

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»  
Географо-биологический факультет  
Кафедра биологии, экологии и методики их преподавания

**Изучение структуры и внутривидовой изменчивости  
подземных органов растений в курсе**

**«Биология. Растения»**

Выпускная квалификационная работа

Квалификационная работа

допущена к защите

и.о.зав. кафедрой

Н.Л.Абрамова

\_\_\_\_\_

дата

подпись

Руководитель ОПОП:

Н.Л. Абрамова

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

Исполнитель:

Литенкова Полина  
Алексеевна,

обучающийся БЭ-41 группы

\_\_\_\_\_

Подпись

Научный руководитель:

Л.Г. Таршис

доктор биологических наук,  
профессор

\_\_\_\_\_

ПОДПИСЬ

Екатеринбург 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3стр.
ГЛАВА 1. Анализ школьных учебников по биологии.....	5стр.
1.1. Анализ учебника Захаров В.Б., Сонин Н.И. «Биология, Многообразие живых организмов» учебник для 6 класса, 2011. ....	5стр.
1.2. Анализ учебника Сухорукова Л.Н., Кучменко В.С. «Биология: живой организм» учебник для 6 класса, 2007.....	10стр.
1.3. Анализ учебника Пасечник В.В. «Биология. Бактерии, грибы, растения.» учебник для 6 класса, 2011.....	14стр.
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЯ И СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ.....	17стр.
2.1. Ризология как наука.....	17стр.
2.2. Методы ризологических исследований .....	21стр.
2.3. Разнообразие и внутривидовая изменчивость подземных органов растений.....	37стр.
ГЛАВА 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «ПОДЕЗЕМНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ» ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 6 КЛАССОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ.....	52стр.
3.1. Элективный курс.....	52стр.
3.2. Разработка лабораторных занятий по теме «Методы ризологических исследований.....	58стр.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60стр.
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	62стр.
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	67стр.
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	68стр.
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	69стр.
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	70стр.



## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в нашей стране особое внимание обращено на качество образовательного процесса. Безусловно, для реализации качественного подхода, необходимо обновление содержания классических разделов школьных учебников и учебно-методических материалов. В соответствии с достижениями науки в последнее время.

Параллельно с обновлением учебной литературы и учебно-методических материалов для ускорения процессов возможно создание элективных курсов, которые направлены на совершенствование содержания отдельных разделов учебников в соответствии с достижениями ученых в области ботаники.

Не смотря на консервативность ботаники, как науки, всё же присутствуют достижения и наработки, полученные в конце XX, в начале XXI века. И их необходимо учитывать.

Цель работы состоит в анализе достижений в области ризологии и разработке элективного курса, позволяющего реализовать качественный подход к образовательному процессу при изучении темы: «Подземные органы растений».

Задачи:

- Анализ учебно-методической литературы и литературы по ризологии;
- Разработка содержания элективного курса;
- Частичная апробация элективного курса в МАОУ СОШ №66;
- Организация учебно-исследовательской деятельности учащихся;

Предметом исследования является учебно-методического обеспечения элективного курса по теме: «Подземные органы растений».

Объект – структура и внутривидовая изменчивость подземных органов растений.

Методы исследования.

1. Изучение и анализ научной и методической литературы.
2. Анкетирование учащихся, слушавших элективный курс.
3. Наблюдение, беседа, анализ работы учащихся.
4. Прогнозирование.

Для написания работы были изучены: научные статьи, научная литература по ризологии и ботаники, методические пособия за 6 класс и другие литературные источники, с помощью которых мы добились поставленных во введении целей и задач.

**Структура работы.** В структурном отношении работа включает в себя введение, три главы, заключение, список использованной литературы и приложения.

Во введении обоснована актуальность работы, поставлены цель и задачи, определены предмет и объект исследования.

В первой главе нами было проанализировано три рабочие программы учебников по биологии, 6 класс.

Во второй главе раскрыты особенности науки изучающей подземные органы растений.

В третьей главе представлено содержание и элективного курса для учеников 6 класса.

В заключении подведены итоги апробации и работы в целом.

Практическая значимость работы определяется разработанным содержанием элективным курсом в ходе, которого, применяются различные методы и формы обучения, способствующие формированию экологического сознания, познавательного интереса, навыков мониторинга внутривидовой изменчивости подземных органов растений у учащихся.

## ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ШКОЛЬНЫХ УЧЕБНИКОВ ПО БИОЛОГИИ

1.1 Анализ учебника Захаров В.Б., Сонин Н.И. «Биология, Многообразие живых организмов» учебник для 6 класса, 2011.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Предмет: биология. Для учащихся 6 классов.

Рабочая программа разработана по учебнику В.Б Захаров, Н.И Сонин.

«Биология. Многообразие живых организмов»

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к рабочей программе по изучению биологии в 6-х классах общеобразовательных учреждений.

Рабочая программа составлена на основе Федерального Государственного стандарта, Примерной программы основного общего образования по биологии и Программы основного общего образования по биологии для 6 класса «Многообразие живых организмов» авторов В. Б. Захарова и Н. И. Сониной, полностью отражающей содержание Примерной программы, с дополнениями, не превышающими требования к уровню подготовки обучающихся.[11]

Изучение учебного предмета осуществляется на основании нормативно-правовых документов:

1. Закона «Об образовании» от 10.02.1992 года № 3266-1 (в ред. Федеральных законов от 13.01.1996 года № 12 – ФЗ с изменениями, внесёнными Постановлением Конституционного Суда РФ от 24.10.2000 года №13 – П и дополнениями, внесёнными Федеральными законами);

2. Приказа Минобразования Российской Федерации от 09.03.2004 года №1312 «Об утверждении Федерального базисного учебного плана и

примерных учебных планов для общеобразовательных учреждений Российской Федерации, реализующих программы общего образования»;

3. САНПиН 2.4.2 № 1178-02, зарегистрированные в Минюсте России 05.12.2002 года, регистрационный № 3997;

4. Программы основного общего образования по биологии для 6 класса «Многообразие живых организмов» автора Сониной Н. И.

5. Сборника нормативных документов. Биология. Сост. Днепров Э. Д., Аркадьев А. Г. - М.: Дрофа, 2004. - 174с.

Реализация программы обеспечивается учебными и методическими пособиями для учащихся:

Сонин Н. И. «Многообразие живых организмов. Рабочая тетрадь к учебнику. – М.: Дрофа, 2011.

Для учителя:

1. Бровкина Е. Т., Сонин Н. И. «Биология. Многообразие живых организмов» 6 класс: Методическое пособие к учебнику Н. И.Сониной «Биология. Многообразие живых организмов» 6 класс. – М.: Дрофа, 2005.

2. Высоцкая М. В. – авт.-сост. Биология. 6 класс: поурочные планы по учебнику В. Б. Захарова, Н. И. Сониной/ Волгоград: Учитель, 2006

MULTIMEDIA – поддержка курса:

- КМ-школа;
- Интернет – ресурсы;
- CD-диск Виртуальная школа Кирилла и Мефодия. Уроки биологии. Растения. Бактерии. Грибы(диск №18)
- Виртуальная школа КиМ. Уроки биологии. Животные. 6 класс. (№28)

Изучение биологии на базовом уровне среднего (полного) общего образования направлено на достижение следующих целей:

- освоение знаний о живой природе и присущей ей закономерностям строения, жизнедеятельности и средообразующей роли живых организмов; о роли биологической науки в практической деятельности людей: методах познания живой природы;

- овладение умениями применять биологические знания для объяснения процессов и явлений живой природы, использовать информацию о современных достижениях в области биологии; работать с биологическими приборами, инструментами, справочниками; проводить наблюдения за биологическими объектами;
- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в процессе проведения наблюдений за живыми организмами, биологических экспериментов, работы с различными источниками информации;
- воспитание позитивного ценностного отношения к живой природе, собственному здоровью и здоровью других людей; культуры поведения в природе;
- использование приобретенных знаний и умений в повседневной жизни для ухода за культурными растениями, домашними животными, заботы о собственном здоровье; оценки последствий своей деятельности по отношению к природной среде; для соблюдения правил поведения в окружающей среде.

В инвариантной части учебного плана на учебный предмет федерального значения «Биология» в 6 классе выделено 2 часа в неделю.

С учетом этого, а также календарного учебного графика и расписания уроков школы на учебный год, составлено календарно - тематическое планирование на 68 часов + 3 часа резервного времени, включающее вопросы теоретической и практической подготовки учащихся и реализацию национально - регионального компонента.

Календарно - тематический план по объему скорректирован в соответствии с федеральным компонентом государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования и требованиями, предъявляемыми к уровню подготовки выпускников средней школы.



Учебник адресован учащимся класса общеобразовательных учреждений и входит в учебно-методический комплект. Современное оформление, разнообразные вопросы и задания, возможность параллельной работы с другими пособиями, входящими в УМК, и с электронным учебным изданием способствуют эффективному усвоению учебного материала. Учебник для 6 класса соответствует федеральному компоненту государственного стандарта основного общего образования по биологии, рекомендован Министерством образования и науки Российской Федерации, включен в Федеральный перечень учебников.

В рассматриваемом нами учебнике представленные материалы соответствуют основному образовательному принципу - принципу научности. В содержании отражена ведущая мировоззренческая идея – идея эволюции. Одна четвертая часть материалов учебника затрагивает вопросы ботаники. Все основные отделы царства Растения расположены в восходящем порядке.

#### Низшие растения

##### Группа отделов Водоросли

- Отдел Зеленые водоросли
- Отдел Красные водоросли (Багрянки)
- Отдел Бурые водоросли

#### Высшие растения

- Отдел моховидные
- Отдел Плауновидные
- Отдел Хвощевидные
- Отдел Папоротниковидные
- Отдел Голосеменные
- Отдел Покрытосеменные (Цветковые) растения

В преамбуле к каждому разделу, характеризующему крупный таксон, освещается примерное количество видов растений существующих на данный момент, их процентное соотношение от всей биомассы планеты. Имеется разбор основных признаков растений. Далее более подробно изучаются некоторые растения по отделам с опорой на их основные морфологические и анатомические признаки. Отдельно отражено питание, размножение и значение растений данного таксона.

Каждая страница учебника красочно проиллюстрирована в соответствии с темой. Есть фотоматериал, а также схемы. Каждый рисунок подписан и имеются сноски, для более ясного понимания изображения.

Текст изложен грамотно и полно. Каждый абзац подразумевающий дальнейшее обсуждение конкретного элемента выделен красной строкой и жирным шрифтом. Новые термины выделены курсивом и жирным шрифтом. Названия растений выделены курсивом.

В конце каждой темы есть проверочные задания, включающие в себя:

- Теоретические задания
- Задания из рабочей тетради
- Тестовые задания (в рабочей тетради)
- Лабораторные работы
- Задания на размышление
- Задания для работы с компьютером и интернетом (указаны ссылки на учебный материал для удобства учащихся)

В конце заданий имеется сноска с кратким набором понятий по изученной теме.

А так же в окончании каждого раздела находится краткое повторение-вывод ко всему изученному материалу.

Выявление положительных и отрицательных аспектов раздела «Царство Растения» в учебнике «Биология Многообразие живых организмов» Захаров В.Б., Сонин Н.И. 6 класс

К положительным аспектам раздела можно отнести:

- цветные иллюстрации;
- выделение главных понятий;
- выделены смысловые блоки;
- лаконично изложенный текст;
- схемы со сносками.

Минусы:

- не полное обозначение рисунков;
- недостаточно подробно проиллюстрирована часть, связанная с анатомией растений;
  - достаточно кратко расписана теория, большой упор делается на самостоятельную работу учащихся в домашних условиях;
  - обложка учебника недолговечна.

Исходя из вышеперечисленных плюсов и минусов мы сделали вывод, что учебник нуждается в некоторой доработке и дополнении для более качественного получения знаний учениками.

## 1.2 Анализ учебника Сухорукова Л.Н., Кучменко В.С. «Биология: живой организм» учебник для 6 класса. - М., Просвещение, 2007

Структура учебника «Биология: Живой организм. 6 класс» ориентирована на личностно развивающую деятельность учащегося и определяется соответствующими видами этой деятельности. В учебнике отражены такие процедуры обучения, как выяснение смысла изучаемого предмета и каждой отдельной темы, постановка задач, организация образовательной ситуации, предъявление необходимой информации, раскрытие путей решения проблем, обобщение и систематизация,

закрепление и контроль, самостоятельные исследования, домашняя работа, рефлексивное осознание образовательной деятельности и ее результатов.

Положительная сторона учебника – его логическая связь с пропедевтическим курсом «Природоведение» или «Естествознание» 5 класса и курсом «Окружающий мир» начальной школы. Это говорит о реализации принципа преемственности в обучении и методически грамотном подходе к формированию и развитию системы биологических понятий, что служит основой для усвоения содержания о разнообразных живых организмах в курсе «Биология 7 класс». В основе преемственности курсов биологии 6-7 лежат идеи о растениях как производителях органического вещества, животных как потребителях, грибах и бактериях как его разрушителях. В свете этих идей систематизируется материал о строении клеток, тканей, органов, систем органов, процессов жизнедеятельности организмов.

Содержание учебника включает систему знаний об организменном уровне организации и отличительных особенностях живой природы: строении, жизнедеятельности, взаимосвязях с окружающей средой организмов различных царств (бактерий, грибов, растений, животных). В основу отбора, содержания и структурирования материала положены функциональный, экологический, системный подходы. Это способствует усилению внимания учащихся к вопросам жизнедеятельности организмов, их месту и роли в природе, функционирования органоидов клетки, тканей. Системный подход позволяет формировать у школьников знания о целостности организма.

Фиксированный формат создает жесткую структуру учебника. Разворотный принцип построения учебника в сочетании с унифицированным построением основных разделов и каждого разворота облегчает работу с учебником, как для учителя, так и для ученика. Содержание каждой главы и параграфа раскрывается по единому плану, включает одинаковые рубрики: «Вы узнаете...», «Вспомните...» мотивирующие изучение параграфа и

направленные на повторение информации, которая потребуется для изучения данного параграфа.

Вводный текст дает краткую информацию о том, чему посвящен параграф. Основной текст, в котором, помимо собственно текста, отражающего содержание образовательного стандарта, обязательно присутствуют рубрики: «Мои биологические исследования», «Имена в биологии», «Биофокус», «Биологический блокнот», «Исключение из правил», итоговые вопросы к параграфу на закрепление материала, иллюстрационный материал. Новые термины в тексте параграфа выделены особым шрифтом. Каждую главу завершают выводы. Они акцентируют внимание шестиклассников на главном, первостепенном материале. В начале учебника – предметный указатель. В конце учебника – «Приложения» где материал систематизирован в виде таблиц и словарь терминов. Все это помогает учащимся лучше ориентироваться в учебнике в целом, а также в каждой главе и параграфе.

Данный учебник альтернативен всей традиции преподавания биологии в школе, где изучение биологии начинается с понятий живой организм и живая природа. Учебник открывается «Введением», которое знакомит учащихся с предметом «Биология». Глава «Строение клетки» содержит сведения о строении и химическом составе клетки. Она посвящена характеристике жизненно важных процессов, происходящих в клетках.

Аппарат организации усвоения учебного материала представлен в учебнике системой вопросов и заданий. Вопросы охватывают проверку основного содержание, ориентируют учащихся на воспроизведение знаний и на их применение в той или иной ситуации. Контроль интеллектуальных умений школьников осуществляется через сравнение объектов, установление причинно- следственных связей, объяснение особенностей строения и процессов жизнедеятельности организмов, их обобщение. К каждому параграфу предложены вопросы для обсуждения, актуализации ранее усвоенных знаний.

В структуре и содержании учебника предусмотрены средства организации продуктивной деятельности учащихся. С этой целью в него включены задания творческого характера, например: «Как могут измениться строение и функции систем органов растений и животных в случае глобального похолодания на планете?»

Наглядность изложения учебного материала обеспечена рисунками, фотографиями, схемами. В учебнике содержится 177 дидактически продуманных иллюстраций (1 глава – 5, 2 глава – 29, 3 глава – 24, 4 глава – 35, 5 глава – 75, 6 глава – 14). Все они имеют подписи и сопровождаются ссылками в тексте. Иллюстрации достаточно полно показывают особенности строения живого организма или процессов его жизнедеятельности. При иллюстрировании найдены грамотные цветовые и тональные решения с учетом возрастных особенностей учащихся. Работа с разнообразными рисунками к параграфам, вопросами и заданиями поможет формированию у шестиклассников общеучебных умений, навыков самостоятельной работы, развитию интереса и способностей.

Деятельностная функция в данном учебнике реализована за счет особенностей изложения материала и его практической направленности. Так, в рубрике «Ключевые слова», содержатся понятия, которые необходимо уметь объяснить, а в рубрике «Мои биологические исследования» - работы, опыты и задания по наблюдению за жизнью живых организмов.

Для изучения биологии по новому учебнику важным дополнением является – тетрадь-тренажёр, тетрадь-практикум, тетрадь-экзаменатор и электронное приложение.

Новый учебно-методический комплект отличается по структуре, отбору содержания, методическому аппарату и направлен на реализацию новых образовательных стандартов при изучении биологии.

1.3 Анализ учебника «Биология. Бактерии, грибы, растения». 6 класс.  
Пасечник В.В.

Линия УМК по биологии «Линия жизни» под редакцией В.В. Пасечника. 5-9 классы.

УМК «Биология». 5-6 классы. Пасечник В.В., Суматохин С.В., Калинова Г.С. и др.

Учебники включены в Федеральный перечень учебников, рекомендованных Министерством образования и науки РФ.

Учебники биологии линии УМК «Линия жизни» сочетают в себе традиционный подход к изучению курса биологии и современные образовательные тенденции.

Системно-деятельностный и личностно-ориентированный подходы обеспечивают достижение личностных, метапредметных и предметных образовательных результатов.

В основу содержательной концепции курса положено формирование знаний о живой природе от первоначальных представлений о проявлении основных жизненных свойств — до общебиологических закономерностей через системное изучение различных групп организмов, в том числе человека.

Особенности линии УМК:

Содержание учебников соответствует современному уровню биологической науки и учитывает её последние достижения.

Структурно-содержательная модель учебника обеспечивает организацию учебного материала в соответствии с разными формами учебной деятельности.

Методическая модель учебника предлагает систему помощи в самостоятельной работе (модели действий, полезные советы, ссылки на дополнительные ресурсы) и построена на приоритете формирования предметных и универсальных учебных действий.

Система заданий направлена на развитие познавательной, практической и творческой деятельности учащихся, готовности использовать

полученные знания в разных жизненных ситуациях и для решения практических задач.

Система вопросов и заданий содержит:

- разноуровневые вопросы и задания
- лабораторные и практические работы с чёткими инструкциями по их проведению
- задания с ориентацией на самостоятельный активный поиск
- задания на работу в сотрудничестве
- проектные и исследовательские работы
- задания, предусматривающие деятельность в широкой информационной среде, в т.ч. в медиасреде

Помимо учебника в состав каждого УМК входят:

Электронное приложение к учебнику (ЭП) — методическое средство, обеспечивающее расширение образовательного пространства. Его назначение — предоставить возможность формирования предметных и общеучебных умений и способов деятельности в медиасреде.

Рабочая тетрадь выполняет функцию одного из инструментов достижения образовательных результатов по биологии в соответствии с требованиями ФГОС. Особое внимание в тетради уделено заданиям, предусматривающим разные формы учебной деятельности и формирование необходимых умений: анализ биологической информации, ее преобразование из одного вида в другой, выполнение практических заданий, наблюдений, лабораторных работ и опытов. Задания в тестовой форме помогут лучше подготовиться к будущей аттестации. Структура рабочей тетради соответствует поурочно-тематическому планированию и структуре учебника.

Пособие для учителя раскрывает требования ФГОС и рассматривает достижение планируемых результатов, основные концептуальные идеи курса, содержит поурочные рекомендации.



Тематическое планирование с определением основных видов учебной деятельности содержится в рабочих программах. Структура рабочих программ соответствует требованиям ФГОС.

## ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЯ И СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ

### 2.1 Ризология как наука

Большинство современных высших растений способны развивать в подземной сфере настоящие корни, которыми растения укрепляются в почве, поглощают из нее в воду с минеральными веществами и осуществляет ряд других жизненно важных функций. За представителями 5 отделов высших растений населяющих современный мир не способны к образованию корней. Отечественной и зарубежной литературе, закреплено понятие "ризофиты". Это плауновидные, хвощевидные, папоротниковидные, голосеменные, покрытосеменные.[29]

Становление ризологии как самостоятельной науки, предметом изучения которой являются подземные органы растений, происходило на протяжении длительного времени. В ноябре 2001 года ризология была признана самостоятельной наукой. С этого момента фактически новый современный Этап развития науки о подземных органах растений , их структура, жизнедеятельности и изменчивости.

Истоками это наука уходит в глубокую древность. Первые представления о корнях, корневищах, луковицах, клубнях и других подземных органов растений формировались у людей каменного века, позднего палеолита раннего неолита. Они складывались из-за использования подземных органов диких растений для пропитания и лечения.[29]

Важнейший период в развитии ризологических исследований длился более 30 лет на стыке XIX и XX столетий. Он продолжался с 1884 по 1915 г. Исследования эколого-морфологических особенностей подземных органов растений в это время тесно связывались с развитием учения о жизненных формах растений. Как известно, в 1884 г. основоположник экологии растений датский ботаник Е. Варминг ввел в науку понятие "жизненная форма" и дал его первое определение как "...формы, в которой вегетативное тело растения

(индивида) находится в гармонии с внешней средой в течение всей его жизни от колыбели до гроба, от семени до отмирания" (Warming, 1884, с. 17). В классификации жизненных форм растений Е. Варминг впервые от-разил такие "приспособительные" признаки, как тип корневой системы и способность растений к экспансии за счет органов вегетативного размножения. Таким образом, именно 1884 год стал этапным в истории ризологии. С этого времени развитие ризологических исследований протекало параллельно с развитием учения о жизненных формах растений. Часто эти научные направления пересекались, взаимно обогащая друг друга.

Тесную взаимосвязь жизненных форм растений со средой обитания подчеркивал уже в начале XX столетия в своей знаменитой системе датский ботаник К. Раункиер (Raunkiaer, 1934), сыгравший огромную роль в развитии экологической морфологии и ризологии. Хотя К. Раункиер при классификации жизненных форм использовал только один признак — положение почек возобновления у растений относительно поверхности земли и способ их защиты, тем не менее, в условиях сезонного климата этот признак оказался коррелятивно связан с комплексом других признаков, так как он отражает приспособленность растений ко всей совокупности экологических факто-ров, а главное, к климатическим условиям. Правда, идея о связи между растительностью и климатом к этому времени уже была не нова. Она была высказана еще в начале XIX столетия и принадлежала "отцу географии растений" Александру Гумбольдту. В 1806 г. в статье "Идеи о физиономичности растений" А. Гумбольдт подчеркнул важнейшую роль климата и растительности в создании ландшафтов Земли. [29]

Эти идеи А. Гумбольдта послужили основой для развития эколого-физиономического направления в учении о жизненных формах растений (Серебряков, 1962), но не распространились в тот период на подземные органы растений. К. Раункиер (Raunkiaer, 1907), постепенно расширяя и детализируя систему жизненных форм, особенно при подразделении гемикриптофитов и криптофитов, стал обращать внимание на морфолого-

биологические особенности подземных органов растений. Так, в типе криптофитов (*kryptophytes*) он выделил дополнительно более мелкие подтипы — геофиты: корневищные, стеблеклубневые, корнеклубневые, луковичные, корневые и др. Эти идеи нашли свое развитие только во второй половине XX столетия. А в самом начале XX в. немецкие ботаники К. Гебель и В. Тролл (Tro11, 1937) стали рассматривать морфологию подземных органов с точки зрения их приспособления к условиям среды. Они ввели существенный вклад в развитие эколого-морфологического направления исследований, продолжавшегося в ризологии на протяжении всего XX столетия. Следует отметить, что к началу XX в. в России и за рубежом уже было опубликовано около 500 ризологических работ (Freidenfelt, 1902, цит. по: Голубев, 1962; Грушвицкий, 1952; Рысин, Рысина, 1987). основоположниками ризологических исследований в России были В. В. Докучаев, Г. Н. Высоцкий и Г. И. Танфильев. Уже в 1894 г. В. В. Докучаев составил программу изучения корневых систем степных растений. Его ученик Г. Н. Высоцкий (1906, 1915) внес значительный вклад в развитие экологического направления ризологических исследований в России. Анализ подземных органов ученый всегда связывал с приуроченностью растений к определенным условиям местообитаний: к южным Тульским засекам, к сообществам Мариупольского лесничества и т. д. [27]

Объективные представления об особенностях формирования подземных органов растений достигаются в результате непосредственного анализа в естественных и искусственных фитоценозах. Важнейшими критериями классификаций подземных органов растений являются морфологические особенности.

Подземные органы дикорастущих растений стали предметом широких исследований для морфологов, экологов, геоботаников, почвоведов и других специалистов.

Однако только эколого-морфологические исследования не могут пролить свет на многие сложные проблемы жизнедеятельности корней и

других подземных органов растений. В XX в. высокого уровня достигли исследования в области физиологии и биохимии растений, особенно изучение процессов поглощения и транспорта веществ в высших сосудистых растениях. Это и первичная адсорбция веществ ризодермой корня, и их передача клетки к клетке, а также транспорт веществ по проводящим элементам. Еще в начале 20-х годов была установлена зависимость корневого притока растений от pH почвенных растворов (Д. Н. Прянишников). Д. А. С (1955) доказал, что существует тесная взаимосвязь между деятельностью корней и надземных органов растений, причем первым этапом в поглощении минеральных веществ, по данным Д. А. Сабина, является их адсорбция на поверхности корней.[29]

Помимо общепринятых ризологических методик в исследовании подземных органов в настоящее время большая роль принадлежит современной компьютерной технике, которая позволяет, например, заниматься развитием топологических моделей для описания систем роста корня. Так, А. Н. Fitter с соавторами (1991) создали программу и первыми описали модель корня на языке Паскаль.

Таким образом, краткий аналитический обзор истории ризологических исследований свидетельствует о том, что наиболее активно их развитие протекало в XX столетии. Этот период закончился. На современном этапе ризология представляет собой не узкую научную область исследований, а междисциплинарный комплекс ряда биологических наук: анатомии, морфологии и физиологии растений, экологии, фитоценологии и почвоведения. Все эти науки с разных сторон и с помощью разных методов изучают одни и те же объекты — подземные органы высших сосудистых растений.

Методология современной ризологии подчинена традиционной для биологии системе уровней организации живой материи. Наиболее распространены в ризологии исследования, охватывающие организменный и

видовой, популяционный и фитоценотический уровни. Именно на этих уровнях проведены широко известные в России и за рубежом исследования.

## 2.2 Методы ризологических исследований

На современном этапе развития ризология располагает комплексом методов исследований подземных органов растений, среди которых ряд оригинальных, но большая часть заимствована из морфологии, анатомии, геоботаники, экологии, биосистематики, физиологии растений, почвоведения, растениеводства и других смежных областей естествознания. В зависимости от задач, поставленных при ризологических исследованиях, необходимо использовать те методы, которые позволяют получать сравнимые результаты по каждому изученному виду. При характеристике подземных органов любого растения в первую очередь должна быть определена морфологическая природа каждого органа. В арсенале ризологии к настоящему времени имеется большое количество оригинальных методов, позволяющих со значительной степенью точности изучать природу и структуру подземных органов и даже идентифицировать таксономическую принадлежность корней и корневищ как культурных, так и дикорастущих видов по анатомическому строению срезов с помощью рисунков и описаний, выполненных нами при составлении анатомического атласа-определителя [29]

Трудоемкость ризологических исследований всегда была сопряжена с необходимостью проведения раскопок. И в наши дни, несмотря на разработку новых методов и технических средств изучения подземных органов, ризологи вынуждены для общеморфологической характеристики корневой системы и определения морфологической природы всех подземных органов каждого вида производить раскопку и детальное описание подземных органов и их систем. Поэтому основные методы, используемые сегодня в ризологических исследованиях, целесообразно, по нашему

мнению, подразделить на две группы: полевые и лабораторные - и кратко их охарактеризовать.

## ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ

1. Метод "скелета" (вертикальная и горизонтальная раскопка корневых систем) Заключается в том, что корни раскапывают по их ходу в почве, постепенно освобождают от земли и зарисовывают с соблюдением масштаба. Это дает представление о расположении корней. Еще в 1724 г. Гельс сделал попытку проследить, как располагаются корни в почве и каким образом эту почву и поступающую в нее влагу они используют. Производится равномерное послойное снятие грунта по всей поверхности вокруг исследуемого объекта. Если это дерево, то почву снимают от ствола лопатой до тех пор, пока не обнаружатся первые корни, затем, пользуясь маленькими совками, аккуратно начинают освобождать как крупные, так и мелкие корешки, углубляясь все дальше и дальше. Откопав все горизонтальные корни, начинают вскрывать вертикальные корни. Их откопка похожа на высвобождение корней методом "траншеи", описанным ниже. Если почва сухая, то ее можно периодически заливать водой. Извлечение всей корневой системы растения, особенно древесного, - процесс очень трудоемкий и длительный (порой на откопку корней по данному методу вокруг одного дерева средних размеров уходит до двух месяцев).

2. Метод "монолита" Рекомендуются для количественного учета подземной массы компонентов фитоценозов, а также позволяет получить представление о всех корнях (толстых и тонких), расположенных на разных глубинах и на разном удалении от растений, главным образом деревьев. Дает возможность понять ряд взаимоотношений корней с генетическими горизонтами почвы и выяснить закономерности распределения корневых систем в разных типах почв. Впервые монолиты почвы брали Мюнц и Жирар (1891, цит. по: Тара-новская, 1957), делили их на равные части по высоте, отмывали корни и определяли их массу. Метод "монолита" был разработан, а затем весьма успешно применялся для изучения корневой системы плодовых

деревьев английскими учеными Роджерсом и Вивизном в 1927-1928 гг. (цит. по: Колесников, 1960). Его широко практиковали в 70-х годах прошлого столетия в нашей стране (Шалыт, 1968).

Суть метода состоит в следующем: почву последовательно разрезают на блоки принятой величины и положения, затем каждый блок помещают в пронумерованный мешочек, вложенный либо в металлический буюкс, либо в полиэтиленовый пакет; далее в лаборатории корни из монолита отмывают, сортируют, например, по толщине и взвешивают каждую фракцию отдельно.

Таким образом устанавливают действительную массу каждой фракции вынутых корней от каждого монолита. Раскопка корней одного дерева дает от 400 до 600 пакетов, но главное, этот метод позволяет определить количество и массу скелетных (толстых) и всасывающих (тонких) корней. Недостаток его состоит в том, что если две особи, порой даже разных видов, растут рядом, то в монолите может оказаться часть корней, не принадлежащая исследуемому растению. Еще один недостаток метода - его трудоемкость.[29]

Метод "монолита" может быть упрощен, если изучать не всю корневую систему, а ее часть. Для этого почву можно снимать, например, по 20-сантиметровым дугам от побега на расстоянии 1, 2, 3 м и более от ствола дерева (Шитт, 1936). В 1956 г. А. П. Драгавцев брал монолиты размером 100x20x10 см под молодыми деревьями (до 10 лет) со 2-го метра от штамба, а под взрослыми - на 3-м или 4-м метрах. Далее монолит переносили в специально сконструированный проволочный ящик, пронизанный проволочными шпильками для фиксации корней в неизменном положении, и осторожно размывали водой. Закончив отмывку, на снимающееся дно ящика накладывали лист бумаги, ящик переворачивали и всю сетку корней переносили на бумагу. В результате получали гербарий, отражавший действительное положение корней в верхних почвенных горизонтах. Для изучения корневой системы травянистых растений порой бывает достаточно



одного монолита. На выбранном участке отмечается квадратная площадка размером 50x50 см. Чаще всего она ограничивается проволочной рамкой.

Далее квадрат очерчивается ножом и обкапывается с трех сторон. С помощью совка почва до нужной глубины вынимается в полиэтиленовые пакеты. Отмывка подземных органов из монолитов производится при помощи почвенных сит с разным диаметром ячеек. Обычно учет подземной массы принято производить в трех повторностях. По данным М. С. Шалыта (1968), при таком количестве повторностей достигается достоверность результатов.

Существует несколько упрощенных методов "монолита", например метод, примененный И. Н. Рахтеенко (1949), с использованием корнереза (цит. по: Тарановская, 1957). Корнерез представляет собой четырехугольный металлический ящик длиной 25, высотой 10 и шириной 20 см. Объем вынимаемых им монолитов равен 5000 см<sup>3</sup>. Боковые стенки ящика изготавливаются из стальных листов толщиной 2 мм. Нижние края стенок по кромке хорошо оттачиваются для перерезывания корней и отделения монолита от нижележащей почвы. Дно вставляется в пазы, сделанные на внутренней поверхности боковых стенок корнереза. Край дна, входящий внутрь прибора, заострен, как нож. Для предохранения прибора от поломки при забивке его в почву к четырем углам верхней крышки приваривается специально изготовленная крестовина. [29]

Корнерез устанавливают на краю стенки предварительно вырытой траншеи так, чтобы его передняя стенка совпадала со стенкой траншеи. Затем прибор загоняется в почву, и монолит подрезается снизу входящим в пазы прибора ножом - дном, которое загоняется молотком. Для облегчения массы ящика в его боковые стенки можно вставлять металлические сетки. В подобных ящиках удобно отмывать корневые системы из монолитов в речной проточной воде (Терехова, 1954). Отдельные металлические сетки на рамах из алюминия или дерева также могут быть использованы для взятия монолитов (Часовенная, 1951). В этом случае сначала на подготовленной

площади откапывают монолит, затем его осторожно подрезают снизу ножом, снимают плоской лопатой и заключают в сетки, которые затем туго стягивают веревкой. К монолитным методам можно также отнести метод взятия корней почвенными бурами и специальными стальными кубиками (10x10x10) с одной отсутствующей гранью и заостренными краями. Отмывка корней может производиться прямо в местах отбора образцов на почвенных ситах. Данные модификации метода пригодны для установления характера распределения корней в почве как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

3. Метод "среза", или "профиля" Позволяет выяснить расположение горизонтально идущих корней по горизонтам почвы. На определенном расстоянии от исследуемого объекта перпендикулярно к его радиусам роется несколько траншей. Их длина не превышает 1 м, а ширина 50 см. Глубина траншей зависит от глубины проникновения горизонтальных корней (у 15-летней яблони в центральном европейском регионе эта величина не превышает 1 м).

Количество траншей зависит от размеров объекта, его возраста и целей исследования. Метод дает возможность определить расположение корней горизонтального направления, что в свою очередь позволяет уточнить особенности агротехники данного вида, подходы к его интродукции, состав почвенных смесей и т. д. В 1883 г. Гельригель (цит. по: Колесников, 1960) применял металлический цилиндр без дна для учета корней разных растений на разных глубинах. Он вдавливал цилиндр в почву, а затем срезал ее у основания цилиндра. После этого на срезе почвы в дне цилиндра подсчитывал число торчащих срезанных корешков - таким образом он учитывал корни вертикального направления.

4. Метод "стеклол", или "стационара" Систематическое наблюдение за ростом корней лучше всего осуществлять именно этим методом. Он позволяет изучить суточную и сезонную динамику роста корней, реакции растения на воздействие питательных растворов, магнитных полей, разных

агротехнических приемов и т. п. Его суть сводится к тому, что в почве в горизонтальном, наклонном или вертикальном положении устанавливаются стекла. Иногда стекла могут представлять собой одну или несколько стен во вмонтированной в землю кабине (подобные кабины часто называют корневыми домиками). Чтобы почва соприкасалась со стеклом, ее предварительно выкапывают, высушивают, а затем после установки стекла по горизонтам плотно укладывают обратно. Стекла лучше устанавливать с северной стороны от растений, с таким расчетом, чтобы прямой свет не падал на корни. Для облегчения замеров корней, растущих с противоположной стороны стекла, его рекомендуется размечать, нанося на поверхность градуировку. Через стекла можно вести наблюдения за ростом растений в горшках, деревянных бочках, пластиковых сосудах, "колодцах" и подземных лабораториях.

5. Метод "траншеи" Разработан В. Г. Ротмистровым (1907) и модифицирован многими отечественными и зарубежными исследователями (Модестов, 1915, 1932; Каза-кевич, 1925; Шалыт 1935-1968 гг.; Голубев, 1962; ХУеауег, 1919). Этот метод, как считает И. О. Байтулин (1979), наиболее приемлем для эколого-морфологического изучения корневой системы растений. Он весьма трудоемок, но позволяет получить достоверную картину архитектоники подземных органов, поскольку не нарушается ни естественное сложение почвы, ни структура корневой системы. Благодаря этому методу удается проанализировать характер расположения отдельных подземных органов, обнаружить наличие и отсутствие придаточных корней, установить влияние отдельных почвенных горизонтов и даже уровня грунтовых вод и границы вечной мерзлоты на степень развития и общий облик подземной части растений (Таршис Г. И., 1980). Глубина стандартной траншеи составляет 1,5-2,5 м, в тундре, как правило, не более 50 см, а в условиях степей и пустынь может достигать 3-6 м. Для изучения отбирают не менее трех-пяти особей одного вида, как правило, в генеративном состоянии. Перед ними выкапывают траншею на глубину, несколько превышающую

ориентировочную глубину проникновения корней. Переднюю стенку траншеи тщательно зачищают (параллельно отбирают образцы почв со всех почвенных горизонтов и зарисовывают на миллиметровой бумаге топографию корней). После взятия почвенных образцов и зарисовок стенку траншеи обильно смачивают струей воды, направляя ее сверху вниз. Затем тонкой струей воды из гидropульта отмывают корни растений. Тонкие боковые корни в ходе этого процесса можно параллельно обнажать с помощью стамески, остро заточенного колышка или шила. Отмывку корней следует проводить сверху вниз, причем сначала отмываются и зарисовываются основные скелетные корни, а затем - боковые ответвления, распространенные преимущественно вдоль передней стенки траншеи (Байтулин, 1979).

Из глубоких траншей корни обычно освобождаются методом сухой откопки, и лишь иногда стенка траншеи смачивается водой. Уже откопанные корни до момента их извлечения прикрепляются к стенке траншеи металлическими спицами или скобами.

6. Метод "моделей" в пространственной структуре корневых систем  
Существенный шаг в понимании любой системы - описание. Модели помогают визуальному восприятию корневых систем, делают любое морфологическое описание объемным. В архитектурном анализе корневая система рассматривается как набор звеньев между узлами. Л. Раё и Ж. Кегуепа (1990) предложили разработку динамической трехмерной модели корневых систем. Она основывается на современных данных по морфогенезу корней. Корневые системы рассматриваются как совокупность осей разных порядков. Принято считать, что ось I порядка переходит в стебель, порядка соединяется с осью I, а ось III порядка — с осью II порядка и л. Плагитропность осей возрастает с увеличением их порядка. Кинетика и развития корней и картограммы их распространения в почве являлся опорными параметрами для построения модели. Модель носит верный характер. В настоящее время известны топологические модели и описания систем корня,

основанные на концепции математического дева (Fitter, 1985, 1986). В последнее десятилетие XX в. для архитектурного галдза корневых систем стали создаваться компьютерные программы пег et a1., 1991).

## ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ

1. Морфологическое описание После извлечения подземных органов из грунта и последующей отмывки производится их морфологическое описание по общепринятой схеме: а) местонахождение объекта (указываются географические координаты местности, тип растительного сообщества, эдафогенные факторы); б) жизненная форма вида, его систематическая принадлежность; в) возрастное состояние исследуемой особи и возраст отдельных органов в подземной сфере; г) тип корневой системы: первично-гоморизная ; аллоризная, или система главного корня; аллогоморизная, или система смешанного типа; вторично-гоморизная, или система придаточных корней (у голосеменных или покрытосеменных растений); наличие гетероризии в корневой системе и метаморфозов подземных органов, их детальная характеристика, микотрофия; д) морфологические аномалии типа и формы корневой системы; особенности дифференциации корней в корневой системе; характер окоренения корневищ и других подземных органов.

2. Методы фракционирования корней и последующего определения их размеров Фракционировать корни можно несколькими способами. Наиболее удобны следующие (приведено по: Тарановская, 1957).

1. Фракционирование корней травянистых растений по С. С. Шаину (1948). После очистки корней от почвы они разделяются на фракции сита с разным диаметром отверстий. Часть самых тонких корней, остающаяся в смеси с мельчайшими частицами почвы, извлекается эбонитовой палочкой, которую наэлектризовывают трением и подносят к исходной массе. Корни под влиянием электрического заряда прилипают к палочке, откуда их затем снимают и кладут в самую мелкую фракцию.

2. Фракционирование корней древесных растений по И. Н. Рахтеенко (1949). Три сита с различной величиной отверстий укрепляются в деревянных

рамах размером 35x65 см. Рамы с ситами устанавливаются одна над другой, при этом они соединяются крючками в общий ящик. Сверху помещается сито с отверстиями 3 мм, ниже — с отверстиями 2 мм и еще ниже — мм. Почвенная проба укладывается в верхнее сито, которое сверху закрывается сетчатой крышкой, далее вся конструкция погружается в воду и перемещается из стороны в сторону. После последующей сортировки каждая фракция корней взвешивается и высушивается при температуре 105 °С для определения абсолютно сухой массы. Определение объема корней производится по М. С. Шалыту (1949) следующим образом. Если корни предварительно доведены до воздушно-сухого состояния, то их надо замочить на 1-2 часа, чтобы они восстановили первоначальный объем.

Берутся два одинаковых мерных цилиндра. В один из них помещаются корни, с тем чтобы они заполнили его до метки. В другой до метки наливается вода. Затем из второго цилиндра вода переливается в первый до метки. Количество оставшейся во втором цилиндре воды будет соответствовать объему корней. В 1939 г. И. И. Колосов предложил измерять объем корневой системы объемомером переменной чувствительности (конструкции Сабинина-Колосова). Этот прибор имеет вид глубокого и широкого стеклянного цилиндра. Сбоку цилиндра на высоте примерно 2-2,5 см припаяна стеклянная трубка, которая короткой каучуковой трубкой сообщается с калиброванной трубкой, имеющей внутреннее сечение около 2,5 мм.

Калиброванная трубка укрепляется в зажиме штатива так, чтобы ее можно было ориентировать под желаемым углом к горизонту. В цилиндр наливают воду до тех пор, пока она не дойдет до калиброванной трубки. Отметив исходное положение мениска в калиброванной трубке, в цилиндр погружают корневую систему. Повышение уровня вызовет сдвиг мениска в калиброванной трубке, сообщаемой с цилиндром. Записав вторую отметку, корень вынимают из цилиндра, и, доливая воду, мениск возвращают в исходное положение. Воды нужно долить столько, сколько ее взято

корневой системой. После этого в цилиндр из бюретки доливают воду, пока мениск не дойдет до второй отметки.

Добавленный между этими двумя отметками объем воды соответствует объему измеряемой корневой системы (цит. по: Колесников, 1972). Диаметр корня определяется при помощи циркуля и линейки под биноклем или с использованием окулярмикрометра под микроскопом. Для достоверности измеряются несколько диаметров, а затем находят среднее арифметическое. Вычисление суммарной длины всех корней можно производить разными способами: либо раскладывая их поочередно на смазанную клеем миллиметровую бумагу или кальку, либо, зная объем корней и средний диаметр, высчитать общую длину по формуле цилиндра.

3. Фиксация подземных органов для длительного хранения и последующего анатомического анализа фиксировать подземные органы лучше всего в 70-градусном этиловом спирте. Перед фиксацией корни или любые другие подземные органы тщательно отмываются в воде. В стационарных условиях заспиртованный материал лучше хранится в стеклянной таре. В полевых условиях фиксировать материал можно прямо в полиэтиленовых пакетах (кстати, в условиях стационара в холодильнике корни можно сохранять в полиэтиленовых пакетах с незначительным добавлением воды в течение 1,5-2 месяцев даже без фиксатора). На стеклянные банки и на полиэтиленовые пакеты необходимо наклеить этикетки (в настоящее время лучше пользоваться самоклеющимися этикетками или маркерами). [29]

4. Метод учета корневых волосков иногда в процессе исследований необходимо определить количество корневых волосков на единицу поверхности, чтобы выяснить всасывающую активность корневой системы. Существует несколько методов учета корневых волосков. Метод С. С. Шаина состоит в том, что на поперечных срезах корня под микроскопом подсчитывают количество корневых волосков, измеряют их длину и диаметр. Далее, определив поверхность, пересчитывают количество корневых

волосков на 1 см. Как правило, делают от 10 до 25 замеров. В 1948 г. И. А. Муромцев (цит. по: Колесников, 1972) для определения количества корневых волосков у того или иного вида воспользовался влажной камерой. Его метод заключался в следующем. После стратификации отбирались семена с корешком около 1 мм, т. е. находящиеся в самом начале прорастания. Семена ополаскивали и переносили в чашки Петри на кружок фильтровальной бумаги. Фильтр в свою очередь помещали на тонкий слой смоченных опилок. Края чашек смазывали вазелином, затем чашки закрывали крышками и устанавливали в темный шкаф при температуре 16-18 °С. Корневые волоски исследовали у 10-дневных проростков. Для подсчета волосков брали корешки, образовавшиеся во влажном воздухе в верхней части корня. Экспериментальная проверка показала, что корневые волоски, образовавшиеся в условиях влажной камеры, практически не отличаются от волосков, сформировавшихся в почве. Подсчет количества волосков осуществлялся так же, как в изложенной выше методике. Следует отметить, что для установления жизненности корней применяют метод плазмолиза и поглощения красок. Если в сосуд, где находится корневая система, добавить некоторое количество красителя, живые корневые волоски окрашиваются, а мертвые нет.

5. Техника изготовления микропрепаратов для анатомического исследования корней, корневищ и других подземных органов растений необходимо в зависимости от целей анализа готовить постоянные или временные анатомические препараты. Укажем лишь на отдельные приемы лабораторной практики изготовления и описания микропрепаратов подземных органов, поскольку в отечественной литературе имеется ряд прекрасных практикумов и руководств к лабораторным занятиям по анатомии растений (Воронин, 1972; Хржановский, Пономаренко, 1979; и др.), в которых приведены все необходимые сведения о микротехнике, оборудовании анатомической лаборатории, реактивах и т. д. Следует также остановиться на отдельных деталях, связанных со спецификой объектов



ризологических исследований. Приготовление срезов корней и других подземных органов можно делать с помощью микротомы и бритвой в первом случае лучше использовать микротом с замораживающим. Для мягких объектов удобнее пользоваться бритвой. Очень объекты предварительно следует фиксировать в 70-процентном спирте с глицерином (не более 1/3 от общего объема).

6. Окрашивание микропрепаратов Методика окрашивания микропрепаратов с помощью реактивов подробно изложена в практикумах (Воронин, 1972; и др.). В целях обнаружения одревеснения оболочек клеток срезы корней, корневищ и других подземных органов мы обрабатывали 1 %-м спиртовым раствором флороглюцина (Phloroglucinol dihydrate). Для этого срезы помещали в несколько капель раствора на предметных стеклах на 1-2 минуты. Затем фильтровальной бумагой оттягивали флороглюцин, наносили на срезы по 2 капли концентрированной соляной кислоты (НС1) — до покраснения одревесневших оболочек — и далее оттягивали кислоту фильтровальной бумагой. Потом наносили на срезы по несколько капель глицерина — для их просветления и временного хранения. На последнем этапе чаще использовался не чистый глицерин, а смесь глицерина, спирта и воды в соотношении 1:1:1. Предметные стекла со срезами, заключенными в глицерин, закрывали сверху покровными стеклами, этикетировали и размещали в картонных коробках на временное хранение. Все стекла со срезами пронумеровывали и данные заносили в каталог.

7. Анализ срезов и оформление результатов анатомического изучения корней и других подземных органов растений Первый этап анатомического анализа структуры подземных органов растений сводится к детальному описанию рассматриваемых под микроскопом срезов по схеме или специальной программе описания. Такие схемы и программы составлялись ранее рядом авторов: Г. И. Таршис (1975), Н. С. Ворониным, И. С. Михайловской (1980) и др. В главе 4 приведена подробная программа сравнительно-анатомического изучения и описания корней птеридофитов,

голосеменных и покрытосеменных растений, используемая в наших исследованиях. Здесь лишь отметим, что описание каждого из срезов необходимо проводить на отдельном листе бумаги, в заголовке обязательно следует указывать номер препарата по каталогу, дату изготовления среза, латинские родовое и видовое названия объекта. Детальное описание срезов, сделанное по нашей программе, является рабочим и используется для проведения сравнительно-анатомического изучения корней видов — представителей таксонов более высокого ранга (отделов, классов, а также семейств и родов). При занесении анатомического описания подземных органов в базу данных его объем несколько сокращается по сравнению с рабочим, но сопровождается выделением специфических для таксона структурных особенностей — "названием" структурной модели. Следующим этапом после описания при сравнительно-анатомическом изучении подземных органов является изображение микропрепарата. В ризологических исследованиях целесообразно использовать два типа изображений: рисунок и микрофотографию. В последние годы для быстрого получения точного изображения появилась возможность использовать компьютерную микроскопическую приставку. Однако даже самая совершенная техника не может заменить при сравнительно-анатомических исследованиях схематические анатомические рисунки, получаемые с помощью светового микроскопа и рисовального аппарата. Нами в процессе ризологических исследований использовались рисовальные аппараты РА-6 и РА-7. Параллельно мы применяли микрофотонасадку МФН-12 для фотографирования активов микропрепаратов. Постоянно в работе были сменные объективы: x3; x7; x8; x10; x20; x40. а других под Иимерение отдельных анатомических структур - необходимый этап м флороглюсравнительно-анатомического изучения подземных органов. Оно провогесколько находится с помощью окулярного микрометра, винтового окулярного микрометра и объективной микрометрической линейки, которая позволяет оп-2 капли определить абсолютную цену одного деления

окулярмикрометра при всех гревесневших используемых объективах. Кроме того, рисовальный аппарат РА-7. Потом позволяет после зарисовки микропрепарата под рисунком размещать и часть просветления шкалы объективной линейки при той же комбинации объектива и округлятся не чистый, которые были использованы в процессе зарисовки микропрепарата 1:1. Предмет или его фрагмента. ш сверху по- коробках на 8. Приемы искусственного выращивания корней растений в условиях и данные за- культуры на современном этапе развития ризологических исследований часто возникает необходимость провести сравнение структуры корней у тропических и субтропических растений, принадлежащих к разным таксонам и произрастающих в различных природно-климатических зонах. В этом случае используют приемы ускоренного выращивания корней (растений) в культуруооскопом ре. В качестве субстрата лучше всего применять промытый песок, вермику или перлит, поскольку эти вещества долгое время удерживают воду легко смываются с подземных органов. Если опыт начинают с проращивания семян, лучше для этой цели брать растения с большими запасами питательных веществ в семядолях или эндосперме семян. Иногда лучше выбирать в наших растения с мелкими семенами, такие как некоторые пасленовые, зов необходимо сложноцветные, злаки (Клейн Р. М., Клейн Д. Т., 1974).

До помещения на следует субстрат семена следует сначала прорастить в чашках Петри на увлажнен-за латинские ной фильтровальной бумаге и лишь затем пересаживать. В тех случаях, в. сделанное когда растения содержат большие запасы питательных веществ, их лучше всего сразу черенковать в тот же субстрат. Легче черенковать такие оранжереей таксо- оранжерейные растения, как колеус, плющ, каланхое, бегония, некоторые голо-е родов). При семенные. данных его Технологии проращивания спор папоротникообразных в закрытом ровождается грунте описаны в главе. Здесь лишь отметим, что выращивание в семян - это один из наиболее удобных способов предвари-тельной подготовки выровненного материала по

птеридофитам и семенным растениям для дальнейших анатомических или физиологических исследований подземных органов. Выращивание растений в культуре для последующих лабораторных исследований - метод далеко не новый. Уже более 200 лет его модификации используют в разных странах мира. Изучением корневых систем путем выращивания растений в специальных ящиках или сосудах, наполненных почвой или иным субстратом, начали заниматься еще в XIX в. В 1875 г. Ноббе выращивал растения в ящиках, где слой плодородной почвы чередовался со слоями песка и неудобренной почвы. В 1876 г. Гейнрих изучал корни растений, выращиваемые в 4-мет-ровых ящиках с почвой. В 1891 г. Орт выращивал растения в сосудах с песком, а в 1905 г. Шульце, изучая злаки, выкапывал ямы глубиной до 2 м и ставил в них особые клетки без дна, причем с одной стороны клетки была сделана выдвижная заслонка с дверцей, через которую можно следить за ростом корней.

С 1915 г. А. П. Модестов для выращивания растений стал применять деревянные ящики высотой до 1 м с послойным рас-положением удобренной и неудобренной почвы, что позволило установить сильное влияние удобрений на рост и развитие корней. На протяжении десятилетий и даже столетий менялся материал емкостей, используемых для выращивания корней: они были глиняные, стеклянные, металлические. Менялось их содержимое: это были всевозможные питательные смеси и растворы. Для наблюдений растения частенько изымали извне, иногда же, наоборот, ящики вкапывали в почву, направляя в них растущие корни, тем самым сохраняя влияние условий среды, в которой находился исследуемый вид. Так, в 1952 г. А. К. Приймак изучала различных удобрений на рост и развитие корней плодовых деревьев почвенных ящиках. Ящики наполняли землей с удобрениями и закапывали в почву. Предварительно вокруг одного дерева каждого рода (яблоки, вишни, абрикоса и сливы) рыли траншею глубиной 30-40 см штамба на расстоянии 1,5 м от него. С разных сторон дерева приблизительно одинаковые корни толщиной 1,5 мм.

Далее их обрезанные концы вставляли в заранее подготовленные ящики, наполненные землей взятой в месте нахождения корней и смешанной с удобрениями ящики устанавливали горизонтально, после чего траншею закапывалась за опытными деревьями был такой же, как и за остальными в данном. С ранней весны до ноября ящики находились в почве. В ноябре корни дерева перерезались с наружной стороны ящиков. Ящика, корни в них отмывали, извлекали и исследовали, определяя Влияние удобрений на рост и развитие корневых систем у разных плодовым (цит. по: Колесников, 1972).

9. Методы характеристики физиологической активности корневых систем способствуют выявлению взаимоотношений между видами, отдельными органами растения, разными особями и между растением и средой. описанию данных методов посвящены целые разделы в монографической учебной литературе по физиологии растений (Курсанов, 1952, 1954. 1966. 1976; Казарян, 1990), поэтому мы считаем нецелесообразным останавливаться на их детальной характеристике. В качестве примера приведем только один метод определения влияния температуры на рост корней. Итак. для наблюдения за ростом корня при заданной температуре необходимо использовать прибор, представляющий собой замкнутый прямоугольный сосуд объемом около 500 мл. В передней стенке сосуда вмонтировано тон (около 0,5 мм) стекло для наблюдения за ростом корня. Непосредственно стеклом установлены две пробирки: одна для помещения растущего растения, вторая для термометра. На задней стенке сосуда, напротив окна, укреплено такого же размера стекло, через которое направляется пучок света от осветителя. В корпус сосуда, кроме того, вдеты металлические трубки. Одна из них - приемная - доходит до дна сосуда, нее сосуд заполняется водой требуемой температуры.

Через влаго-выводящую трубку из сосуда отводится вода для обеспечения непрерывной циркуляции. Сосуд освобождается от воды через вделанный в Клей его части кран, который во время работы закрывают. Для поддержания заданной температуры на одном уровне ( $\pm 0,1$  °C) прибор

включают термостат (приведено по: Колесников, 1972). Следует также отметить, что все методы, характеризующие физиологическую активность корневых систем, так же как и иные особенности, описанные выше, подразделяются на: полевые и лабораторные. На сегодняшний день для оценки активности функционирования корневых систем лучше всего использовать такую установку, как ризотрон, который позволяет отслеживать любые процессы жизнедеятельности корня при заданных параметрах среды.

### 2.3 Разнообразие и внутривидовая изменчивость подземных органов растений

Среди высших растений, произрастающих на Земле в наше время, основное количество видов – 253000 – это цветковые, или покрытосеменные растения. До сего времени очень редко систематиками в таксономических целях применялись морфологические признаки корневых систем отдельных корней и других подземных органов, развивающихся в подземной сфере магнелиофитов. Это объясняется тем, что о подземных органах цветковых растений до настоящего момента известно гораздо меньше, чем о генеративных органах.

Как известно, разнообразие особей, составляющих биологический вид, является универсальным свойством живых организмов, определяемым как внутривидовая изменчивость (Майр, 1974). С проявлениями внутривидовой изменчивости у растений исследователи сталкиваются уже давно. Они мно-гократно описывали разнообразные вариации таких признаков, как величина, форма и окраска плодов, листьев, семян и других органов растений. Однако до первой половины XIX в. в науке господствовала точка зрения, высказанная К. Линнеем, что подобные отклонения от типичной формы имеют случайный и кратковременный характер. Лишь после того как Ч. Дарвин в середине XIX в. обратил внимание на индивидуальную изменчивость организмов и подчеркнул ее огромную роль в процессе эволюции, ученые начали уделять значительно

большее внимание проявлениям внутривидовой изменчивости и их классификации. На основе исследований внутривидовой изменчивости.

Одной из самых сложных задач ризологических исследований является установление различий, существующих у особей одного вида в структуре подземных органов и проявляющихся как в пределах одной популяции, так и в разных популяциях на протяжении ареала вида. Значительные методические затруднения возникают в процессе ризологического анализа.

В связи с одновременным развитием в подземной сфере многолетних растений органов, разных по происхождению и природе, например разных корней: главного (основного), боковых, придаточных стеблеродных (кладогенных) и ризогенных, а также подземных побеговых органов - корневищ, клубней, луковиц и органов, смешанных по происхождению - корнеплодов, стеблекорней и т. д. На их морфологической характеристике мы останавливались выше. Здесь же следует лишь подчеркнуть, что в процессе онтогенеза особи в ее подземной сфере обычно возрастает и количество подземных органов. Естественно, для совокупности такого множества органов в пределах одного индивидуума характерны значительное их разнообразие и внутривидовая изменчивость, или разнокачественность, называемая эндогенной изменчивостью, или флюктуабельностью (Мамаев, 1973). Это явление вариабельности одноименных органов в пределах организма, как подчеркивает С. А. Мамаев, принципиально другого типа, чем изменчивость отдельных индивидуумов в популяциях. Мы провели анализ литературы, посвященной проблемам морфологического разнообразия особей в природных популяциях растений (Ценопопуляции растений, 1976; Онтогенетический атлас..., 1997, 2000; Жукова, Глотов, 2001; и др.) и проявлениям внутривидовой изменчивости у организмов - животных, многолетних древесных растений и т. д. (Майр, 1974; Мамаев, 1973), и отметили, что в современной литературе проявления изменчивости отдельных одновозрастных индивидуумов в популяции часто трактуются по-разному. Это вносит определенные противоречия и трудности в анализ

явления внутривидовой изменчивости. Существуют два основных подхода к определению и анализу морфологического разнообразия особей в одной популяции. Во-первых, варьирование морфологических и иных признаков у особей каждого вида, выраженное в пределах его популяции и получившее название "индивидуальная изменчивость", исследуется в целях составления более полного представления о таксономических единицах низшего ранга. Как известно, профессор Э. Майр, крупнейший теоретик-эволюционист, отмечал, что у вида, размножающегося половым путем, нет двух особей, которые были бы совершенно сходны друг с другом (1974). Он также неоднократно подчеркивал, что любые морфологические различия между особями одной популяции являются индивидуальной изменчивостью. Последняя, по мнению ученого, может затрагивать меристические признаки, т. е. те, которые можно сосчитать; количественные или размерные признаки, которые можно измерить (например: длина, ширина, масса); качественные признаки, например такие, как наличие или отсутствие пятен. Кроме того, проявления индивидуальной изменчивости Э. Майр подразделяет на две группы: непрерывную (больше или меньше) и прерывистую (полиморфизм).

По определению Э. Майра, полиморфизм - это наличие нескольких различных дискретных фенотипов внутри единой скрещивающейся популяции. Ученый также рекомендовал использовать термин "полиморфизм" только для обозначения прерывистой генетической изменчивости. По нашему мнению, одним из основных источников разнообразия морфоструктуры подземных органов магнолиофитов является их внутривидовая изменчивость. Само понятие "внутривидовая изменчивость" четко отражает сущность феномена, заключающегося в варьировании однотипных признаков и свойств индивидуумов одного вида в определенный временной период. Сейчас многие ботаники для обозначения различий в морфоструктуре подземных органов одновозрастных особей, встречающихся в природных популяциях растений, склонны употреблять иное понятие - "морфологическая поливариантность" (Жукова, Готов,



2001). Понятие морфологической поливариантности растений возникло в процессе разработки Т. А. Работновым (1950) периодизации жизненного цикла (онтогенеза) дикорастущих травянистых многолетников и дальнейшего развития онтогенетического направления исследований А. А. Урановым (1975), его многочисленными учениками и последователями, создавшими учение о ценопопуляциях растений (Онтогенез..., 1967; Вопросы морфогенеза..., 1968; Возраст-ной состав популяций..., 1974; Ценопопуляции..., 1976; Онтогенетический атлас..., 1997, 2000; и др.). В период с 60-х по 70-е годы XX столетия представителями "московской" школы ботаников были изучены онтогенетические состояния особей у более чем 500 видов семенных растений и 20 видов папоротников (Шорина, 1981), позволившие обнаружить у них разные проявления поливариантности онтогенеза, подразделяемые на два надтипа: структурный и динамический (Жукова, Глотов, 2001). Крайнее проявление морфологической поливариантности, по мнению Л. А. Жуковой и Н. В. Глотова (2001), состоит в возникновении в одной или в разных популяциях растений разных биоморф. В числе примеров выделяемых вариантов авторы приводят такие признаки, как тип корневой системы - аллоризной, аллогоморизной и гоморизной. Эти примеры фактически отражают реально существующую в природе вариабельность особей вида в пределах популяции, но называемую по-разному: морфологической поливариантностью, прерывистой индивидуальной изменчивостью или полиморфизмом. Таким образом, в настоящее время оба научных направления очень близки к аналогичному пониманию чрезвычайно сложного явления - внутривидовой изменчивости растений. Конечно, морфобиологическое разнообразие особей в пределах ценопопуляции выражается по-разному у разных видов.

По-видимому, на современном этапе развития магнолиофитов у одних видов более высокого уровня изменчивости, или лабильности, достигают надземные органы, у других — подземные; у одних — генеративные, у других — вегетативные. Если учитывать, что единственным действительно

объективным критерием эволюционного прогресса растений, как подчеркивал А. К. Скворцов (1995), является увеличение разнообразия, то целесообразно объективно оценить уровень (степень) изменчивости разнообразных подземных органов видов, заведомо объявленных консервативными. Для этого, по нашему мнению, необходимы широкая инвентаризация изменчивости морфоструктур подземных органов у максимального количества дикорастущих видов и сведение материалов по их морфологии и анатомии в базы данных.

Естественно, масштабы этой работы огромны. Но подобная информация, отражающая биоразнообразие видов, со временем станет фундаментом работ по их охране и реинтродукции. Прежде чем переходить к материалам по инвентаризации разнообразия корневых систем и внутривидовой изменчивости морфоструктур подземных органов покрытосеменных растений, необходимо кратко изложить основные принципы анализа проявлений форм внутривидовой изменчивости подземных органов растений. Следует подчеркнуть, что в ризологии и морфологии растений пока нет общепринятой классификации проявлений внутривидовой изменчивости. При изучении внутривидовой изменчивости древесных растений из семейства Pinaceae Lindl. на Урале С. А. Мамаев (1970, 1973 и др.) для разграничения и более углубленного анализа такого сложного и многообразного феномена выделил семь основных форм и три категории изменчивости.

В ризологии выделение форм внутривидовой изменчивости подземных органов магнолиофитов было впервые проведено Г. И. Таршис (1981). Исследователем были сформулированы принципы анализа внутривидовой изменчивости подземных органов, выявлены основные закономерности и пределы варьирования структурных признаков корневых систем, корней, корневищ и других подземных органов у 300 видов многолетних дикорастущих травянистых растений. Кроме того, впервые в практике ризологических исследований Г. И. Таршис (1981) были применены для

получения объективной оценки степени изменчивости структурных признаков подземных органов коэффициент вариации (С, %) и шкала уровней изменчивости количественных признаков растений, эмпирически составленная С. А. Мамаевым (1970) для надземных органов деревьев.

Наши многолетние ризологические исследования, проведенные на территории Урала, Сибири и Дальнего Востока, подтвердили, что наилучший способ получения объективной информации о внутривидовой изменчивости разнообразных по морфологической природе подземных органов высших споровых и семенных растений дают метод лимитов абсолютных значений признаков и такой показатель размаха индивидуальной изменчивости, как коэффициент вариации. Ранее этот показатель был широко использован зоологами (Яблоков, 1966; Шварц и др., 1968; и др.), убедительно продемонстрировавшими, что он наиболее объективно и наглядно свидетельствует о размахе индивидуальной изменчивости признаков. Основная цель инвентаризации структурного разнообразия подземных органов высших споровых и семенных растений состоит, по нашему мнению, в том, чтобы установить диапазон индивидуальной изменчивости морфоструктуры подземных органов, отражающий его адаптивные возможности у одновозрастных особей каждого вида в пределах популяции

. Как свидетельствует ризологический анализ, у большинства дикорастущих видов индивидуальная изменчивость особей проявляется в варьировании размеров подземных органов и их метаморфозов: длины и толщины корневищ, клубней, луковиц; длины отдельных метамеров — годичных приростов корневищ; количества придаточных корней, сформированных на годичных приростах корневищ, и других структурных признаков, количественное выражение которых у одновозрастных особей в пределах одной популяции (ценопопуляции) составляет вариационный ряд. Такой ряд можно представить в виде кривой распределения большей или меньшей крутизны. Анализ обширных ризологических материалов, которыми мы располагаем, позволяет

заклучить, что у всех подземных органов покрытосеменных растений — корней, корневищ и разнообразных их метаморфозов проявляется индивидуальная внутривидовая изменчивость. Чаше индивидуальная изменчивость структурных признаков подземных органов у многочисленных видов магнолиофитов носит характер непрерывной изменчивости. Однако прерывистую индивидуальную изменчивость, или полиморфизм, также можно обнаружить у подземных органов отдельных таксонов магнолиофитов. В современный период еще недостаточно подробно изучены проявления индивидуальной изменчивости у корней, подземных побегов, их многочисленных метаморфозов, развитых в подземной сфере 190 000 видов двудольных и 63 000 видов однодольных растений. Это предстоит изучить в будущем. В наше время известно, что у большого числа видов двудольных растений, за исключением ряда представителей семейств *Ranunculaceae* Juss. и *Plantaginaceae* Juss., индивидуальная изменчивость проявляется в варьировании длины главного корня, развивающегося из зародышевого корешка после прорастания семени, а также в изменчивости числа, размеров и степени ветвления боковых корней, сформированных на главном корне. Такая аллоризная корневая система характерна для многих однолетних, двулетних и даже многолетних двудольных растений.

Например, у ряда видов семейства гречишные (*Polyopaceae* Juss.), произрастающих в Европе, Азии и Северной Америке, под землей формируются разные по мощности и степени ветвления стержневые веретенообразные корни, углубляющиеся в почву на разную глубину. Среди них, например, виды птичья гречиха, горец почечуйный, щавель малый, щавель кислый, щавель курчавый. Непрерывная изменчивость размеров стержневого корня и боковых корней выражена у многих однолетних трав из семейства крестоцветные (*Cruciferae* Juss.) — видов родов капуста (*Brassica* L.), крупка (*ВтаБа* L.); из семейств гвоздичные (*Сагуорьюllaceae* Juss.), молочайные (*ЕрlзогЫlaseae* Juss.), пасленовые (*оlапaseae* Juss.), маревые (*Chenopodiaceae* Vent.) и даже ряда сложноцветных (*Asteraceae* Dumort.).

Среди сложноцветных, находящихся, по словам известного систематика Н. А. Буша (1959), в настоящее время в полном филогенетическом расцвете и обладающих всеми признаками высшей организации, встречается много однолетних, двулетних и многолетних трав с аллоризной корневой системой. Например, такое многолетнее травянистое растение, как василек шероховатый, в генеративном состоянии имеет хорошо развитый, мощный стержневой корень, обильно ветвящийся и "многоглавый».

#### 2.4 Классификация подземных органов высших растений

В связи с многообразием условий жизни на Земле у высших растений в течение длительного процесса эволюции в подземной сфере сформировались разнообразные подземные органы. Четкая морфологическая характеристика и классификация их на современном этапе представляет собой первоочередную и наиболее важную проблему ризологии. Без знания особенностей морфоструктуры невозможно правильно определить природу подземных органов, осуществить их классификацию и составить полное представление о жизнедеятельности растения, являющегося целостной и динамической системой надземных и подземных органов, чутко реагирующей на любые изменения условий внешней среды. Сложность проблемы состоит в том, что одновременно в подземной сфере растения развиваются и функционируют подземные органы разной природы, но сходные по окраске и внешнему виду.

Это корни, входящие в состав корневой системы особи, и органы побеговой природы — корневища, клубни и т. д., а также подземные органы смешанной корнепобеговой природы — корнеплоды, стеблекорни, стеблеклубни, или тубероиды и т. д. Для того чтобы разобраться в таком морфологическом разнообразии подземных органов, необходимо сначала научиться распознавать эти органы по морфологическим особенностям, а затем осуществлять их классификацию. В XX столетии отечественными и зарубежными специалистами создавались классификации подземных

органов, однако чаще это были классификации корневых систем цветковых растений, не включавшие разнообразные метаморфозы подземных органов побеговой и корнепобеговой природы. Кроме того, большинство классификаций носило региональный характер и отражало особенности корней растений из отдельных таксонов и фитоценозов. Среди них есть достаточно удачно составленные классификации, например морфологическая классификация корневых систем лесных растений Финляндии (Kivenheimo, 1947) или классификация болотных видов (Linkola, Tiirikka, 1936). Если же при классификации подземных органов исследователь, как например Г. И. Таршис (1981), отражал специфику подземных органов корневой, побеговой и корнепобеговой природы, то использовались материалы, характеризующие лишь небольшую группу жизненных форм растений, в данном случае покрытосеменных травянистых многолетников.

Ниже мы приведем краткий обзор наиболее известных классификаций корневых систем растений, разработанных в России и за рубежом в XX столетии и используемых в практике ризологических исследований. Но сначала остановимся на основных принципах составленной нами классификации подземных органов высших растений. За последние десять лет знания о морфоструктуре подземных органов высших растений значительно расширились. Кроме того, появились технические возможности для создания и постепенного наполнения компьютер-ной базы данных материалами по морфологии подземных органов высших растений. Значительно расширился набор видов, привлекаемых к ризологическим исследованиям, за счет использования коллекций живых растений тропической и субтропической флоры, созданных в ряде ботанических садов России.

Очень важно, что, как уже упоминалось, ризология в ноябре 2001 г. была официально признана самостоятельной наукой. Повышению эффективности ризологических исследований способствовало привлечение к ним наиболее интересных научных методов, ранее апробированных в

смежных областях ботанической науки: морфологии, биосистематике и т. д. Среди них, например, метод моделирования структур, первоначально использованный морфологами для типологии надземных органов деревьев и трав (Наде, 1975; Серебрякова, 1977), а также метод оценки и анализа внутривидовой изменчивости структурных признаков надземных органов деревьев (Мамаев, 1970, 1973) и подземных органов дикорастущих травянистых многолетников (Таршис Г. И., 1981). Наиболее плодотворным и перспективным для познания разнообразия морфоструктур подземных органов, развивающихся в подземной сфере современных высших растений, нам представляется метод описания архитектурных моделей. Подобно тому как внешний облик тропических деревьев, как показал F. Halle (1975), является результатом определенных "стратегий" нарастания побеговой системы, так и общий габитус подземной сферы растений, включая корневую и побеговую системы, является следствием ростовых процессов, происходящих благодаря деятельности определенных типов меристем в конкретных почвенно-климатических и фитоценологических условиях. Основываясь на этих принципах и проанализировав особенности морфоструктуры подземных органов у более чем 900 видов дикорастущих и интродуцированных в ботанических садах высших растений, мы разработали 38 основных архитектурных моделей их подземных органов. Благодаря сравнению особенностей морфоструктуры подземных органов ряда видов, произрастающих в разных ботанико-географических зонах России (от Урала до Дальнего Востока мы убедились, что описываемые нами архитектурные модели сохраняют в любых экологических условиях основные признаки морфоструктуры и могут быть использованы как устойчивый показатель, объективно отражающий внешний облик подземных органов видов. На этом основании при разработке классификации подземных органов высших растений мы наряду с выделением у них четырех типов корневых систем использовали кратко: характеристики 38 основных архитектурных моделей. Благодаря двухступенчатой классификации, удается

отразить морфологическое разнообразие подземных органов корневой, побеговой и смешанной природы, реально существующее у современных высших растений. Обзор обширного фактического материала и данные литературы свидетельствуют, что у всех современных высших растений, кроме моховидных и псилотовидных, в подземной сфере развиваются корневые системы только четырех типов. У высших споровых (плауновидных, хвощевидных и папоротниковидных) имеются только придаточные стеблеродные корни, совокупность которых составляет первично-гоморизную корневую систему. В подземной сфере голосеменных растений обычно формируется аллоризная корневая система, для которой характерно развитие главного корня, углубляющегося в почву и активно ветвящегося, с образованием боковых корней. У некоторых голосеменных растений, например у ели, кроме главного и боковых корней развиваются также придаточные стеблеродные или кладогенные корни, а корневая система трансформируется в аллогоморизную. Покрытосеменные растения характеризуются еще большим разнообразием морфологических типов корневых систем. У части видов покрытосеменных развивается, как и у голосеменных, аллоризная корневая система, отличающаяся разной степенью развития главного корня и разной активностью его ветвления.

У многих покрытосеменных формируется аллогоморизная корневая система, в составе которой сохраняются главный и боковые корни, но дополнительно к ним развиваются также придаточные кладогенные и ризогенные корни. Для значительного числа видов однодольных и некоторых двудольных покрытосеменных растений характерно развитие вторично-гоморизной корневой системы. Она формируется в том случае, когда зародышевый корень рано отмирает или недоразвивается и окоренение особи осуществляют только многочисленные придаточные стеблеродные корни. Они могут возникать на коротком ортотропном корневище, донце луковицы или на основании надземного побега, тогда корневая система принимает кистевидную или мочковатую форму. Но у многих покрытосеменных в



подземной сфере развиваются разнообразные органы побеговой и корнепобеговой природы - корневища, столоны, клубни, луковицы, стеблекорни и стеблеклубни, на которых тоже формируются многочисленные придаточные корни. Таким образом, анализ доступного нам фактического материала позволяет заключить, что в подземной сфере современных высших растений наряду с развитием четырех типов корневых систем могут формироваться и функционировать многочисленные метаморфозы корней, подземных побегов и органов смешанной корнепобеговой природы.

Их разнообразные сочетания, характерные для представителей разных таксономических групп современных высших растений, и определяют огромное морфологическое разнообразие подземных органов ныне обитающих на Земле высших растений. Поэтому классификация подземных органов высших растений должна быть построена на основе синтеза признаков, отражающих как морфоструктуру и природу различных подземных органов, так и морфологический тип корневой системы. Такая синтетическая классификация позволит провести, по нашему мнению, более детальную и полную инвентаризацию морфологического разнообразия подземных органов видов современных высших растений. Естественно, что со временем число описываемых архитектурных моделей корневых и подземных побеговых систем еще увеличится за счет изучения новых видов, однако принципы классификации, основанной на учете основных признаков морфоструктуры подземных органов высших растений, сохранятся.

Современное техническое оснащение позволяет постоянно наполнять компьютерную базу данных материалами по морфологическому разнообразию подземных органов дикорастущих и интродуцированных видов и использовать эти материалы в целях сохранения биологического разнообразия. Для того чтобы удобнее было разобраться в двухступенчатой классификационной схеме, ниже перечислены основные описанные нами архитектурные модели подземных органов высших растений в сочетании с

типами корневых систем, развивающихся в подземной сфере видов - представителей пяти отделов высших растений.

#### Плауновидные

1. Плагиотропно-побеговая щетковидно-корневая
2. Плагиотропно-корневищная щетковидно-корневая

#### Хвощевидные

3. Диморфно-корневищная с плагиотропными и ортотропными подземными побегами и диморфными (осевидными и мочковатыми) корнями Папоротниковидные

4. Ортотропно-короткокорневищная кистевидно-корневая

5. Ортотропно-короткокорневищная с гипогеогенными столонами, диморфная, щетковидно-корневая

6. Восходящекороткокорневищная с гипогеогенными столонами, диморфная, кистекокорневая

7. Восходящекороткокорневищная щетковидно-корневая

8. Плагиотропно-длиннокорневищная щетковидно-корневая

9. Плагиотропно-длиннокорневищная с гипогеогенными столонами, диморфная, щетковидно-корневая

10. Плагиотропно-короткокорневищная щетковидно-корневая

11. Ортотропно-короткокорневищная с корнеотпрысковыми придаточными корнями

#### Голосеменные

12. Глубокостержнекорневая, ветвистая, с многочисленными боковыми корнями и микоризой в них

13. Глубокостержнекорневая ветвисто-коралловидная

14. Веретеновидно-стеблекорневая ветвистая

15. Короткостержнекорневая поверхностно-ветвистая с придаточными стеблеродными корнями

16. Короткостержнекорневая равномерно-ветвистая

17. Стержнекорневая горизонтально-ветвистая с восходящими дыхательными корнями (пневматофорами)

18. Стержнекорневая корнеотпрысковая с воздушными корнями

19. Стержнекорневая с придаточными стеблеродными корнями

20. Глубокостержнекорневая с плагиотропными корневищами и придаточными стеблеродными корнями

21. Короткостебле- и стержнекорневая с длинными боковыми корнями горизонтальной ориентации и придаточными стеблеродными корнями

Покрытосеменные

22. Стержнекорневая

23. Стержнекорнеклубневая

24. Полистержнекорневая, корнеотпрысковая

25. Стержнекорневая каудексная с придаточными корнями

26. Корнеплодная с придаточными корнями

27. Стеблекорневая осевидная с придаточными корнями

28. Стеблеклубневая с придаточными корнями

29. Плагиотропно-длиннокорневищная с придаточными корнеклубнями

30. Ортротропно-корневищная кистевидно-корневая

31. Плагиотропно-длиннокорневищная щетковидно-корневая

32. Плагиотропно-длинностолоновидно-корневищная с придаточными корнями

33. Плагиотропно-короткокорневищно-клубневая с придаточными корнями

34. Луковичная с придаточными корнями

35. Плагиотропно-длиннокорневищно-луковичная с придаточными корнями

36. Клубнелуковичная с придаточными корнями

37. Клубнекорневищная с придаточными корнями

### 38. Плагиотропно-короткокорневищная с придаточными корнями

Анализ распределения числа архитектурных моделей, описанных для представителей каждого из пяти отделов высших растений, свидетельствует о том, что их разнообразие увеличивается от отдела к отделу и может служить объективным критерием эволюционного прогресса таксона. Так, у хвощевидных представлено 3 % архитектурных моделей подземных органов, у плауновидных - 5 %, у папоротниковидных - 21 %, у голосеменных - 26 % и у покрытосеменных - 45 % (от общего числа моделей 38 = 100 %, разработанных для классификации разнообразия морфоструктур подземных органов высших растений).

## ГЛАВА 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «ПОДЗЕМНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ» ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 6 КЛАССОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

### 3.1 Элективный курс

#### **Программа**

##### **1. Пояснительная записка**

Программа элективного курса предполагает расширение и конкретизацию ботанических понятий о подземных органах растений, формирование которых началось в 5 классе. Создание визуального представления о морфологии и анатомии подземных органов растений.

Получение представлений: о корнях и побеговых подземных органах растений; о ризологии - науке их изучающей; об истории развития учений о подземных органах; о методах изучения и о классификациях подземных органов.

Учебный курс завершается практической работой посвященной изучению особенностей проявления внутривидовой изменчивости у подземных органов растений (на примере лука репчатого - лат. *Allium séra*).

Итоговое занятие проходит в виде защиты проекта по теме «Мои исследования подземных органов растений».

**Целью данного курса является** формирование дополнительных знаний о современных подходах к изучению подземных органов растений, о науке ризология, о методах и истории изучения корней при знакомстве учащихся с соответствующим материалом в курсе ботаники.

#### **Задачи курса:**

1. Стимулирование познавательных интересов учащихся.
2. Расширение кругозора учащихся.
3. Объединение научных и практических знание.
4. Развитие коммуникативных навыков.

5. Получение информации, сбор данных и выведение результатов опытным путем.

6. Ведение дискуссий.

7. Формирование навыков и умений работы с информационными источниками.

### **Содержание курса**

1) История развития ризологии.

Становление ризологии как науки. Основные этапы развития.

Ризология сегодня.

2) Методы ризологических исследований.

Полевые методы:

- Метод «скелета»
- Метод «монолита»
- Метод «среза» или «монолита»
- Метод «стеклол»
- Метод «траншеи»
- Метод «моделей»

Лабораторные методы:

- Морфологическое описание
- Методы фракционирования корней
- Фиксация подземных органов
- Метод учета корневых волосков
- Техника изготовления микропрепаратов
- Окрашивание микропрепаратов
- Анализ срезов и оформление результатов анатомического изучения корней и других подземных органов растений
- Метод искусственного выращивания корней растений в условиях культуры

-Методы характеристики физиологической активности корневых систем.

3) Классификации корневых систем и подземных органов растений

3.1) Первично-гоморизная корневая система

3.2) Аллоризная корневая система

3.3) Аллогоморизная система

3.4) Вторично-гоморизная корневая система

Таблица 1.

### Учебно-тематическое планирование курса

№	Наименование раздела, темы	Максимальная учебная нагрузка учащихся	Аудиторные занятия (кол-во часов)			Сам. Работа
			Всего	Лекции	Практические занятия	
1	История развития науки ризологии	2	2	2	-	-
2	Методы ризологических исследований	8	8	4	2	2
3	Классификация подземных органов растений	6	6	4	-	2
<b>Итого:</b>						<b>16</b>

## **Содержание курса:**

### **Тема 1. История науки ризология**

Урок 1: Краткая история ризологии.

Урок 2: Этапы развития и ученые занимающиеся ризологией.

### **Тема 2. Методы ризологических исследований**

Урок 1: Полевые методы.

Урок 2: Лабораторные методы.

Практическая работа 1: Высадка лука.

### **Тема 3: Классификация корней и подземных органов растений**

Урок 1: Первично-гоморизная корневая система и аллоризная корневая система.

Урок 2: Аллогоморизная система и вторично-гоморизная корневая система.

Практическая работа 1: Классификация корней и подземных органов растений.

### **Итоговое занятие в форме защиты проекта.**

## **4. Список литературы**

### **Учебно – методические средства обучения.**

1) Захаров В. Б., Сонин Н. И. Учебник для образовательных учреждений/Биология. Многообразие живых организмов//Изд-во Дрофа, 2011. – 255 С.

2) Захаров В. Б., Сонин Н. И.. Рабочая тетрадь по учебнику «Биология. Многообразие живых организмов» / Изд-во Дрофа, 2013. – 139 С.

Список дополнительной литературы для учителя:

1) Дмитриева Т. А., Гуленков С.И., Суматохин С.В., Медведева А.А, Сухорукова Т.С., Криксунов Е.А., Пасечник В.В. 1600 задач, тестов и проверочных работ: биология. М: Дрофа, 1999г. 427с.

2) Демьянков Е. Н.. Биология: мир растений; задачи, дополнительные материалы; 6 класс. М: Владос, 2007г. 160с.



3) Галушкова Н. И.. Биология. Бактерии. Грибы. Растения. 6 класс  
Поурочные планы – Волгоград:Учитель, 2007

4) Парфилова Л. Д.. Тематическое и поурочное планирование по биологии ( к учебнику Биология. Бактерии. Грибы. Растения 6 класс). - М., Экзамен, 2004

5) Парфилова Л. Д.. Контрольные и проверочные работы по биологии ( к учебнику Биология. Бактерии. Грибы. Растения 6 кл). - М., Экзамен,

6) Бенуж Е. М.. Тесты по биологии ( к учебнику Биология. Бактерии. Грибы. Растения 6 кл). - М., Экзамен, 2008

7) Воронина Г.А.. Школьные олимпиады. Биология 6-9 классы – 3-е издание.- М: Айрис-пресс, 2010. – 176с.

8) Шорина Н.И.. Биология: Практикум по ботанике. 6-7 классы.- М: НЦ ЭНАС, 2003. – 136с

9) Илларионов Э.Ф.. Биология 6 (7) класс: Поурочные разработки. М: ВАКО, 2003. – 320с

10) Березина С.Н. КИМ. Биология: 6 класс.– ВАКО, 2012 – 112с

Список дополнительной литературы для учащихся:

1) Дроздова И.В. Удивительная биология: о чем молчали учебники. М: НЦ ЭНАС, 2006г. 230с.

2) Бондарук М.М., Ковылина Н.В. Занимательные материалы и факты по общей биологии в вопросах и ответах; 5-11 классы. Волгоград: Учитель, 2005г. 174с

3) Реймерс Н.Ф. Краткий словарь биологических терминов. – М., Просвещение, 1992, 1995 гг.

4) Трайтак Д. И. Книга для чтения по биологии. Растения – М., Просвещение, 1996

Интернет ресурсы

<http://bio.1september.ru/index.php>

<http://festival.1september.ru/>

<http://www.proshkolu.ru/>

<http://sbio.info/index.php>

<http://www.virtulab.net/>

<http://oadk.at.ua/load/biologija/39>

Реализация разработанного нами курса возможна в различных общеобразовательных учреждениях. В профильных учреждениях, в рамках предметов по выбору школы, во внеклассной и внешкольной работе, в учреждениях дополнительного образования.

Следует отдельно отметить, что комплексность и системность разработанного курса не мешает применению в учебно-воспитательном процессе приведённых материалов, как в сжатом виде, так и виде отдельных тем. Нами разработан перечень оборудования, он дает возможность выбрать средства оснащения практических работ, наиболее подходящий для осуществления программы в выбранном варианте, с учётом возраста обучающихся, их подготовленности, а также необходимой глубины содержания занятий.

Организация работы в рамках курса: теоретические и практические занятия предлагается проводить как в условиях кабинетов-аудиторий и лабораторий экологии (биологии, химии), так и в полевых условиях (это относится главным образом к практической работе). Полевой практикум осуществляется на пришкольной территории, в ходе походов – выходного дня, летних экологических экспедиций и др.

В ходе апробации данного элективного курса в МАУ СОШ № 66 была отмечена положительная динамика в успеваемости так ходе проведения элективного курса, учащиеся получили навыки проведения мониторинга развития внутривидовой изменчивости подземных органов растений, овладели различными методами мониторинга, научились работать с лабораторным оборудованием, приобрели навыки защиты окружающей среды, а также приобрели знания о структуре и внутривидовой изменчивости подземных органов растений.

3.2 Разработка лабораторных занятий по теме «Методы ризологических исследований».

**Лабораторные методы исследования, на примере выращивания репчатого лука.**

Приветствую вас, коллеги! Наше сегодняшнее занятие будет посвящено лабораторно-исследовательской деятельности. Для этого нам понадобится: несколько луковиц, почва, тара для рассадки, лейка.

Для начала подготовим наши луковицы, для чистоты эксперимента, дома мы с вами должны были выбрать луковицы примерно одного размера.

Далее мы займемся анализом почвы, которую мы выбрали для посадки, как вы могли уже заметить, что она не одинакова по своему внешнему виду, а так же по составу, грунт для рассады, цветочный и грунт для кактусов отличаются кислотным балансом.

Итак, начнем посадку, в свой горшочек мы насыпаем землю и маркером подписываем свое имя и почву, которую мы выбрали для посадки. Это необходимо для мониторинга результатов нашего исследования.

Засыпав почву, мы высаживаем луковицу и поливаем получившуюся рассаду из лейки.

В течение трех недель, мы будем наблюдать за ростом наших луковиц, производить замеры перьев, приживутся или нет наши луковицы. Все полученные данные мы заносим в нашу таблицу (см. приложение 2), а так же зарисовываем внешний вид с отметками о дате замеров.

На примере данного проращивания мы с вами можем опробовать несколько лабораторных методов ризологических исследований.

К таким лабораторным методам исследования подземных органов растений относится.

- 1) Метод морфологического описания. После извлечения органов из грунта и последующего промывания их от почвы мы производим их описание по схеме:

- а) Местонахождение объекта (в нашем случае почва в которую были произведены посадки);
- б) Жизненная форма вида, его систематическая принадлежность;
- в) Возрастное состояние исследуемой особи;
- г) Тип корневой системы;
- д) Наличие метаморфозов корневой системы;
- е) Морфологические аномалии органов растений.

2) Метод фракционирования корней и последующего определения их размеров

После очистки корней от почвы разделяем их на фракции, вручную. От более крупных, к более мелким.

Вычисление длины корней производим поочередно, раскладывая их на смазанную клеем миллиметровую бумагу, записывая данные в таблицу.

3) Прием искусственного выращивания корней растений в условиях культуры.

Этот прием очень удобен из-за своей быстроты и доступности, а так же наглядности.

Мы можем проводить его как на пересадке растений, у нас, к примеру, лук репчатый, а так же наблюдать за непосредственным проращиванием семян.

Высаживая один вид растений на разные почвы, либо меняя содержимое на питательные смеси или различные растворы, мы можем наблюдать за внутривидовой изменчивостью подземных органов растений.

Заключение.

В выпускной квалификационной работе «Изучение структуры и внутривидовой изменчивости подземных органов растений в курсе Биология. Растения» были представлены три главы: Анализ школьных учебников по биологии, исследования и современный подход к изучению подземных органов растений и разработка учебно-методического обеспечения элективного курса «Подземные органы растений» для учащихся 6 классов общеобразовательной школы. В первой главе нами был представлен анализ трех учебников по биологии для 6 класса. Более подробно расписан анализ учебника Захаров В.Б., Сонин Н.И. «Биология, Многообразие живых организмов» учебник для 6 класса, 2011.

Вторая глава «Исследования и современный подход к изучению подземных органов растений» посвящена рассмотрению истории ризологии, уже существующих разработках в этой области. В третьей главе «Разработка учебно-методического обеспечения элективного курса «Подземные органы растений» для учащихся 6 классов общеобразовательной школы» был разработан элективный курс «Подземные органы растений». Наш элективный курс был посвящен формированию дополнительных знаний о современных подходах к изучению подземных органов растений, о науке ризология, о методах и истории изучения корней при знакомстве учащихся с соответствующим материалом в курсе ботаники.

Частичная апробация элективного курса был проведена в МАОУ СОШ №66 г.Екатеринбурга с учениками 6 «А» класса.

Цель работы состояла в анализе достижений в области ризологии и разработке элективного курса, позволяющего реализовать качественный

подход к образовательному процессу при изучении темы: «Подземные органы растений».

Для достижения цели, нами были выполнены следующие задачи:

- Была проанализирована учебно-методическая литература и литература по ризологии;
- Разработан содержания элективного курса;
- Частичная апробирован элективного курса в МАОУ СОШ №66;
- Организована учебно-исследовательской деятельности учащихся;

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Бенуж Е. М.. Тесты по биологии ( к учебнику Биология. Бактерии. Грибы. Растения 6 кл). [Текст] / Е.М. Бенуж - М., Экзамен, 2008
2. Березина С.Н. КИМ. Биология: 6 класс. [Текст] / С.Н. Березина– ВАКО, 2012 – 112с
3. Бровкина Е. Т., Сонин Н. И. «Биология. Многообразие живых организмов» 6 класс: Методическое пособие к учебнику Н. И.Сониной «Биология. Многообразие живых организмов» 6 класс. [Текст] / Е.Т. Бровкина – М.: Дрофа, 2005.
4. Википедия [Электронный ресурс]: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Исследовательская\\_деятельность](https://ru.wikipedia.org/wiki/Исследовательская_деятельность) (дата обращения 17.03.2016)
5. Воронина Г.А.. Школьные олимпиады. Биология 6-9 классы – 3-е издание. [Текст] / Г.А.Воронина - М: Айрис-пресс, 2010. – 176с.
6. Высоцкая М. В. – авт.-сост. Биология. 6 класс: поурочные планы по учебнику В. Б. Захарова, Н. И. Сониной[Текст] / М.В.Высоцкая - Волгоград: Учитель, 2006
7. Галушкова Н. И.. Биология. Бактерии. Грибы. Растения. 6 класс Поурочные планы – Волгоград:Учитель, 2007 –134с.
8. Демьянков Е. Н.. Биология: мир растений; задачи, дополнительные материалы; 6 класс. [Текст] / Е.Н.Демьяненко - М: Владос, 2007г. 160с.
9. Дмитриева Т. А., Гуленков С.И., Суматохин С.В., Медведева А.А., Сухорукова Т.С., Криксунов Е.А., Пасечник В.В. 1600 задач, тестов и проверочных работ: биология. [Текст] / Т. А Дмитриева., С.И. Гуленков, С.В. Суматохин, А.А. Медведева, Т.С. Сухорукова, Е.А. Криксунов, В.В. Пасечник .-М: Дрофа, 1999г. 427с.

10. Дьюи Дж. Школа будущего [Текст] / Дж. Дьюи. - М.: Госиздат, 2001. 15 с.
11. Закона «Об образовании» от 10.02.1992 года № 3266-1 (в ред. Федеральных законов от 13.01.1996 года № 12 – ФЗ с изменениями, внесёнными Постановлением Конституционного Суда РФ от 24.10.2000 года №13 – П и дополнениями, внесёнными Федеральными законами);
12. Захаров В. Б., Сонин Н. И. Учебник для образовательных учреждений/Биология. Многообразие живых организмов [Текст] / В.Б. Захаров, Н.И. Сонин - Изд-во Дрофа, 2011. – 255 С.
13. Захаров В. Б., Сонин Н. И.. Рабочая тетрадь по учебнику «Биология. Многообразие живых организмов» / Изд-во Дрофа, 2013. – 139 С.
14. Илларионов Э.Ф.. Биология 6 (7) класс: Поурочные разработки. М: ВАКО, 2003. – 320с
15. Обухов А.С. Исследовательская позиция и исследовательская деятельность: Что и как развивать? [Текст] / А.С.Обухов// Журнал Исследовательская работа школьников. - 2003. – №4. - С.18-23
16. Парфилова Л. Д.. Контрольные и проверочные работы по биологии ( к учебнику Биология. Бактерии. Грибы. Растения 6 кл). [Текст] / Л. Д. Парфилова - М., Экзамен, 2004
17. Парфилова Л. Д.. Тематическое и поурочное планирование по биологии ( к учебнику Биология. Бактерии. Грибы. Растения 6 класс). [Текст] / Л. Д. Парфилова - М., Экзамен, 2004
18. Пасечник В.В. Биология. Бактерии, грибы, растения. 6 класс. 14-е изд. - М.: [Текст]/ В.В. Пасечник -2011. - 304 с.
19. Попова С.А. Научно-методического семинар «Наука в школе» [Текст] / С.А. Попова// Особенности организации исследовательской деятельности школьников. - М.: НТА «АПФН», 2003. – т.1. - С.135-138

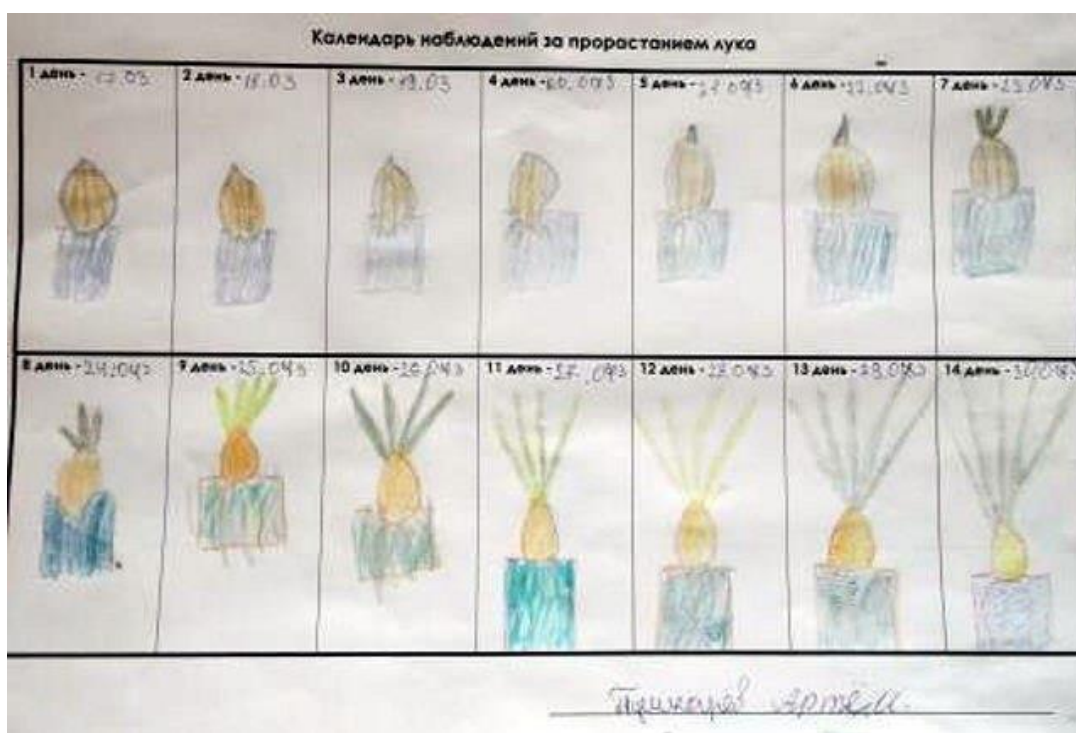


20. Приказа Минобразования Российской Федерации от 09.03.2004 года №1312 «Об утверждении Федерального базисного учебного плана и примерных учебных планов для общеобразовательных учреждений Российской Федерации, реализующих программы общего образования»;
21. Программы основного общего образования по биологии для 6 класса «Многообразие живых организмов» автора Сони́на Н. И. [Текст] / Н.И.Сонин – 2007. 132с.
- 22.Савенков А.И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению [Текст]: / Учебное пособие/ А.И. Савенков. – М.: «Ось-89», 2006. 76 с.
- 23.Савенков А.И. Содержание и организация исследовательского обучения школьников[Текст ]/ А.И. Савенков. – М.: 2004.- 80 с.
24. САНПиН 2.4.2 № 1178-02, зарегистрированные в Минюсте России 05.12.2002 года, регистрационный № 3997;
25. Сборника нормативных документов. Биология. Сост. Днепров Э. Д., Аркадьев А. Г. [Текст] / Э. Д. Днепров, А. Г. Аркадьев - М.: Дрофа, 2004. - 174с.
- 26.Сонин Н. И. «Многообразие живых организмов. Рабочая тетрадь к учебнику. [Текст] / Н.И.Сонин. – М.: Дрофа, 2011.
- 27.Таршис Л.Г., Таршис Г.И. Основы исследовательской деятельности в области естественно-научного образования [Текст] / Л.Г. Таршис, Г.И. Таршис Екатеринбург: Банк культурной информации, 2007. – 135с.
- 28.Таршис Л.Г.. Анатомия подземных органов высших сосудистых растений. Екатеринбург: УрО РАН, [Текст] / Л.Г. Таршис 2007. – 221с.
- 29.Таршис Л.Г.. Структурное разнообразие подземных органов высших растений. Екатеринбург: УрО РАН [Текст] / Л.Г. Таршис. 2003. – 189с.

30. Шорина Н.И.. Биология: Практикум по ботанике. 6-7 классы.  
[Текст] / Н.И. Шорина. - М: НЦ ЭНАС, 2003. – 136с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 - Календарь наблюдений за прорастанием репчатого лука.



Приложение 2 – Посадки репчатого лука в учебном классе.



Приложение 3 – Просмотр микропрепаратов в учебном классе.



Приложение 4 – Луковицы после отмывки.

