разные типы вегетативных и генеративных органов растений, а также их видоизменений. Уметь проводить геоботанические исследования методом пробных площадок, уметь заполнять дневник практики.

Владение навыками: сбора растений во время экскурсий, определения растений, морфологического описания растений; определения основных сельскохозяйственно-важных семейств растений; различать главнейшие порядки и семейства, важнейших представителей, а также учитывать хозяйственное значение.

Учебная практика по дисциплине «Ботаника» является предшествующей для следующих дисциплин: физиология растений, генетика, микробиология, дендрология, овощеводство, плодоводство.

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

- Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий.

Тип практики – ознакомительная.

Объем практики – 108 ч.

Форма проведения – дискретно.

Способ проведения –полевой и стационарный.

2. СОДЕРЖАНИЕ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ

2.1. Изучение правил техники безопасности и поведения на практике

Перед началом практики обучающиеся в обязательном порядке проходят инструктаж по технике безопасности и правилам поведения на практике. Цель вводного инструктажа – разъяснить правила поведения по соблюдению производственной и трудовой дисциплины, ознакомить со спецификой работы, общими условиями безопасности труда, основными положениями законодательства об охране труда.

Инструктаж проводит руководитель практики от академии с обязательной подписью каждого обучающегося в журнале регистрации инструктажа по мерам безопасности, пожарной безопасности при проведении практик студентов.

Правила поведения на практике и техника безопасности:

1. На практику необходимо приходить в соответствующей одежде (брюки, рубашки с длинным рукавом, удобная обувь на низком каблуке, головной убор).

2. С собой иметь репелленты против насекомых, дневник и ручку для записей.

3. Нельзя пробовать на вкус незнакомые объекты исследования и биологические материалы.

4. Необходимо бережно относиться к природе и её растительным ресурсам.

5. Запрещается оставлять мусор на территориях прохождения практики.

6. Необходимо держаться группой и не расходиться, если этого не требуется для выполнения конкретного задания.

7. Нельзя разводить костры, бросать окурки в лесных и др. зонах прохождения практики.

8. В случае травмы уметь оказать первую помощь, при необходимости вызвать скорую помощь по телефону экстренной службы 112 или 103.

9. При укусе клеща обратиться в медучреждение для оказания помощи.

10. Необходимо иметь с собой материалы и инструменты для прохождения практики.

11. По окончании практики сдать материалы и инвентарь на кафедру.

Во время прохождения практики в аудиториях академии студенты обязаны:

– находиться на своих рабочих местах, выполняя работу согласно индивидуальному заданию;

– соблюдать дисциплину, не покидать группу без разрешения руководителя практики;

– бережно относиться к имуществу университета;

– не открывать дверцы электрических распределительных щитов;

– не высовываться в окна и вставать на подоконники.

Обучающийся допускается к работе после проверки усвоения правил техники безопасности и поведения на практике.

2.2. Материалы и инвентарь, необходимый для проведения учебной практики

Каждый обучающийся 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.

2.3. Методики сбора и высушивания растительных образцов, оформления гербария, определения видов, проведение геоботанических исследований

Сбор растений для определения видов и высушивание для гербария

Растения для гербария и определения видов лучше собирать днем в сухую погоду. Мокрые и влажные растения могут загнить и изменить цвет. С деревьев и кустарников срезают только отдельные боковые побеги. Отмечают высоту растения, форму кроны, особенности стволов. Не следует брать поврежденные, угнетенные и уродливые экземпляры. По возможности брать побеги с цветами или плодами.

Закладывают побеги в гербарный лист и вкладывают черновую этикетку. На ней карандашом отмечают: место сбора (область, район, населенный пункт, дендрарий, ботанический сад и др.); дату сбора (число, месяц, год); фенологическую фазу (цветение, плодоношение и др.); фамилию, имя обучающегося.

Растения, предназначенные для гербаризации, необходимо высушить, чтобы сохранить их естественную окраску. Побеги внимательно рассматривают и расправляют на гербарном листе. Между гербарными листами прокладывают 2-3 сухих листа газеты. Помещают гербарий в гербарную сетку, перетягивают шпагатом и подвешивают в проветриваемом месте. Ежедневно необходимо менять проложенные газеты.

Оформление гербария

Высушенные растения монтируют на листе плотной белой бумаги размером 30×40 см. Растения можно пришить нитками или приклеить скотчем. В нижнем правом ряду размещается постоянная этикетка. Она должна содержать: латинское и русское название семейства, латинское и русское название вида, место сбора, дата сбора.

Место обитание – место произрастания, экологическое понятие под этим термином понимают совокупность условий, в которых

встретилось данное растение (например, пойма реки «Большой Кинель» или балка «Каменный овраг»).

Работа с определителями

Изучение флоры связано с определением составляющих ее растений. Определить растение – это значит установить его точное видовое название и принадлежность к более крупному таксону. Определение можно проводить как непосредственно в природе, не повреждая растения, так и в лаборатории (что приходится делать в случаях, когда необходимо пользоваться оптикой) по свежему или гербарному материалу. Определяют растения с помощью определителя.

Определитель состоит из таблиц для определения. Обычно первой помещают таблицу для определения семейств, вслед за ней идут таблицы, по которым находят принадлежность растений к роду и виду в пределах рода. В ботанических определителях и «флорах» таблицы строятся обычно по дихотомическому (вильчатому) принципу: они состоят из пронумерованных ступеней, каждая из которых включает два взаимоисключающих диагноза – тезу и антитезу. Выбор одного из этих диагнозов в соответствии с признаками искомого растения и составляет сущность определения.

Ошибки в определении чаще всего происходят от невнимательного выбора диагноза без детального анализа всех указанных им признаков. Чтобы избежать таких ошибок, надо следовать следующим правилам:

1) перед определением анализируют все признаки растения;

2) в ходе определения внимательно и до конца прочитывают диагнозы, тезы и антитезы каждой ступени, учитывая весь комплекс, а не один признак;

3) встретившись с незнакомым термином, следует выяснить его значение.

Последовательность определения растений (памятка для обучающихся):

- Определение всегда начинать с первой ступени. Внимательно прочитать тезу и антитезу и сравнить признаки, приведенные в них, с гербарием определенного растения.

- Если подходит теза, то следует перейти к той ступени, номер которой стоит после описания признаков тезы, если же признаки

растения схожи с антитезой, то переходят к ступени, номер которой указан после антитезы.

- В указанной ступени опять сравнивать признаки растения с тезой и антитезой. Выбирают одну из них и переходят к другой ступени, куда вас отсылают.

- Если после тезы и антитезы нет цифры, указывающей переход к следующей ступени, а стоит название растения, то определение растения на этом заканчивается.

- Найдя видовое название растения, надо точно вписать бинарное название вида (русское и латинское) в этикетку гербарного образца.

Методика проведения геоботанического обследования территории

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.

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.

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 – темнокрасного 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, 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. 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 четырехбальной 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: cop3, cop2, cop1, 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 м2, взяв несколько таких площадок.

6) 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.

3. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ

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 в примере. 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.

Каждый студент в течение практики ведет дневник, в котором ежедневно записываются:

- тема, место проведения работ и основные задачи;

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 30 видов растений (для очной формы обучения), хорошо высушенных, правильно определенных, с правильно и аккуратно написанными этикетками. (прил. 4.). Растения в гербарии систематизированы по семействам, а семейства расположены в эволюционном порядке (согласно определителю);

2) отчета по пройденной практике.

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 ознакомительной практике должен содержать:

- титульный лист (прил. 1);
- индивидуальное задание на практику (прил. 2);
- основные разделы отчета;

Зачет проводится в форме собеседования, студент должен знать все собранные в гербарий растения, (русское и латинское название) и знать ответы на следующие вопросы:

1. Перечислить группы растений по отношению к воде.
2. Жизненная форма и классификация жизненных форм.
3. Понятие о растительности и флоры.
4. Что такое фитоценоз и ассоциация.
5. Признаки растительного сообщества.
6. Методика геоботанических исследований.
7. Признаки фитоценоза.
8. Растения лугов и их экологические особенности.
9. Типы лугов.
10. Характеристика и классификация лугов района практики.
11. Растения степей и экологические особенности.
12. Типы степей.
13. Характеристика и классификация лугов района практики.
14. Растения леса и их экологические особенности.
15. Растительные яды и их действие на организм человека и животных.
16. Ядовитые растения естественных лугов.
17. Ядовитые растения лесных лугов.
18. Ядовитые растения степных участков.
19. Растения индикаторы.
20. Вредные растения.
21. Сорные растения.
22. Классификация сорных растений.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец оформления титульного листа отчета об ознакомительной практике

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

Кафедра «Садоводство и селекция»

ОТЧЕТ

об ознакомительной практике по ботанике

Направление подготовки:
Профиль подготовки:

Выполнил:
Ф.И.О._____
Курс_____
Группа_____

Кинель 20_

Приложение 2

Образец оформления индивидуального задания на практику и плана (графика) прохождения практики

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

Факультет «Агрономический»
Кафедра «Садоводство и селекция»
Специальность (направление)

ЗАДАНИЕ

На Ознакомительную практику по ботанике
Обучающегося _____
(фамилия, имя, отчество полностью, № группы)
Место прохождения практики Кафедра «Садоводство и селекция» ФГБОУ ВО Самарский ГАУ_____
(наименование организации)
Срок прохождения практики с_____20___г. по_____20___г.
Содержание задания на практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов): изучить морфологические особенности и систематическое положение основных видов местной флоры используя геоботанические методы. Оформить гербарий, дневник, отчет.

Индивидуальное задание:
1. Описать строение поймы реки Большой Кинель и балки «Каменный овраг». 2. Описать луговую и степную растительность и экологические особенности. 3. Описать типы лугов и степей. 4. Собрать, определить, высушить растения и смонтировать гербарий. 5. Написать дневник и оформить отчет.

Дата выдачи задания «___» _____ 20___г.
Руководитель практики _____ / _____ /
подпись И.О. Фамилия
Принял к исполнению _____ / _____ /
подпись И.О. Фамилия (обучающегося)

«___» _____ 20___г.

Приложение 3

План (график)
Прохождения практики
Ознакомительная практика по ботанике

№	Наименование этапов прохождения практики	Сроки выполнения
1	Подготовительный	
2	Основной	
3	Заключительный	

Обучающийся _____ / _____ /
подпись И.О. Фамилия (обучающегося)
Руководитель практики
от университета _____ / _____ /
подпись И.О. Фамилия

Приложение 4

Образец оформления этикетки гербария

ФГБОУ ВО «Самарский государственный
аграрный университет»
Кафедра «Садоводство и селекция»

Семейство (русское и латинское название): _____
Название вида (по – русски): _____
Название вида (по – латыни):_____
Местообитание: _____

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. Жуковский, П. М. Ботаника. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1982. – 623.

4. Корягина, Н. В. Ботаника / Ю. В. Корягин, Н. В. Корягина .– Пенза : РИО ПГАУ, 2018 .– 247 с.

5. 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.

6. Садчиков, А. П. Гидроботаника: Прибрежно-водная растительность: учебное пособие для вузов / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с.

7. 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.

Учебное издание

Ермакова Наталья Александровна

БОТАНИКА

Методические указания

Авторская редакция

Подписано в печать 12.02.2025. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 1,45; печ. л. 1,56
Тираж 50. Заказ №. 31.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 89397540486 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru