



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ

**Влияние различных доз ультрафиолетового излучения на содержание
антоцианов в листьях колеуса**

**Выпускная квалификационная работа по направлению
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**

Направленность программы бакалавриата

«Биология. Химия»

Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:

86 % авторского текста
Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«01» июня 2020г.

и.о. зав. кафедрой Общей биологии и
физиологии
(название кафедры)

Ефимова Н.В. Ефимова Н.В.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/068-5-1

Черникова Виктория Евгеньевна *В. Черникова*

Научный руководитель:

канд. биол. наук, доцент

Третьякова Ирина Анатольевна

Челябинск

2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ.....	6
1.1 Природа ультрафиолетового излучения.....	6
1.2 Биологическое действие ультрафиолетового излучения.....	10
1.3 Фоторегуляторные пигменты.....	15
Выводы по первой главе.....	22
ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЛИСТЬЯ КОЛЕУСА.....	23
2.1 Организация исследования.....	23
2.2.Методы исследования.....	24
2.3.Результаты исследования.....	25
Выводы по второй главе.....	33
ГЛАВА 3. ВНЕДРЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ	35
3.1 Методика организации проектной деятельности школьников в процессе обучения.....	35
3.2 Организация проектной деятельности на примере проекта «Ответные реакции листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение»	39
Выводы по третьей главе.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ А Антоцианидины.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Порядок выполнения работы на «КФК-3».....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ В Содержание антоцианов.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Этап планирования.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Аналитический этап.....	59

ВВЕДЕНИЕ

Ультрафиолетовое излучение занимает приблизительно 10 % солнечного спектра и имеет большую энергию фотона, чем видимое и инфракрасное излучение. Поверхности Земли достигают ближний ультрафиолет и небольшая доля средневолнового излучения. Ультрафиолетовые лучи (УФ-лучи) является непрерывно действующим фактором окружающей среды, оказывающим существенное влияние, в том числе и негативное, на физиологические процессы в растительных организмах. Биологические эффекты проявляются на всех уровнях организации живой материи – от молекулярного до биосферного [25]. Так, известно, что высокие дозы ультрафиолетового излучения приводят к нарушениям в структурной организации молекул ДНК, фотоинаktivации белков, нарушению транспортной функции клеточных мембран, разрушению фитогормонов и фотосинтезирующих пигментов (хлорофиллов а и b). Из-за серьезных нарушений важнейших механизмов биосинтеза ухудшается рост растений, снижается их продуктивность и устойчивость к иным негативным экологическим факторам [40]. Под действием ультрафиолетового излучения в растительной ткани протекают различные изменения. При этом физиологические эффекты, вызванные УФ-лучами связаны не только с такими показателями, как спектр или доза излучения. Во многом характер изменений будет зависеть от особенностей самого растения: его видовой или сортовой принадлежности [31].

Именно поэтому вопрос о воздействии разных участков ультрафиолетового спектра на рост и развитие растений представляется особенно важным. Как и рассмотрение характера воздействия УФ-лучей на растительные ткани. Ключевыми моментами в данном случае можно назвать дозу и время взаимодействия. Небольшие дозы облучения стимулируют процессы, протекающие в клетках растений. Однако при

увеличении времени воздействия можно наблюдать прямо противоположный результат – угнетение всех процессов [27].

Ультрафиолет – часть электромагнитного излучения, попадающего на поверхность листа, то в случае избыточной инсоляции эта область солнечного спектра представляет собой дополнительный деструктивный фактор, усиливающий термическое повреждение фотосинтезирующего аппарата растения [40]. Особенно актуально это в современных условиях, когда вследствие огромной антропогенной нагрузки на биосферу отмечено значительное нарушение озонового экрана, ведущее к усиленному облучению жестким ультрафиолетом живых объектов [1]. В этой связи представляет интерес изучение влияния различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях растения колеус и выявление ответных реакций листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение с целью выявления устойчивых генотипов.

Цель исследования – изучить влияние различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях колеуса.

Для реализации поставленной цели служат следующие задачи:

1. Проанализировать литературные источники по изучаемой проблеме.
2. Изучить влияние ультрафиолетового излучения на биологические объекты.
3. Выявить ответные реакции листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение.
4. Изучить влияния различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях растения колеус.

Объект исследования: сорта комнатного растения колеуса, семейства губоцветных: *Coleus Scenic Beauty*, *Coleus Carefree Flame*, *Coleus Burning Bush*, *Coleus Gilda*, *Coleus Perilla*.

Предмет исследования: влияние различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях колеуса.

Гипотеза: в качестве защиты от негативного действия ультрафиолетового излучения, растения выработали ряд приспособительных механизмов. Одним из основных механизмов, предотвращающих проникновение УФ-излучения внутрь клеток, является синтез антоцианов, которые накапливаются в эпидермальном слое растительной ткани. Содержание антоцианов в листьях колеуса повышается с увеличением времени облучения УФ-лучами.

Практическая значимость: полученные результаты могут быть использованы в проектной и научной деятельности обучающихся на уроках биологии, данные исследования найдут применение при подготовке к курсам лекций по физиологии и анатомии растений, в школьном курсе.

ГЛАВА 1. УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

1.1 Природа ультрафиолетового излучения

Ультрафиолетовые лучи – это вид электромагнитного излучения, занимающий нишу сразу в трех волновых диапазонах от 10 до 400 нм. По степени воздействия на клетки живых организмов и растений, а также учитывая длину волны, УФ-лучи подразделяются на несколько категорий:

1. Длинноволновой диапазон (УФ-А). Длина волны составляет 315-400 нм. Это ближний спектр УФ излучения, который практически не поглощается газовой оболочкой и проникает до поверхности планеты, но не представляет опасности для живых организмов.

2. Средневолновой или эритемный диапазон (УФ-В). Длина волны составляет 280-315 нм. Большая часть излучения поглощается в верхних слоях атмосферы. До поверхности планеты доходит примерно 10 % от всего объема.

3. Коротковолновой диапазон (УФ-С). Длина волны составляет 200-280 нм. Этот диапазон еще называют жестким, дальним или бактерицидным. Короткие волны с трудом преодолевают газовую оболочку и практически полностью поглощаются молекулами кислорода, озоновым шаром, а также водными парами [28].

Каждый диапазон оказывает различное воздействие на биологические организмы. При этом в естественной среде возможно взаимодействие организмов только с излучением длинноволнового диапазона и частично средневолнового [34].

Излучение с длиной волны от 200 до 280 нм обладают высокой энергией и способны видоизменять молекулы биологического происхождения либо полностью их разрушать. Входящие в состав молекул

белки поглощают волны в пике 220-240 нм, нуклеиновые кислоты 260 нм. Возбуждение, передающееся органической материи от поглощенных волн, и является причиной изменений либо полного разрыва химических соединений. В итоге под действием коротковолнового излучения белки не способны выполнять свои функции, а нуклеиновые кислоты начинают мутировать. Также при прохождении водной среды короткие волны стимулируют фотолиз воды, в процессе которого высвобождаются активные радикалы и образуется перекись водорода, которая, в свою очередь, окисляет органические молекулы, в результате чего живые клетки отмирают [39].

Учитывая эти особенности коротковолновое излучение активно используют в бактерицидных целях. И хотя изначально предполагалось, что короткие волны пагубно влияют на растительные ткани, последние исследования в этой области показали, что непродолжительное воздействие короткими волнами на растительную клетку приводит к активации роста. При этом положительная динамика в развитии облученных растений может достигать 50 %. Однако унифицировать данное явление ученым пока не удается. На каждое растение одна и та же доза облучения действует по-разному [31].

Эмпирическим путем удалось установить тот факт, что для каждого вида растений существует свой предел допустимой дозы облучения. Даже при незначительном превышении этого показателя стимулирующий эффект нивелировался, рост приостанавливался. Поэтому использовать коротковолновые излучения в целях активации ростовых функций у растений в бытовых условиях практически невозможно.

Исследование средневолнового диапазона показало, что волны средней длины в больших дозах также оказывают на растения губительное действие. Однако, при сокращении воздействия средними волнами на испытываемые образцы до 20 минут в сутки удалось добиться

положительных результатов. В частности, у многих видов растений появилась динамика роста и отмечалось ускоренное развитие [15].

Так, например, при дозированном облучении средними волнами рассады томатов, кусты получаются в два раза крупнее обычных. На 25 % увеличивается размер растений кукурузы, у таких культур, как хлопчатник и рис динамика роста составляет от 30 до 50 %. У облучаемых растений раньше срока наступает период цветения, а масса плодов увеличивается [31].

Сильнее всего на облучение УФ-волнами среднего диапазона реагируют высокогорные растения. Однако даже при незначительном увеличении дозы облучения эти растения быстро теряли скорость роста, листья у них становились мельче, общее состояние резко ухудшалось и нередко заканчивалось гибелью ростка растений [14].

Исходя из этого можно предположить, что периодическое и кратковременное облучение растений (особенно высокогорных видов) УФ-лучами среднего диапазона способно оказывать положительное, стимулирующее воздействие. Но при этом стоит учитывать, что превышение необходимой для данного вида дозы излучения может пагубно сказаться на развитии соцветий и растений в целом.

Длинноволновые излучения с длиной волны 350-400 нм не оказывают негативного воздействия ни на один вид растений. Напротив, длительное облучение приводит к положительной динамике в развитии. Особенно это актуально для высокогорных видов. Заметно увеличивается синтез углеводов, алкалоидов и эфирных масел. Число плодовых почек, заложенных в памяти растения, также возрастает.

Данные этих исследований имеют практическую ценность и могут быть применены при выращивании растений, как короткого, так и длинного дня с применением досветки. В умеренном количестве длинноволновое облучения является необходимым фактором для нормального роста и развития всех наземных видов растительности.

Длинные волны способны проникать через покровные слои листьев и воздействовать на проходящие в тканях процессы жизнедеятельности.

Несмотря на то, что длинные волны практически не поглощаются атмосферой земли, длинноволновое УФ-излучение требуется растениям в небольшом количестве. Дозированное облучение благотворно сказывается на обменных процессах и процессах роста, способствует сглаживанию фотопериодических реакций. При увеличении силы кратных облучений стимулирующий эффект теряется. Однако долговременное воздействие длинными волнами оказывает положительный эффект на высокогорные виды растений [31].

Основным источником УФ-лучей на нашей планете является – Солнце. При этом интенсивность излучения УФ-А и УФ-В, а также количество лучей способных достигнуть поверхности планеты зависит от таких факторов, как:

- плотность озонового слоя,
- значения азимута,
- высота солнца над уровнем моря,
- интенсивность облачного покрова,
- атмосферное рассеивание,
- степень отражения от поверхности (земля, вода) [28].

Из всего спектра УФ-волн, земной поверхности достигает только незначительная часть длинноволнового излучения ($\lambda > 0,29$ мкм). Все остальные волны поглощаются компонентами атмосферы. При этом большая доля при поглощении солнечной радиации приходится на: озон (высоты 20-40 км), кислород, водород, азот (высоты 30-200 км) и некоторые другие компоненты [36].

Источником УФ-излучения может стать любой объект, температура которого составляет 3000 К и выше. При этом с ростом температуры тела, в излучаемом этим телом спектре возрастает и интенсивность

ультрафиолетовых волн. Таким образом, любая высокотемпературная плазма может стать источником УФ-волн линейного и непрерывного спектров.

Кроме того, мощными источниками ультрафиолетового излучения считаются импульсные и газоразрядные лампы. В числе техногенных источников УФ-лучей свыше 70 различных лазерных систем. Металлургическая промышленность, плавильные агрегаты которой работают на базе электронных и плазменных потоков и предназначены для получения тугоплавких высокотемпературных сплавов также входят в список источников ультрафиолетового излучения.

Ультрафиолетовые лучи испускаются разрядными лампами, которые генерируют излучение в результате электрического разряда. Диапазон излучаемых этими лампами УФ-волн составляет 205-315 нм. Примерами разрядных ламп, в спектре которых есть ультрафиолетовое излучение, являются ксеноновые импульсные лампы, а также ртутные лампы, как низкого, так и высокого давления [25].

1.2 Биологическое действие ультрафиолетового излучения

Ультрафиолетовые лучи активно взаимодействуют с тканями растений. При поглощении ультрафиолетового излучения клетками покровных тканей, активируются процессы, приводящие к изменениям внутри молекул биополимеров. Активация происходящих изменений в большей степени связана с поглощением квантов излучения, образованием свободных радикалов воды.

Ультрафиолетовые лучи приводят к смене активности ферментов и гормонов, оказывают влияние на процесс синтеза пигментов, затрагивают процессы фотосинтеза и фотопериодической реакции в клетках растений. В связи с чем избыточное облучение способно нанести вред растениям. У представителей наземной флоры выработались определенные методы

защиты, такие как: механизм восстановления поврежденных тканей или склонность к накоплению пигментов определенного типа [27].

При этом нужно понимать, что свет, приходящий от Солнца, как и свет, получаемый посредством работы специализированной лампы, предназначенной для выращивания растений в условиях ограниченной естественной освещенности, не является однородным. Это сложное сопряжение электромагнитных волн, имеющих разную длину и равномерно переходящих друг в друга. Такое сопряжение называется – спектром света, а составляющие спектра света называют – спектральными частями. Взаимодействие света с растениями происходит по всей длине спектра. Белый свет или видимая часть спектра представляет собой фотосинтетическую активную радиацию, сокращенно – ФАР. Каждый участок спектра света играет строго отведенную ему роль в процессе роста и развития растений [25].

Ультрафиолетовые волны длиной до 280 нм оказывают на растения губительное влияние. Всего за 10-15 минут нахождения растения под действием волн короткой длины приводит к реструктуризации растительных белков и гибели клеток. Среди видимых симптомов поражения растения УФ-волнами короткого диапазона: появление бурых пятен, пожелтение листовой пластины, скручивание молодых побегов, отмирание точек роста.

Лучи средневолнового диапазона с длиной волны от 280 до 315 нм также оказывают на растения негативное действие, которое можно сравнить с действием пониженных температур. Однако непродолжительное нахождение растений под лучами среднего спектра не приводит к гибели, а, напротив, оказывает эффект закалки. В результате растения приобретают повышенную устойчивость к низким температурам.

Ультрафиолетовые лучи с длиной волны от 315 до 380 нм (длинноволновой диапазон) необходимы растениям для нормальной жизнедеятельности. Воздействие на растения длинноволновым-

излучением позволяет нормализовать рост, предотвратить излишнее вытягивание побегов и стеблей, увеличить содержание в растительной ткани витамина С и других полезных веществ [6].

Однако при наблюдении за опытными образцами, как в естественной, так и искусственно созданной среде, у ряда растений было обнаружено стрессовое состояние, которое вероятнее всего было спровоцировано повышенным содержанием ионизирующего или УФ-излучения. Одним из важнейших аспектов изучения облучения биологического материала является его способность воздействия на генетический аппарат клеток растений [6]. Кроме того, разные типы излучений в процессе взаимодействия затрагивают такие жизненно важные для растений процессы, как: фотосинтез, синтез белка, дыхание, ионный баланс, рост и т.д. [28].

При лучевом поражении клетки важную роль играют возникающие при этом продукты окисления ненасыщенных жирных кислот, а также биосубстратов, которые обладают токсичными свойствами – радиотоксины. Водорастворимые и липоидные радиотоксины, полученные в результате облучения растительных клеток вступают во взаимодействие с генетическими структурами, в результате чего формируется лучевое поражение клетки. Радиотоксины могут реагировать с ДНК и воздействовать на внутренние мембраны клеток, что приводит к появлению различных мутаций. Воздействие на мембраны митохондрий приводит к появлению сбоев в работе окислительно-восстановительных процессов, связанных с запасом энергии в митохондриях. Подразумевается, что липоидные радиотоксины функционируют в основном на мембраны, а хиноидные радиотоксины реагируют с ДНК ядра, приводя к возникновению нарушений информации, содержащейся в ДНК. Под влиянием излучения на генетический материал, вызывающий разрыв хромосом и появление фрагментов, а также перекомбинации, из-за которых возникают хромосомные перестройки. При более сильном

воздействии радиоактивного излучения митозы прекращаются, а ядро получает тяжелые повреждения [6].

Основным средством защиты растений от облучения являются репарационные процессы, в том числе: репарация генетических распоряжающихся систем и восстановление отдельных структур клетки. Низкая проводящая способность клетки, обуславливающая высокую сопротивляемость воздействию УФ-излучений, вероятно является следствием абсорбции радиации покровными (эпидермальными) клетками, а также объясняется морфологическим строением растений, позволяющим защитить чувствительные клетки и действием механизмов фоторепарации.

Наиболее важное значение в плане защиты клеток представляет способность накапливать в вакуоле клетки флавоноиды, удерживающие значительную часть УФ-радиации. Лучше всего с задачей поглощения УФ-лучей справляются молекулы растительного белка, что и приводит к получению ими сильных повреждений [8].

Кроме того, хорошими поглотителями УФ-излучения выступают эндогенные фитогормоны. Благодаря их действию у растений, попадающих под УФ-лучи наблюдается дисбаланс в развитии и росте. В частности, отмечают чрезмерно быстрый рост органов, непропорциональное соотношение надземного побега и корневой системы, прослеживается тенденция к формированию компактных растений [20].

УФ-излучения с длиной волны до 510 нм, а также синее излучение поглощается в растениях пигментом криптохромом. Поглощение излучений, имеющих длину волны более 510 нм происходит по всей поверхности и сопровождается повышением температуры. Лучше всего данные процессы можно проиллюстрировать на примере молодых всходов:

- 1) верхние листья поглощают (и отражают) в основном свет видимой коротковолновой части спектра;

- 2) нижним ярусам листы достаются преимущественно длинные волны УФ-излучения. Благодаря этому нижние листья, ограниченные в

процессах фотосинтеза получают возможность активировать дыхательные процессы;

3) воздействие данного типа излучения на стебли растений приводит к их вытягиванию, причиной которого служит удлинение междоузлий. Также на фоне непропорционального роста образуется рыхлая ткань с крупными клетками, которая наиболее подвержена действию УФ-излучения. Чаще всего такую ситуацию можно наблюдать при сильно загущенных посадках [31].

На фоне возрастающей интенсивности УФ-излучения, и увеличения его влияния на процессы, протекающие в биосфере, возникает необходимость анализа цитофизиологических видоизменений в растениях, которые под действием данного фактора входят в переходную стадию развития. УФ-излучения с длиной волны от 275 до 315 нм затрагивает все уровни биоорганизации растений: энергетический, сигнальный, регуляторный. Ультрафиолетовое излучение модифицирует воздействие на растение прочих факторов экологии. При этом воздействие излучения часто принимает аддитивный характер. Чувствительность растений к солнечной УФ-радиации во многом зависит от эко- и генотипа самого растения, а также этапа онтогенеза [28].

Среди последствий, которые оставляет повышение дозы облучения растений УФ-волнами, наиболее весомым можно назвать нарушение репродуктивной функции. Покровы гаметофитов активно поглощают ультрафиолетовое излучение. Например, только стенки пыльника способны поглотить до 98 % УФ-излучения. Однако при увеличении дозы облучения ультрафиолетом начинают проявляться его негативные свойства:

- угнетается функция роста и развития,
- проявляются генотоксические эффекты на меристему,

- снижается процесс выработки пыльцы, что приводит к нарушению процесса опыления,
- снижается семенная продуктивность растений [31].

Кратковременное облучение связано с активацией восстановительных процессов. Поэтому можно говорить о том, что зависимость процента митоза от дозы полученного облучения имеет нелинейный характер. То есть, в зависимости от полученной дозы облучения любая клетка может восстановиться и нивелировать последствия повреждений, полученных в результате действия УФ-радиации и снова активировать сложный процесс деления. Наиболее сильно это проявляется в реакции репликации, которая запускается при малейшем снижении силы облучения [6].

1.3 Фоторегуляторные пигменты

Потребность в защитной системе, предохраняющей от повреждения ультрафиолетом привела к образованию у растений регуляторных и фотозащитных механизмов. В числе биологических соединений, принимающих участие в защите растения: микоспорин-подобные аминокислоты (МПА), флавоноиды и фенольные кислоты. При этом у некоторых низших растений также были найдены МПА, аналогичные веществам, наличие которых изначально приписывали исключительно грибам. Впервые фитозащитную функцию микоспорин-подобных аминокислот обнаружили в конце прошлого столетия. МПА не имеют заметной флуоресценции, им не свойственно образование свободно-радикальных продуктов под действием излучения с различными спектральными диапазонами, а наличие низкого квантового выхода при образовании триплетных состояний МПА говорит об отсутствии у них фотодинамического эффекта за счет выработки кислорода. Микоспорин-подобные аминокислоты не только не производят, но и эффективно тушат

кислород. Например, микоспоринглицин успешно справлялся с подавлением фотоповреждений бактерий, посредством тушения кислорода, выделяемого фотосенсибилизаторами. Микоспорин-подобные аминокислоты являются эффективным средством защиты растений от негативного воздействия ультрафиолетового излучения [8].

Фенольные соединения (ФеС) довольно распространены и имеют огромное разнообразие форм. К настоящему моменту науке известно более 100000 фенольных соединений. В мире фауны данная группа соединений отличается огромным разнообразием структур и обширным распространением – встречаются практически у всех видов наземных растений. Основной отличительной чертой фенольных соединений можно назвать присутствие в составе ароматических ядер и гидроксильных групп. Для большинства фенольных соединений местом возникновения служат цитоплазма и хлоропласты, откуда после соединения с сахарами ФеС перенаправляются в вакуоли для длительного хранения [13].

Классификация фенольных соединений, присутствующих в растениях происходит по биогенетическому принципу. Кроме того, фенольные соединения различают по строению углеродного скелета. Характерный спектр поглощения ФеС представляет собой две полосы:

1) коротковолновая полоса – волны до 280 нм. Их поглощение обусловлено присутствием в молекуле ароматического ядра и характерно для всех фенольных соединений;

2) длинноволновая полоса – волны от 300 до 360 нм. Положение этой полосы варьирует в зависимости от класса фенольного соединения [13].

Бетацианины (придают растениям окраску от темно-фиолетовой до насыщенной розовой) и бетаксантины (пигменты желтого цвета). Представляют собой беталаины, пигменты, являющиеся водорастворимыми азотосодержащими соединениями (алкалоидами). Для бетацианинов характерно наличие широкой полосы с максимумом примерно в 539-543 нм. Вероятность возникновения данного сдвига

поглощения до 550 нм возникает под влиянием внутримолекулярной копигментации.

Особенностью беталаинов является выраженная антирадикальная активность, максимум которой наблюдается при щелочных и нейтральных рН. Существует мнение, что виды не способные активно синтезировать антоцианы, способны накапливать беталаины, которые берут на себя функции антоцианов [9].

Для антоцианов характерно расположение длинноволнового максимума поглощения в синей и зеленой части видимого спектра. Цианидин (ломинирующий генин) имеет максимум поглощения 525 нм. Антоцианы являются частью обширной и одной из самых распространенных групп растительных флавоноидов и при этом занимают специфическую нишу водорастворимых пигментов, накопление которых происходит в вакуолях клетки [10].

Присутствие антоцианов способствует окраске растений в цвета довольно широкого спектра от нежно-розового до темных оттенков фиолетового. Основным местом сосредоточения антоцианов являются генеративные органы (соцветия, пыльца). Частично пигменты присутствуют в органах вегетации (листья, корни, побеги), а также в тканях плодов и семян. Пигменты могут присутствовать в клетках на постоянной основе, накапливаться на определенных стадиях развития или во время стресса. Предположительно, своим возникновением антоцианы обязаны деятельности растительного гормона – абсцизовой кислоты. Данное предположение основано на том, что доля содержание абсцизовой кислоты меняется сообразно внешним условиям. Например, стрессовые ситуации (температурные перепады, засуха, время образования семян) приводят к повышению уровня кислоты. Аналогичные ситуации приводят и к появлению или усилению пигментации, вызванной антоцианами [35].

Обилие оттенков данного пигмента обеспечивается, благодаря таким факторам, как:

- количество антоцианов в одной клетке,
- копигментация,
- одновременное присутствие в клетке различных антоцианов,
- строение антоцианов и особенно степень окисленности кольца В,
- комплексообразование с ионами металлов,
- кислотно-щелочной баланс среды [7].

Даже при стабильном составе соединения, оттенок пигмента может поменяться вследствие незначительного изменения рН клеточного сока. Определить состав среды можно по оттенку пигмента – более кислые среды выдает пигмент красного цвета, для нейтрального рН характерно присутствие фиолетового оттенка, а пигмент желто-зеленого колера указывает на щелочную среду [9].

Для всех антоцианов характерна способность образовывать различные соли. Эта особенность обусловлена наличием в гетероциклическом кольце четырехвалентного кислорода (оксония). Иногда антоцианы имеют оксидинамидные остатки, которые присоединяются к гликозидам. В высших растениях встречаются следующие шесть антоцианидинов:

- пеларгонидин (Pg),
- петунидин (Pt),
- цианидин (Cy),
- мальвидин (Mv),
- пеонидин (Pn),
- дельфинидин (Dp) [21].

Гликозиды цианидина, дельфинидина и пеларгонидина широко встречающиеся в окружающей среде окрашенные антоцианы. Присутствие этих трех метилированных антоцианидинов отмечается в 80 % листы,

69 % плодов, 50 % лепестков соцветий. Данные антоцианидин 3-гликозиды модифицируются при добавлении гликозильной, ацильной или метильной групп [7]. Антоцианидины, встречающиеся в природе представлены в приложении А в таблице А.1 [21].

В процессе развития соцветий покрытосеменных видов растений, биосинтез антоцианов является одной из важнейших составляющих, способных повлиять на выбор потенциальных опылителей. В процессе естественной эволюции у отдельных видов растений сформировалась сложная структура антоцианов, обеспечивающая яркую окраску. К настоящему времени, у ученых появилась возможность детально исследовать все стадии выработки антоцианов, используя передовые методы биохимического анализа и молекулярной генетике. Из различных видов растений были получены структурные и регуляторные гены биосинтеза антоцианов.

Глубокое изучение биосинтеза антоцианов на примере определенного растения, дает возможность использовать полученные знания для манипуляции с его окраской на генетическом уровне. В более широком смысле это позволит секционировать новые сорта и виды растений с уникальной окраской, которую растение сможет репродуцировать в каждом последующем поколении [6].

Антоцианы вырабатываются из своих агликонов, антоцианидинов после соединения с гликозильной, ацильной и метильной группами в различных комбинациях. Приобретаемое в ходе таких видоизменений структурное разнообразие антоцианов, дает возможность объяснить многообразие окрасок цветов, плодов и др. Повышение числа гидроксильных групп в кольце В антоцианов, возраста антоцианов, увеличение числа ароматических ацильных групп, повышение рН в вакуоли клетки, наличие сопигментов (обычно флавонов и флавонолов) и иногда ионы металлов содействуют смене цвета частей растения в сторону синего колера [21].

Особенность поглощения солнечной радиации антоцианами определяет их участие в предохранении растений от фотоповреждения интенсивным видимым светом. При незначительном содержании в клетках растений хлорофиллов антоцианы поглощают большую часть УФ-излучения в зеленой части спектра, на которую и приходится их максимум. На практике это выражается в защите от фотоповреждения плодов и листьев [38].

Еще одни вспомогательные фотосинтетические пигменты, обнаруженные практически у всех фотоавтотрофных организмов, называются каротиноидами. В клетках покровного слоя они отвечают за структурную защитную функцию. Учеными было открыто уже более 800 видов каротиноидов. Одни из них имеют линейную, другие циклическую форму. Каротиноиды состоят из терпеноидных соединений, образованных в результате конденсации восьми изопреноидных единиц. Постепенное повышение ненасыщенности (денатурации) приводит к превращению бесцветных предшественников в окрашенные соединения. Достигая определенного уровня ненасыщенности происходит циклизация концевых групп с образованием ионных циклов [32]. Высшие растения могут синтезировать каротиноиды даже при отсутствии света. Но для получения более качественных пигментов, а также воспроизведения их в достаточном количестве растениям необходим синий спектр УФ-излучения. По наличию заместителей каротиноиды делят на две группы:

- каротины – простые углеводородные соединения,
- ксантофиллы – окисленные производные, содержащие окси-, эпокси- и кетогруппы [11].

Интенсивность, а также форма полос на спектрах поглощения каротиноидов зависит от числа конъюгированных двойных связей в составе углеродного скелета, числом и характером заместителей, конфигурацией молекулы, а также природой и полярностью растворителя [11, 32]. Для высших растений характерно преобладание β -каротина и

некоторых форм ксантофиллов (антераксантин, неоксантин, виолаксантин, лютеин и зеаксантин). Одноклеточные водоросли, напротив изобилуют разнообразными формами ксантофиллов. Для некоторых видов водорослей характерно накапливание вторичных (не принимающих участия в процессах фотосинтеза) каротиноидов. В качестве примера можно привести β -каротин и некоторые виды кетокаротиноидов (эхинеон, атаксантин, кантаксантин). Такие ксантофиллы чаще встречаются в форме эфиров жирных кислот. В клетках растений каротиноиды эффективно перехватывают свободные радикалы, в том числе свободно-радикальные активированные формы кислорода. Из-за большого количества конъюгированных двойных связей, молекулы каротиноидов эффективно тушат возбужденные состояния хлорофилла, в том числе триплетные [37].

Эффективность поглощения света фотосинтетическими и фотозащитными пигментами растений зависит не только от доли содержания этих пигментов, но и ряда других факторов, определяющих их спектроскопию. Доля содержания пигментов и спектральный диапазон, определяют уровень поглощения падающей на растения солнечной радиации. В некоторых случаях в покровных тканях задерживается больше 98 % излучения в УФ-В и 80 % в УФ-А диапазоне. При этом у тех растений, которые были получены в условиях высокой интенсивности излучения пропускная способность покровных тканей в УФ области спектра снижается [29].

Если фотозащитные пигменты скапливаются в клетках и тканях в больших концентрациях, то можно наблюдать дополнительное уширение их полос поглощения. Таким образом фотозащитное действие пигментов распространяется не только на максимумы, но и на спектральные области, для которых обычно коэффициент поглощения невысок. Кроме того, при многократном преломлении и отражении света внутри клеточного пространства увеличивается эффективность оптического пути. В качестве примера можно привести экстракты флавонолов, которые в растительной

ткани практически не имеют цвета, но эффективно поглощают УФ-излучения в сине-фиолетовой области спектра, тем самым дополняя фотозащитное действие каротиноидов и антоцианов. Пигменты, выполняющие фотозащитную функцию, обеспечивают поглощение солнечной радиации в очень широкой спектральной полосе (от УФ до красной области спектра). А при увеличении концентрации этих соединений, поглощение света растительными клетками и тканями повышается. Но при этом на долю ФСА приходится меньше поглощенной энергии [25].

Выводы по первой главе

Ультрафиолетовое излучение – это электромагнитное излучение, спектральный интервал которого сосредоточен между видимым и рентгеновским излучениями. В зависимости от длины волны и биологического воздействия, ультрафиолетовые лучи делят на три группы: длинноволновые, средневолновые, коротковолновые [28]. В больших дозах УФ-излучения любого диапазона способны нанести растениям ущерб. В связи с этим многие растения имеют специфические «службы» защиты. Например, накапливают пигменты определенного типа, запускают восстановительные процессы. Особенность поглощения солнечной радиации антоцианами определяет их участие в предохранении растений от фотоповреждения интенсивным видимым светом. При незначительном содержании в клетках растений хлорофиллов антоцианы поглощают большую часть УФ-излучения в зеленой части спектра, на которую и приходится их максимум. На практике это выражается в защите от фотоповреждения плодов и листьев [9].

ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЛИСТЬЯ КОЛЕУСА

2.1 Организация исследования

В качестве объектов исследования были выбраны следующие сорта комнатного растения колеуса, семейства губоцветных: *Coleus Scenic Beauty*, *Coleus Carefree Flame*, *Coleus Burning Bush*, *Coleus Gilda*, *Coleus Perilla* (рисунок 1). Колеус (*Coleus*) – вечнозеленое травянистое растение из семейства Губоцветные. В культуре выращивается как однолетник или как комнатное растение. Листья супротивные, черешковые, овальные или широкояйцевидные с усеченным или сердцевидным основанием, по краю часто волнистые, городчатые, реже неглубоко изрезанные, мелкобархатисто-опушенные с редкими более длинными волосками, различно однородно или пестро окрашенные в зеленые, красные, темно-пурпурные, фиолетово-бурые и другие цвета. Цветки в верхушечных колосовидных соцветиях. Стебель четырехгранный, прямостоячий [31].

Для изучения влияния различных доз ультрафиолета на устойчивость листьев колеуса и содержание антоцианов была разработана следующая схема опыта:

- 1 вариант – контроль (облучение лучами видимого спектра);
- 2 вариант – облучение УФ-лучами в течение 1 минуты;
- 3 вариант – облучение УФ-лучами в течение 5 минут.

В качестве источника ультрафиолетовой радиации использовали бактерицидную лампу БУВ-30П с максимумом излучения 253,7 нм, помещенную в установку с отражателем из алюминиевой фольги. Расстояние между лампой и облучаемыми объектами оставляла 10 см. В дальнейшем проводились наблюдения за характером повреждений в течение 7 дней с момента облучения.



Coleus Scenic Beaut



Coleus Carefree Flame



Coleus Burning Bush



Coleus Gilda



Coleus Perilla

Рисунок 1 – Сорты Колеуса

2.2 Методы исследования

Определение содержания антоцианов проводили по методике Н. И. Муравьёвой [26]. Из листьев растений антоцианы извлекаются с применением полярных растворителей или смесью полярных и неполярных растворителей. Условия опыта и объект исследования влияют на выбор растворителя.

Концентрацию пигментов определяют при помощи фотоэлектроколориметра или спектрофотометра. Для более тонкого

количественного анализа пигментной системы листьев предварительно осуществляет её разделения хроматографическим методом. Содержание пигментов выражает в миллиграммах на единицу сырой или сухой массы (на 1 г), процентах сырой (сухой) массы и единицу площади листьев (дм²).

Навеску листьев колеуса (0,35 г) помещают в фарфоровую ступку и растирают с 5 мл 1 %-го раствора соляной кислоты. К растертой массе добавляют 5 мл соляной кислоты, растирают несколько минут. Далее полученную массу гомогенизируют в 1 % растворе соляной кислоты при 40-45 °С в течение 20 минут. После охлаждения раствор аккуратно сливают по стеклянной палочке в воронку со стеклянным фильтром № 4 и фильтруют при помощи вакуумного насоса.

С помощью фотоэлектроколориметрического анализа определяется содержание пигментов листа. По оптической плотности определяется концентрация пигментов. КФК-3 используется для измерения коэффициентов пропускания и оптических плотностей растворов, для определения концентрации веществ в растворах и измерения скорости изменения оптической плотности. Порядок выполнения работы на КФК-3 представлен в приложении Б. Оптическую плотность экстракта измеряют при длинах волн – 510 и 657 нм в кювете с толщиной слоя 1,0 см. Содержание антоцианов определяют по формуле (1):

$$A = D_{510} - 2,2 \cdot D_{657} \quad (1)$$

где А – содержание антоцианов,

D_{510} – оптическая плотность раствора при длине волны 510 нм,

D_{657} – оптическая плотность раствора при длине волны 657 нм [25].

2.3 Результаты исследования

Свет является одним из важнейших абиотических факторов в жизни растений. Специфические требования современных сортов колеуса к свету вырабатывались в процессе их эволюции. Известно, что наибольшее

значение для физиологических процессов имеет коротковолновая часть, составляющая около 7 % от общей солнечной радиации, достигающей поверхности Земли. Под влиянием ультрафиолетовой радиации могут происходить деструкция и инактивация витаминов, антиоксидантов, других биологически активных соединений, включая фитогормоны, прежде всего индолилуксусную кислоту [41]. Растения отвечают на повышение интенсивности УФ-радиации уменьшением биомассы, площади листовой поверхности, появлением некрозов (ожогов) на листьях, нарушением корреляции между ростом надземных и подземных органов, ослаблением апикального доминирования, угнетением развития генеративных органов, может серьезно нарушаться работа фотосинтетического аппарата [1]. В отличие от других стрессоров, ультрафиолетовое излучение действует вначале на поверхностный слой клеток, после чего наблюдается сильное рассеивание его в толще ткани и поглощение большим числом биологических соединений (предполагается, что сильная степень воздействия может проявиться в виде ожога эпидермиса) [41]. Степень воздействия ультрафиолетового излучения на листья колеуса можно проследить по проявлению на листьях ожога эпидермы (таблица 1).

У всех сортов растений колеуса в контрольной группе в течение семи дней повреждений не наблюдается. У сорта *Scenic Beauty* повреждения стали проявляться на четвертые сутки после облучения листьев в течение одной минуты, на седьмые сутки степень повреждения составила 15-20 %. После воздействия ультрафиолетового излучения на листья *Scenic Beauty* в течение пяти минут наблюдались повреждения с первых суток и составляли 5-10 %. С каждым днем степень повреждения листьев увеличивалась и на седьмые сутки составила 70-80 % от всей листовой поверхности. Повреждения проявлялись в виде некрозов и скручивании листьев.

Таблица 1 – Действие ультрафиолетового облучения на степень повреждения листьев некоторых видов семейства колеуса

Сорт	Время облучения, мин	Степень повреждения, %						
		1 ^{ые} сутки	2 ^{ые} сутки	3 ^{ьи} сутки	4 ^{ые} сутки	5 ^{ые} сутки	6 ^{ые} сутки	7 ^{ые} сутки
<i>Scenic Beauty</i>	контроль	0	0	0	0	0	0	0
	1,0	0	0	0	5-10	10-15	10-15	15-20
	5,0	5-10	15-20	30-40	30-40	50-60	70-80	70-80
<i>Carefree Flame</i>	контроль	0	0	0	0	0	0	0
	1,0	0	0	0	0	5-10	5-10	10-15
	5,0	5-10	15-20	15-20	30-40	30-40	50-60	60-70
<i>Burning Bush</i>	контроль	0	0	0	0	0	0	0
	1,0	0	0	0	0	0	1-5	5-10
	5,0	1-5	5-10	10-20	20-30	30-35	35-45	45-55
<i>Gilda</i>	контроль	0	0	0	0	0	0	0
	1,0	0	0	0	0	0	1-5	1-5
	5,0	1-5	1-5	5-15	15-25	25-30	30-40	40-50
<i>Perilla</i>	контроль	0	0	0	0	0	0	0
	1,0	0	0	0	0	0	0	1-5
	5,0	0	1-5	1-5	10-15	20-25	25-30	30-40

Повреждения листовой поверхности у сорта *Carefree Flame*, после воздействия в течение одной минуты, проявились на пятые сутки, на седьмые сутки имелась степень повреждения 10-15 %. При пятиминутном облучении с первых суток имелись ожоги листьев и степень повреждения составила 5-10 %. К концу эксперимента наблюдались 60-70 % ожогов листовой поверхности сорта *Carefree Flame*.

Следующим объектом являются листья колеуса сорта *Burning Bush*. После воздействия УФ-лучами в течение одной минуты повреждения появились на шестые сутки и оценивались в 1-5 %. Проявление на листьях ожога эпидермы на седьмые сутки составило 5-10 %. После облучения в течение пяти минут повреждения имелись на первые сутки (1-5 %) и

увеличивались с каждым днем. Степень повреждения на седьмые сутки составила 40-50 %. Анализ результатов действия ультрафиолетового излучения на листья колеуса сорта *Gilda* показал, что повреждения эпидермиса при минутном облучении произошли на шестые сутки и составили 1-5 %, как и на седьмой день. После облучения в течение пяти минут, проявление ухудшений было выявлено первые сутки (1-5 %), к концу недели степень повреждения эпидермиса составила 40-50 %. При воздействии в течение одной минуты на листья сорта *Perilla* ухудшение состояния листьев произошло только на седьмые сутки и составило 1-5 %. Пятиминутное облучение листьев привело к повреждениям 1-5 % на вторые сутки. Степень повреждения листьев сорта *Perilla* на седьмые сутки составила 30-40 % от листовой поверхности.

Таким образом, полученные нами данные позволяют заключить, что динамика появления ожогов на листьях колеуса находится в зависимости от интенсивности окраски листьев и увеличивается с повышением времени облучения листьев УФ-лучами. Листья колеуса сорта *Scenic Beauty* на седьмые сутки имеют больше повреждений, по сравнению с сортом *Perilla*, который имеет более темный окрас листьев. Сорт колеуса *Perilla*, который генетически содержит большее количество антоцианов, является наиболее устойчивым к действию ультрафиолета.

В качестве защиты от негативного действия ультрафиолетового излучения, растения выработали ряд приспособительных механизмов. Одним из основных механизмов, предотвращающих проникновение УФ-излучения внутрь клеток, является синтез антоцианов. Антоцианы накапливаются в эпидермальном слое растительной ткани, который защищает таким образом растения от действия ультрафиолета. Эпидермис блокирует передачу от 95 % до 99 % проходящей УФ-радиации [17].

Содержание антоцианов в листьях некоторых сортов колеуса, после действия различных доз ультрафиолетового излучения отражено в приложении В. Для более точного результата исследования проведена

трехкратная аналитическая повторность. Обработка данных осуществлялась с помощью двухфакторного дисперсионного анализа в Microsoft Excel.

Одним из объектов исследования по содержанию антоцианов в листьях являлся колеус сорта *Scenic Beauty*. Анализ результатов показал, что содержание антоцианов с каждым днем повышается, с увеличением времени облучения листьев УФ-лучами повышается выработка антоцианов (рисунок 2).

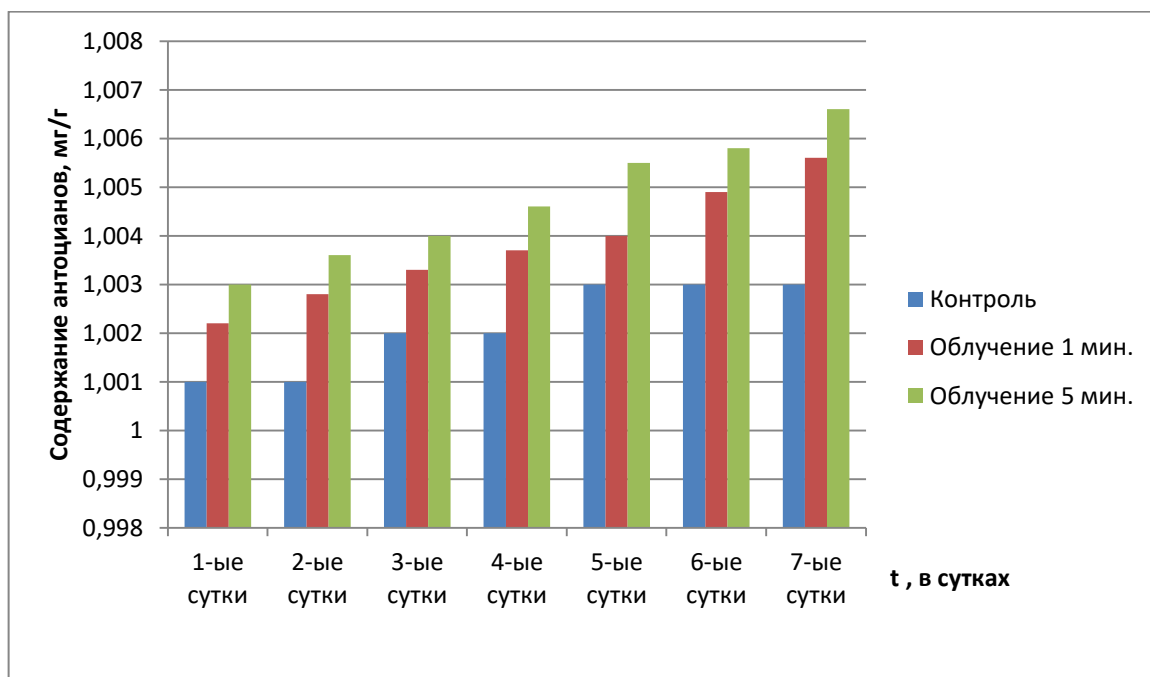


Рисунок 2 – Действие различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях колеуса *Scenic Beauty*

В контрольной группе содержание антоцианов к концу недели увеличилось на 0,0027 мг/г. С каждым днем происходило повышение содержания антоцианов. После облучения листьев в течение одной минуты было постепенное увеличение содержания антоцианов в листьях и к концу пострadiационной недели содержание пигмента повысилось на 0,0034 мг/г. Воздействие в течение пяти минут привело к монотонному увеличению антоцианов на 0,0036 мг/г (рисунок 3).

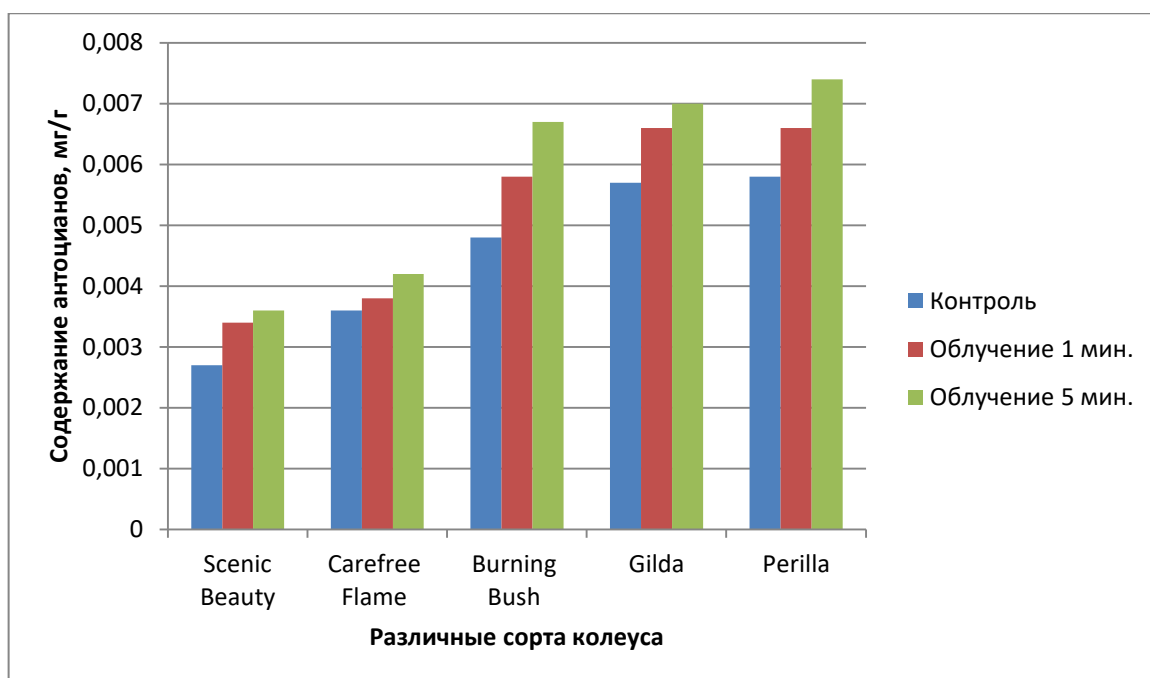


Рисунок 3 – Содержание антоцианов к концу пострадиационной недели

Анализ показателей содержания антоцианов в листьях колеуса сорта *Carefree Flame* (рисунок 4) показал, что в контрольной группе к концу недели произошло увеличение антоцианов на 0,0036 мг/г. После воздействия УФ-лучей в течение одной минуты к концу пострадиационной недели содержание антоцианов в листьях колеуса увеличилось на 0,0038 мг/г. Содержание пигмента на седьмой день повысилось на 0,0042 мг/г после пятиминутного облучения листьев сорта *Carefree Flame*.

Следующим объектом являются листья колеуса сорта *Burning Bush* (рисунок 5). Сопоставление результатов показало, что произошло повышение содержание антоцианов в листьях на 0,0048 мг/г в контрольной группе. Облучение в течение одной минуты повысило содержание пигмента на 0,0058 мг/г, а УФ-воздействие продолжительностью в пять минут привело к увеличению содержания антоцианов в листьях колеуса сорта *Burning Bush* на 0,0067 мг/г.

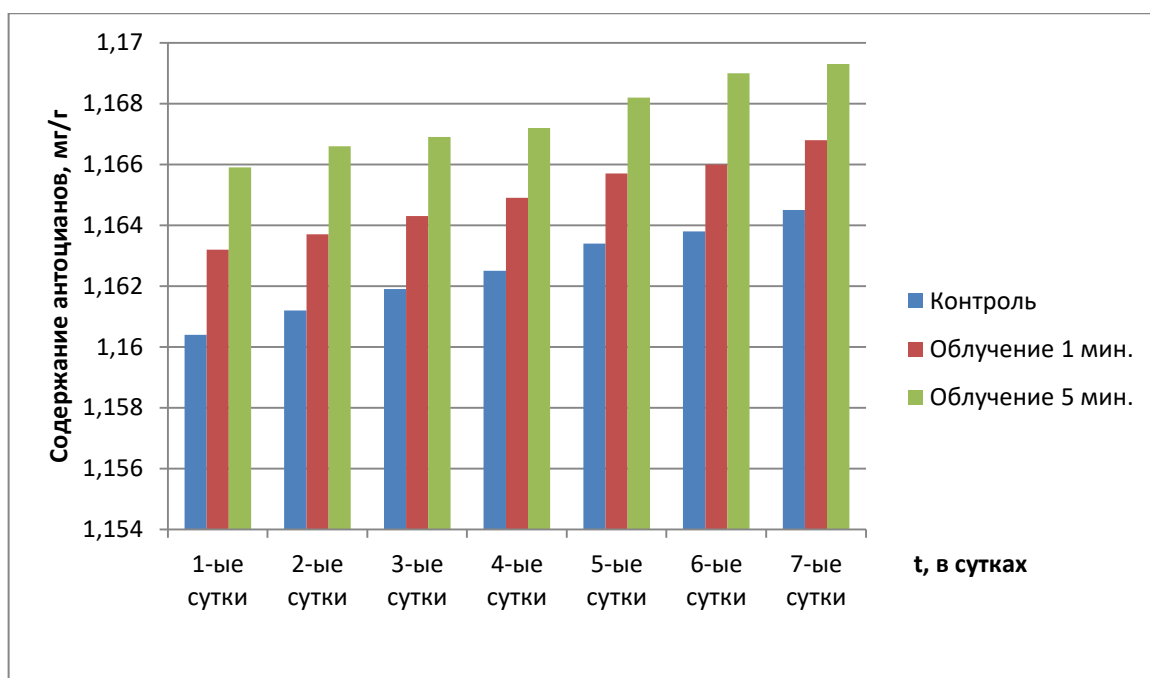


Рисунок 4 – Действие различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях колеуса *Carefree Flame*

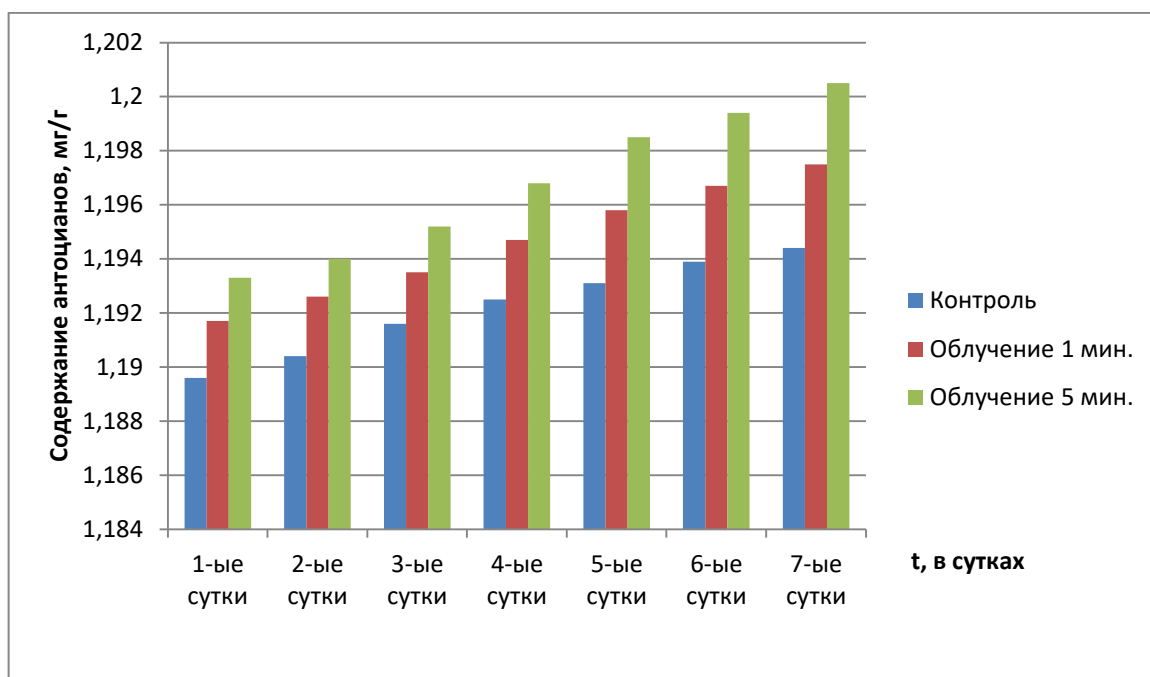


Рисунок 5 – Действие различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях колеуса *Burning Bush*

Проведен анализ содержания антоцианов в листьях колеуса сорта *Gilda* (рисунок 6). В контрольной группе содержание пигментов в первый день соответствовало 1,1956 мг/г, на седьмой день – 1,2013 мг/г. Содержание антоцианов в контрольной группе увеличилось на 0,0057 мг/г.

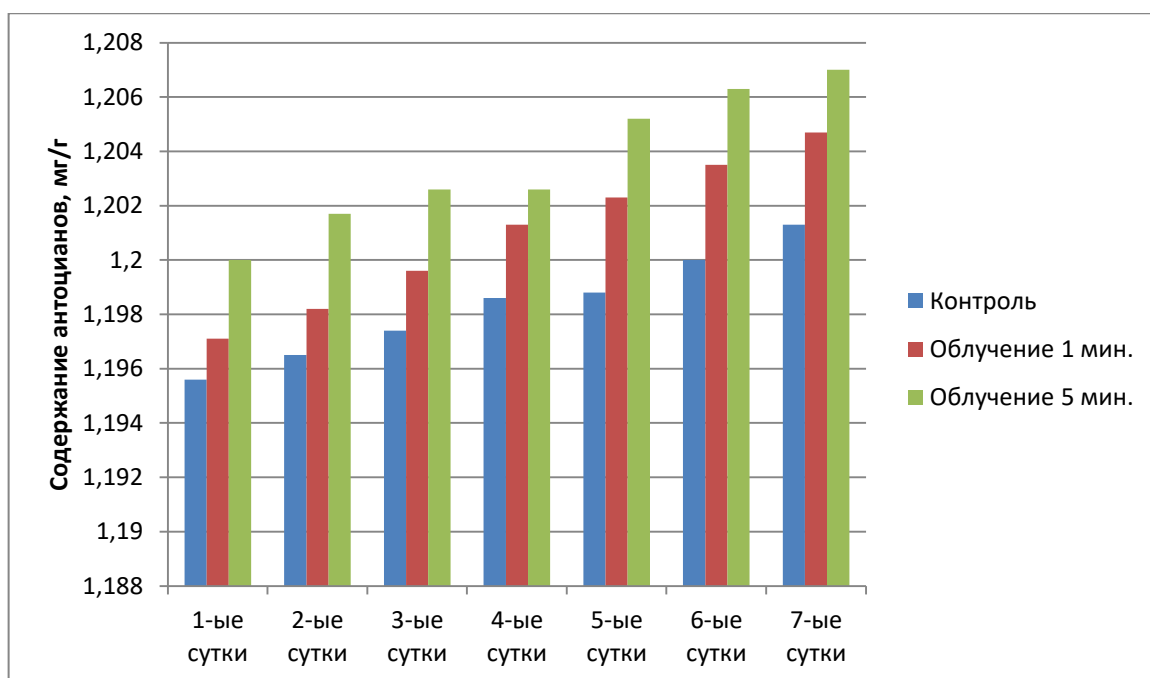


Рисунок 6 – Действие различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях колеуса *Gilda*

После облучения листьев в течение одной минуты содержание антоцианов в листьях колеуса *Gilda* к концу пострадиационной недели повысилось на 0,0066 мг/г, а после пяти минут облучения на 0,0070 мг/г. Анализ показателей содержания антоцианов в листьях колеса сорта *Perilla* (рисунок 7) показал, что в контрольной группе к концу недели произошло увеличение антоцианов на 0,0058 мг/г. После воздействия УФ-лучами в течение одной минуты содержание антоцианов в первый день соответствовало 1,2375 мг/г, а на седьмой день – 1,2441 мг/г. Соответственно содержание антоцианов увеличилось на 0,0066 мг/г. Воздействие в течение пяти минут привело к монотонному увеличению антоцианов на 0,0074 мг/г.

Исходя из результатов экспериментально полученных данных, можно сделать вывод, что содержание антоцианов в листьях колеуса повышается с увеличением времени облучения данных листьев УФ-лучами. С увеличением действия облучения возрастает содержание антоцианов в листьях у каждого сорта.

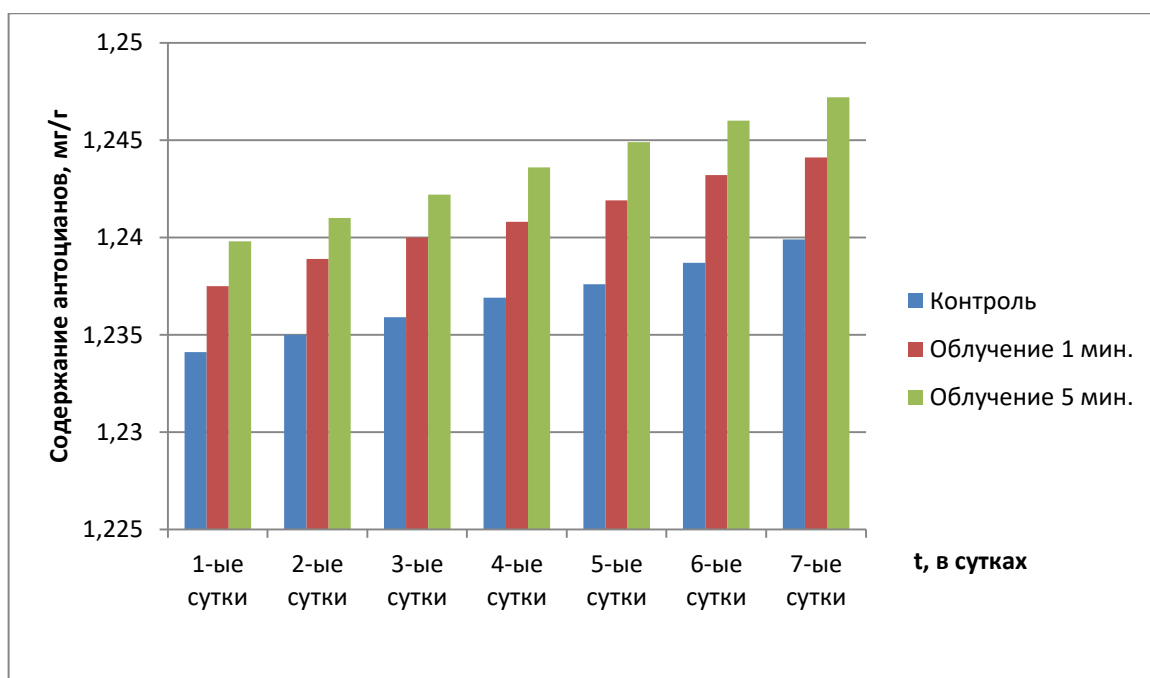


Рисунок 7 – Действие различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях колеуса *Perilla*

Стоит отметить, что растение, содержащее изначально повышенное количество антоцианов – сорт *Perilla*, синтезирует бóльшее количество антоцианов, по сравнению с теми сортами, где содержание пигмента наименьшее – *Scenic Beauty*. Таким образом, полученные нами данные позволяют заключить, что информация из литературных источников не противоречат результатам исследования. Степень повреждающего действия ультрафиолетового облучения зависит от способности синтезировать протекторы УФ-облучения. Антоцианы эффективно защищают растение от УФ-радиации, ослабляет ее отрицательное воздействие. Это их действие обусловлено способностью к поглощению в коротковолновой части спектра [30]. С увеличением времени облучения, повышается содержание антоцианов в листьях колеуса.

Выводы по второй главе

Увеличение интенсивности ультрафиолетовой радиации может вызывать у растений многочисленные прямые и косвенные реакции,

включая повреждения ДНК, белков и мембран, изменения роста, развития и морфогенеза, транспорт веществ, дыхания и другие. Растения отвечают на повышение интенсивности УФ-радиации уменьшением биомассы, площади листовой поверхности, появлением некрозов (ожогов) на листьях [41]. В ходе эволюции сформировались сложные механизмы защиты растений от повреждающего действия ультрафиолетовых лучей. Одним из основных механизмов является синтез антоцианов. Антоцианы накапливаются в эпидермальном слое растительной ткани, который таким образом защищает растения от действия ультрафиолета [17].

Для определения действия различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях некоторых видов семейства колеус использовалась методика Н. И. Муравьевой. Содержание антоцианов в листьях определялось фотоэлектроколориметрическим анализом. Степень воздействия ультрафиолетового излучения на листья колеуса можно проследить по проявлению на листьях ожога эпидермы. Листья колеуса сорта *Scenic Beauty* к концу пострадиационной неделе имеют больше повреждений, по сравнению с сортом *Burning Bush*, который имеет более темный окрас листьев. Сорт колеуса *Burning Bush* является наиболее устойчивым к действию ультрафиолета, так как генетически содержат большее количество антоцианов. Содержание антоцианов в листьях колеуса повышается с увеличением времени облучения данных листьев УФ-лучами.

ГЛАВА 3. ВНЕДРЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ

3.1 Методика организации проектной деятельности школьников в процессе обучения

Современный этап развития образования в России характеризуется переходом к личностно-ориентированному обучению. Новый подход в обучении связан с появлением в системе образования новых задач. Основные задачи образования ориентированы на развитие у обучающихся таких качеств личности, как способность к самостоятельности в приобретении знаний, критическому и творческому мышлению, предприимчивости [23]. Создание условий для самореализации личности и удовлетворения образовательных потребностей каждого ученика, является целью современной школы. Познавательная активность школьника тем выше, чем больше заинтересованности имеется у него к изучаемому предмету [33]. Сформировать интерес к предмету помогает проектная деятельность учащихся, которая в большей степени ориентирована на развитие социально-значимой личности. Это согласуется с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования по формированию и владению у выпускников школ навыков исследовательской и проектной деятельности [18]. Существует 4 этапа работы над проектами [5].

Первый этап – планирование. Предлагается начать работу над проектом с обсуждения темы будущего проекта. При этом, как уже отмечалось выше, происходит обмен мнениями между участниками проектной деятельности, выдвигаются первые гипотезы, и только после этого предложенные учащимися темы проектов выносятся на обсуждение. Цели первичного обмена мнениями:

1. Стимулирование потока идей. Для стимулирования потока идей актуален метод мозговой атаки. Учителю следует по возможности воздержаться от комментариев, записывать на доске идеи, направление работы по мере их высказывания, а также выдвигаемые учащимися возражения. Учитель предлагает ребятам проблемную ситуацию или задачу, решение которой важно для определенного круга людей, тем самым мотивирую проектную деятельность. Здесь будут уместны чертежи, схемы, плакаты и другие виды наглядных пособий. Следующим шагом, ребята выделяют проблему, учитель им в этом помогает наводящими вопросами, и пытаются найти возможные способы решения этой проблемы. Когда таких способов предложено достаточно для решения поставленной задачи, учитель предлагает проанализировать каждую из идей [5].

2. Определение общего направления исследовательской работы. Когда определены все возможные направления исследований, учитель предлагает учащимся высказать свое отношение к каждому из них. Затем учитель предлагает учащимся поработать над наиболее удачными направлениями; определяет сроки, необходимые для получения конечных результатов; помогает ученикам сформулировать 5-6 связанных друг с другом подтем [5].

Учителю необходимо продумать вариант объединения выделенных подтем в единый проект для класса. Каждый участник проекта выбирает ту подтему для будущего исследования, работа над которой будет ему наиболее интересна. Таким образом формируются группы, работающие по одной подтеме. Задача учителя на данном этапе – проследить, чтобы в каждой создающейся группе работали учащиеся с различным уровнем знаний, творческим потенциалом, различными склонностями и интересами. Далее учащиеся совместно с учителем выявляют потенциальные возможности каждого [3]. Учителю следует построить работу так, чтобы каждый мог проявить себя и завоевать признание

окружающих. Можно также выбрать консультантов, т.е. ребят, которые будут помогать исследовательским группам в решении тех или иных задач на тех или иных этапах работы [4].

Для успешной организации этого этапа учителю рекомендуется: подготовить проблемную задачу, которая бы подтолкнула ребят к обсуждению; рассмотреть возможные способы и средства для поддержания мотивации учащихся, продумать вопросы, которые подтолкнули бы ребят к новой идее, необходимой для осуществления проекта. Вопросы, которые может задать учитель на этапе планирования представлены в приложении Г в таблице Г.1. Также учитель должен познакомить учащихся с условиями работы над проектом (количество человек в группах, сроки выполнения проекта); если в работе над проектом принимает участие большое количество человек, то необходимо продумать и организовать несколько направлений работы, при этом обязательно обозначив область рассмотрения каждого из них [16].

Второй этап – аналитический. Этот этап самостоятельного проведения исследования, получения и анализа информации, во время которого каждый ученик уточняет и формулирует собственную задачу, исходя из цели проекта в целом и задачи своей группы в частности, ищет и собирает информацию, учитывая:

- собственный опыт,
- результат обмена информацией с другими учащимися, учителями, родителями, консультантами и т.д.,
- сведения, полученные из специальной литературы, интернета [5].

Допустимо ведение «персонального журнала». В нем каждый учащийся будет описывать ход своего рабочего процесса. Допустимо и ведение журнала для всех учеников. Данное станет хорошим подспорьем для учителя, он сможет дать оценку персонального вклада каждого в проект, а также с ним легче станет осуществить контроль. Последовательные этапы:

1. Уточнить и сформулировать задачи. Правильно поставленная задача дает предопределение эффективности работы над проектом. Все участники группы обмениваются уже существующими знаниями по выбранному ими направлению работы, а также высказывают свои соображения, что можно узнать, исследовать, понять. Потом учитель посредством наводящих вопросов осуществляет подведение учеников к формулированию задачи. Вопросы, которые может задать учитель на аналитическом этапе отражены в приложении Д в таблице Д.1. При реализации проекта учитель обязан держать под контролем каждую группу и всех её участников.

2. Отыскать и собрать материал. Учащиеся определяют, что предстоит им отыскать. Затем наступает сбор необходимых данных и отбор нужной информации. Данный процесс может проходить по-разному. Сами способы зависят от временных рамок, которые отводятся на данную процедуру, материальной базы и есть ли те, кто проконсультирует по тому либо иному вопросу. Обучающиеся посредством наставника останавливают свой выбор на любом из предложенных способов: наблюдение, анкета, опрос, опыт, работа со СМИ, с литературными источниками. Задача учителя – обеспечить, если понадобится, консультирование по методике проведения подобного вида работы. Обучающиеся формируют навыки сбора информации, установления связей и проведения аналогий, учатся анализировать и работать в группе. Учитель наблюдает, как проходит исследование, соотносятся ли цели и задачи, поддерживает тех, кто нуждается в помощи, акцентирует внимание на том, что все учащиеся должны проявлять активность; проводит обобщение, подводит промежуточные итоги.

3. Обработка полученной информации. Обучающиеся должны понимать, с чем они работают и как обрабатывать материал. На данном этапе от учащихся потребуются умения интерпретировать факты, делать выводы, формировать свое мнение [19].

Третий этап – обобщение информации. На этом этапе осуществляются структурирование полученной информации и интеграции полученных знаний, умений, навыков. При этом учащиеся: систематизируют полученные данные; объединяют в единое целое полученную каждой группой информацию; выстраивают общую логическую схему выводов для подведения итогов. Данный этап предусматривает, что учащиеся сами выбирают формы представления результатов проекта [5].

Четвертый этап – представление полученных результатов работы (презентация). На этом этапе учащиеся осмысливают полученные данные и способы достижения результата; обсуждают и готовят итоговое представление результатов работы над проектом. Учащиеся представляют не только полученные результаты и выводы, но и описывают приемы, при помощи которых была получена и проанализирована информация; демонстрирует приобретенные знания и умения; рассказывают о проблемах, с которыми пришлось столкнуться в работе над проектом. Для представления результатов своей деятельности, учащиеся используют презентацию, которая обязана соответствовать целям проекта. Из всего вышеперечисленного можно заключить, что на каждом этапе уровень деятельности учащихся и учителя различна [24]. Проводя работу над проектом, учителю надо помнить, что главными критериями успешного обучения выступают радость и чувство удовлетворенности у всех. Обучающиеся осознают, что достигли и приобрели что-то новое [5].

3.2 Организация проектной деятельности на примере проекта «Ответные реакции листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение»

На современном этапе развития школьного образования весьма актуальными становятся вопросы интеграции учебного материала разных дисциплин, которые создают благоприятную среду для формирования у учащихся целостной картины мира [2]. Именно проектная деятельность в

школе главным образом выступает как средство интеграции естественнонаучных школьных дисциплин. Проектная работа по данной теме позволяет внедрить в сознание учащихся представление об интеграции химии и биологии и о значении этих дисциплин в их жизни [16].

Основные задачи разработки:

Образовательные задачи:

- 1) формирование представлений об ультрафиолетовом излучении, его воздействии на биологические объекты;
- 2) ознакомление учащихся с фоторегуляторными пигментами;
- 3) создание условий для приобретения опыта с лабораторным оборудованием, посудой и реактивами;

Развивающие задачи:

- 1) развитие поисковой деятельности, интеллектуальной инициативы;
- 2) развитие специальных способов ориентации – экспериментирование и моделирование;
- 3) формирование универсальных учебных действий, определяющих способность ученика к обучению, познанию, сотрудничеству.

Воспитательные задачи:

- 1) помощь учащемуся в обоснованном выборе профиля дальнейшего обучения;
- 2) развитие интереса к познанию.

Содержание проектной деятельности носит межпредметный характер, так как знакомит учащихся с комплексными проблемами и задачами, требующими синтеза знаний по ряду предметов (биология, экология, химия).

Ожидаемый результат – по окончании проектной деятельности учащиеся должны:

- обладать навыками поиска информации;
- уметь оценивать достоверность полученной информации;
- уметь анализировать и обобщать полученную информацию;

- применять на практике полученные знания;
- представлять полученную информацию в виде презентаций, устных сообщений.

Данная разработка составлена на основе следующих нормативных документов:

– Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»,

– письмо Министерства образования и науки Российской Федерации от 14.12.2015 № 09-3564 «О внеурочной деятельности и реализации дополнительных общеобразовательных программ» (с Методическими рекомендациями по организации внеурочной деятельности и реализации дополнительных общеобразовательных программ),

– Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (ФГОС ООО).

Педагогические технологии, используемые в курсе:

1) личностно-ориентированные технологии позволяют найти индивидуальный подход к каждому ученику, создать для него необходимые условия комфорта и успеха в обучении. Они предусматривают выбор темы, объем материала с учетом сил, способностей и интересов школьника, создают ситуацию сотрудничества для общения с другими членами коллектива;

2) технология методов проекта. В основе этого метода лежит развитие познавательных интересов учащихся, умение самостоятельно конструировать свои знания, ориентироваться в информационном пространстве, развитие критического мышления, формирование коммуникативных и презентационных навыков;

3) технология исследовательской деятельности позволяет развивать у школьников наблюдательность, логику, большую самостоятельность в выборе целей и постановке задач, проведении опытов и наблюдений,

анализе и обработке полученных результатов. В результате происходит активное овладение знаниями, умениями и навыками;

4) технология творческой деятельности используется для повышения творческой активности учащихся.

Примерный паспорт проекта.

1. Название проекта: Ответные реакции листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение.

2. Актуальность.

Поскольку ультрафиолет – часть электромагнитного излучения, попадающего на поверхность листа, то в случае избыточной инсоляции эта область солнечного спектра представляет собой дополнительный деструктивный фактор, усиливающий термическое повреждение фотосинтезирующего аппарата растения. Особенно актуально это в современных условиях, когда вследствие огромной антропогенной нагрузки на биосферу отмечено значительное нарушение озонового экрана, ведущее к усиленному облучению жестким ультрафиолетом живых объектов [40]. В этой связи представляет интерес изучение ответных реакций листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение с целью выявления устойчивых генотипов.

3. Цель исследования – изучить ответные реакции листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение.

Для реализации поставленной цели служат следующие задачи:

- проанализировать литературные источники по изучаемой проблеме;
- изучить влияние ультрафиолетового излучения на биологические объекты;
- выявить ответные реакции листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение.

Объект исследования: сорта комнатного растения колеуса, семейства губоцветных: *Coleus Scenic Beauty*, *Coleus Carefree Flame*, *Coleus Burning Bush*, *Coleus Gilda*, *Coleus Perilla*.

Предмет исследования: ответные реакции листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение.

5. Продукт проекта: научно-исследовательская работа, презентация.

6. Состав проектной группы: ученица 7 класса МБОУ «СОШ № 73 г. Челябинска» Карина Сндяян.

7. Форма представления проекта: устная защита

8. Планируемые результаты проекта:

Предметные результаты:

– понимание необходимости знаний о влиянии ультрафиолетового излучения на биологические объекты;

– стремление к саморазвитию;

– углубление знания в области биологии и химии;

– совершенствование навыков использования справочной литературы, ИКТ, лабораторного оборудования;

– формирование умений и навыков по созданию проектов и проведению биохимического эксперимента.

Метапредметные результаты:

– познавательные: формирование умений анализировать, сравнивать, структурировать различные объекты, явления и факты, овладение, умениями использовать компьютерные и коммуникационные технологии как инструмент для достижения своих целей; регулятивные: принятие и самостоятельная постановка новых учебных задач, анализ условий, выбор соответствующего способа действий, контроль и оценка его выполнения умение самостоятельно анализировать условия достижения цели;

– коммуникативные: учиться критично относиться к своему мнению, с достоинством признавать ошибочность своего мнения (если оно таково)

и корректировать его, в дискуссии уметь выдвинуть контраргументы, перефразировать свою мысль [22].

Личностные результаты: формирование устойчивого познавательного интереса и становление познавательного мотива.

Необходимое оборудование: мерные пробирки на 10 мл, маркер по стеклу, штатив для пробирок, бактерицидная лампа БУВ-30П.

График деятельности учащегося по выполнению проекта по теме «Ответные реакции листьев колеуса на ультрафиолетовое излучение» представлен в таблице 2.

Таблица 2 – График проектной деятельности учащегося

Этап	Содержание деятельности	Срок выполнения
Поисковый	Определение тематического поля и темы проекта. Выдвижение и анализ гипотезы. Постановка цели и задач проекта	Сентябрь – октябрь 2019 г
Аналитический	Анализ имеющейся информации. Поиск оптимального способа достижения цели проекта (анализ альтернативных решений), построение алгоритма деятельности. Пошаговое планирование	Октябрь 2019 г.
Практический	Выполнение запланированных действий по реализации проекта.	Ноябрь 2019 – Январь 2020 г
Презентационный	Подготовка и проведение презентации	Февраль – Март 2020 г
Контрольный	Анализ результатов. Оценка качества проекта.	Март 2020 г

Выводы по третьей главе

Главная задача метода проекта заключается в предоставлении ученикам самостоятельного получения знаний в ходе решения проблемных ситуаций, требующей интеграции знаний из разных предметных сфер [2]. Существует четыре этапа организации работы над проектами: планирование, аналитический этап, обобщение информации, представление полученных результатов работы [5]. В ходе выполнения проекта реализуются предметные, метапредметные и личностные результаты. Продуктом проекта являются научно-исследовательская работа, презентация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ультрафиолетовое излучение – это общее название, которое включает три спектра лучей. Коротковолновое излучение самое опасное для растений. Даже непродолжительное нахождение под коротковолновыми лучами приводит к отмиранию точек роста, скручиванию листьев, а также разрушению белковых соединений, которое заканчивается гибелью растений. Средневолновое излучение, составляющее порядка 10 % от всего спектра в небольших дозах, оказывает положительный эффект: способствует повышению холодостойкости и закаливанию. При этом максимальную пользу из средневолнового излучения извлекают высокогорные растения. После средневолнового облучения растения лучше переносят перепады температуры и способны плодоносить даже в неблагоприятных условиях [31].

УФ-излучение для растений в любом случае является стрессом, так как приводит к определенным изменениям. При этом сами изменения будут являться результатом таких факторов, как: строение ткани, генотип, стадия развития, длительность облучения, длина волны. Исходя из этого, можно сказать, что у растений, подверженных коротковолновому облучению поражена ДНК. У растений, прошедших облучение УФ-радиацией со средней длиной волны страдают белки [6]. При этом нужно отметить, что средневолновое облучение в небольших дозах необходимо растениям для нормального роста и развития. Длинноволновое облучение может принести вред растительной клетке только при очень больших дозах. Принято считать, что УФ-В и УФ-С лучше всего отфильтровываются в зимний период. Однако с учетом того, что озоновый слой продолжает становиться тоньше, даже лучи этих диапазонов начинают достигать поверхности планеты [36].

За время эволюции растения сумели выработать самостоятельные меры защиты от УФ-радиации: выработка флавоноидных ферментов и

других ФeС. Накапливаясь в покровных тканях растения, они эффективно блокируют порядка 98 % излучения [8]. В данной работе, в ходе проведения эксперимента было установлено, что особенность поглощения солнечной радиации антоцианами определяет их участие в предохранении растений от фотоповреждения интенсивным видимым светом. Опытным путем установлено, что:

1. Степень повреждения листьев колеуса увеличивается при более длительном облучении.

2. Динамика появления ожогов на листьях колеуса находится в зависимости от интенсивности окраски листьев, которая зависит от количества содержания антоцианов в клетках растения.

3. Листья колеуса сорта *Perilla* имеют наименьшие повреждения, так как генетически содержат большее количество антоцианов и являются наиболее устойчивыми к действию ультрафиолетового излучения.

4. В течение первой недели пострадиационного периода содержание антоцианов в листьях растения колеус незначительно, но неуклонно увеличивается.

5. Выявлена корреляция между содержанием антоцианов в листьях и их устойчивостью к действию ультрафиолетового излучения.

Для успешного решения задач современного школьного образования был использован метод проекта с обучающейся 7 класса МБОУ «СОШ № 73 г. Челябинска». Данный метод формирует у обучающихся умения составлять план работы, находить необходимые материалы, обобщать полученную информацию, представлять итоги своей деятельности. Проекты способствуют формированию универсальных учебных действий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агеев, Б. Г. Биоиндикация стратосферного озона [Текст] / Б. Г. Агеев, В. В. Баженова, А. В. Бенькова, В. В. Зуев. – Новосибирск : Издательство СО РАН, 2006. – 228 с.
2. Андреева, Н. Д. Исследовательская работа учащихся при обучении биологии и экологии [Текст] / Н. Д. Андреева, С. С. Рябова // Биология в школе. – 2012. – № 10. – С. 34–38.
3. Болгова, И. В. Десять советов учащимся и учителям по написанию реферата по естественным наукам [Текст] / Ирина Болгова // Биология в школе. – 2013. – № 8. – С. 68–72.
4. Веряев, А. А. О формировании коллективного субъекта учебной деятельности при выполнении учащимся проектной работы зоны [Электронный ресурс] / А. А. Веряев, М. Г. Белоненко. – Электрон. дан. – Режим доступа : [https://journals-altspu.ru/pedagogical-education/article/view/496/565.](https://journals-altspu.ru/pedagogical-education/article/view/496/565), свободный. – Загл. с экрана.
5. Гаврилова, М. А. Реализация идей ФГОС в процессе обучения математике и информатике [Текст] / Мария Гаврилова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – 102 с.
6. Гуляев, Г. В. Генетика [Текст] / Григорий Гуляев. – Москва : Книга по Требованию, 2013. – 352 с.
7. Дымова, О. В. Внепластидные пигменты-антоцианы в листьях дикорастущих видов бореальной зоны [Электронный ресурс] / О. В. Дымова, И. Г. Захожий. – Электрон. дан. – Режим доступа : [https://elibrary.ru/item.asp?id=25766720.](https://elibrary.ru/item.asp?id=25766720), свободный. – Загл. с экрана.
8. Дымова, О. В. Состояние пигментного аппарата растений живучки ползучей в связи с адаптацией к световым условиям произрастания [Текст] / О. В. Дымова, Т. К. Головки // Физиология растений. – 2007. – № 1. – С. 47–43.

9. Дымова, О. В. Фотосинтетические пигменты: функционирование, экология, биологическая активность [Текст] / О. В. Дымова, Т. К. Головки // Известия уфимского научного центра российской академии наук. – 2018. – № 4. – С. 5–16.
10. Жигульский, Р. О. Исследование структуры и спектров антоцианов [Текст] / Роман Жигульский // Academy. – 2019. – № 6. – С. 11–15.
11. Жужа, Е. Д. Разработка визуальных и спектрофотометрических методов определения содержания каротиноидов и степени зрелости плодов томата [Текст] : автореферат дис. ... канд. биол. наук : 06.01.03 / Жужа Евгения Дмитриевна. – Санкт-Петербург, 2013. – 151 с.
12. Карпенко, И. Г. Физико-химические методы анализа [Текст] : рабочая тетрадь / И. Г. Карпенко, Н. М. Лисун. – Челябинск : Изд-во Южно-Урал. гос. гуманитар.-пед. ун-та, 2017. – 89 с.
13. Коваленко, Л. В. Биохимические основы химии биологически активных веществ [Текст] : учебное пособие / Леонид Коваленко. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 229 с.
14. Кравец, Е. А. Влияние УФ-Б облучения на репродуктивную функцию растений *Hordeum vulgare* L. [Текст] / Е. А. Кравец, Д. М. Гродзинский, Н. И. Гуца // Цитология и генетика. – 2008. – № 5. – С. 9–16.
15. Креславский, В. Д. Предоблучение отделенных листьев шпината красным светом повышает устойчивость фотосинтетического аппарата к УФ-радиации [Текст] / В. Д. Креславский, М. С. Христин, Н. И. Шабнова, В. Ю. Любимов // Физиология растений. – 2012. – № 6. – С. 723–729.
16. Кузнецова, Т. С. Опыт организации проектно-исследовательской деятельности при изучении естественно-научных дисциплин [Текст] / Татьяна Кузнецова // Непрерывное образование в Санкт-Петербурге. – 2015. – № 2. – С. 35–41.

17. Лапшин, П. В. Клеточная селекция пшеницы *Triticum aestivum* на устойчивость к УФ-Б [Текст] : автореферат дис. ... канд. биол. наук : 03.00.23 / Лапшин Петр Владимирович. – Москва. – 2001. – 20 с.
18. Лапшина, М. В. Взаимодействие вуза и школы как условие развития исследовательской компетентности школьников [Текст] / М. В. Лапшина, М. Ю. Кулебякина // Гуманитарные науки и образование. – 2017. – № 31. – С. 64–71.
19. Лапшина, М. В. Роль экспериментальной исследовательской деятельности в дополнительном биологическом образовании детей [Текст] / М. В. Лапшина, Т. А. Маскаева, М. В. Лабутина // Гуманитарные науки и образование. – 2019. – № 37. – С. 107–111.
20. Логвинова, Е. Е. Исследование групп биологически активных веществ плодов рябины черноплодной различных сортов [Текст] : автореферат дис. ... канд. фарм. наук : 14.04.02 / Логвинова Елизавета Евгеньевна. – Москва, 2017. – 162 с.
21. Макаревич, А. М. Функции и свойства антоцианов в растительном сырье [Электронный ресурс] / А. М. Макаревич, А. Г. Шутова, Е. В. Спиридонович, В. Н. Решетников. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://core.ac.uk/download/pdf/290223434.pdf>., свободный. – Загл. с экрана.
22. Малыгина, А. С. Проектная деятельность обучающихся по биологии как инструмент формирования УУД [Текст] / А. С. Малыгина, Т. Б. Решетникова, Н. И. Старичкова // Гуманизация образовательного пространства : материалы международной научной конференции / Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Институт изучения детства, семьи и воспитания РАО, Институт возрастной физиологии РАО. – Москва : Издательство «Перо», 2016. – С. 771–778.
23. Малыгина, А. С. Проектная деятельность учащихся в процессе обучения биологии [Текст] / А. С. Малыгина, Т. Б. Решетникова,

- Н. И. Старичкова // Биоразнообразии и антропогенная трансформация природных экосистем. – 2016. – № 2. – С. 195–199.
24. Малыгина, А. С. Проектная деятельность учащихся по биологии [Текст] / А. С. Малыгина, Т. Б. Решетникова, Н. И. Старичкова // Биологическое и экологическое образование: проблемы, состояние и перспективы развития / Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского. – Махачкала : Типография Алеф, 2016. – С. 73–79.
25. Медведев, С. С. Физиология растений [Текст]: учебник для студ. и асп. биол. фак. унтов, пед. и с.-х. вузов / Сергей Медведев. – Санкт-Петербург : БВХ-Петербург, 2012. – 512 с.
26. Муравьева, Д. А. Спектрофотометрическое определение суммы антоцианов в цветках василька синего [Текст] / Д. А. Муравьева, В. Н. Бубенчиков, В. В. Беликов // Фармация. – 1986. – № 5. – С. 28–29.
27. Одилбеков, К. Влияние предпосевной обработки семян УФ-лучами разной длины волны на ростовые процессы, уровень гормонов и продуктивность растений [Текст] / К. Одилбеков, О. А. Акназаров // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. – 2007. – № 2. – С. 165–170.
28. Панкратова, Е.М. Практикум по физиологии растений с основами биологической химии [Текст] / Евгения Панкратова. – Санкт-Петербург: Квадро, 2017. – 176 с.
29. Ракитин, В. Ю. Выделение этилена, содержание АБК и полиаминов в *Arabidopsis thaliana* при УФ-В стрессе [Текст] / В. Ю. Ракитин, О. Н. Прудникова, В. В. Карягин // Физиология растений. – 2008. – № 3. – С. 355–361.
30. Смольникова, Я. В. Культивирование *Digitalis purpurea L.* в условиях *in vitro* и получение сердечных гликозидов на её основе [Текст] : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 03.01.06 / Смольникова Яна Викторовна. – Красноярск, 2012. – 21 с.

31. Соколова, Т. А. Декоративное растениеводство: Цветоводство [Текст] / Татьяна Соколова. – Москва : Академия, 2010. – 432 с
32. Соловченко, А. Е. Экранирование видимого и УФ излучения как механизм фотозащиты у растений [Текст] / А. Е. Соловченко, М. Н. Мерзляк // Физиология растений. – 2008. – № 6. – С. 803–822.
33. Суматохин, С. В. Учебно-исследовательская деятельность по биологии в соответствии ФГОС: с чего начинать, что делать, каких результатов достичь [Текст] / С. В. Суматохин // Биология в школе. – 2014. – № 4. – С. 23–29.
34. Тертышная, Ю. В. Воздействие ультрафиолетового излучения на всхожесть и ростовые процессы семян пшеницы [Текст] / Ю. В. Тертышная, Н. С. Левина, О. В. Елизарова // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 2. – С. 31–36.
35. Тыняная, И. И. Разделение, концентрирование и анализ антоцианов и бетацианинов в экстрактах растительного сырья с применением оптических и хроматографических методов [Текст] : диссертация ... канд. хим. наук : 02.00.02 : защищена 16.03.16 : утв. 06.04.16 / Тыняная Ирина Ивановна. – Воронеж, 2016. – 147 с.
36. Хаханина, Т. И. Химия окружающей среды [Текст] : учебник для академического бакалавриата / Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина, Л. С. Суханова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2016. – 215 с.
37. Чепалов, В.А. Эколого-физиологические особенности пигментного аппарата у растений криолитозоны Якутии [Текст] : автореферат дис. ... канд. биол. наук : 03.01.05 / Чепалов Валентин Азотович. – Иркутск, 2010. – 135 с.
38. Чернова, Н. М. Общая экология [Текст] / Н. М. Чернова, А. М. Былова. – Москва : Дрофа, 2004. – 416 с.

39. Чубарова, Н. Е. Ультрафиолетовая радиация у земной поверхности [Текст] : автореферат дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.30 / Чубарова Наталья Евгеньевна. – Москва, 2007. – 48 с.
40. Шорников, Д. Г. Влияние ультрафиолетового излучения на фотосинтетическую активность генотипов земляники и актинидии [Текст] / Денис Шорников // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – № 5. – С. 1373–1376.
41. Юрченко, Е. Г. Аналитическая оценка внешних проявлений стресс-реакции и специализированной адаптации виноградных растений при повреждающем воздействии УФ-радиации [Текст] / Евгения Юрченко // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2012. – № 13. – С. 111–119.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Антоцианидины

Таблица А.1 – Антоцианидины, встречающиеся в природе

Наименование	Место присоединения к молекуле							Цвет
	3	5	6	7	3'	4'	5'	
Апигенинедин	H	OH	H	OH	H	OH	H	оранжевый
Аурантинидин	OH	OH	OH	OH	H	OH	H	оранжевый
Капенсиинидин	OH	OCH ₃	H	OH	OCH ₃	OH	OCH ₃	красно-синий
Цианидин	OH	OH	H	OH	OH	OH	H	красно-оранжевый
Дельфинидин	OH	OH	H	OH	OH	OH	OH	красно-синий
Европинидин	OH	OCH ₃	H	OH	OCH ₃	OH	OH	красно-синий
Гирсутинидин	OH	OH	H	OCH ₃	OCH ₃	OH	OCH ₃	красно-синий
6-гидроксицианидин	OH	OH	OH	OH	OH	OH	H	красный
Лутеолинидин	H	OH	H	OH	OH	OH	H	оранжевый
Мальвидин	OH	OH	H	OH	OCH ₃	OH	OCH ₃	красно-синий
5-метилцианидин	OH	OCH ₃	H	OH	OH	OH	H	красно-оранжевый
Пеларгонидин	OH	OH	H	OH	H	OH	H	оранжевый
Пеонидин	OH	OH	H	OH	OCH ₃	OH	H	красно-оранжевый
Петунидин	OH	OH	H	OH	OCH ₃	OH	OH	красно-синий
Пульчелидин	OH	OCH ₃	H	OH	OH	OH	OH	красно-синий
Розинидин	OH	OH	H	OCH ₃	OCH ₃	OH	H	красный
Трицетинидин	H	OH	H	OH	OH	OH	OH	красный
6-гидроксидельфинидин	OH	OH	OH	OH	OH	OH	OH	красно-синий
Рициниодин А	OH	H	OH	OH	H	OH	H	-
Аррабидин	H	H	OH	OH	H	OH	OCH ₃	-
Караурин	H	H	OH	OH	H	OCH ₃	OCH ₃	-
3'-гидроксиаррабидин	H	H	OH	OH	OH	OH	OCH ₃	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Порядок выполнения работы на «КФК-3»

I. Подготовка прибора к работе (рисунок Б.1).

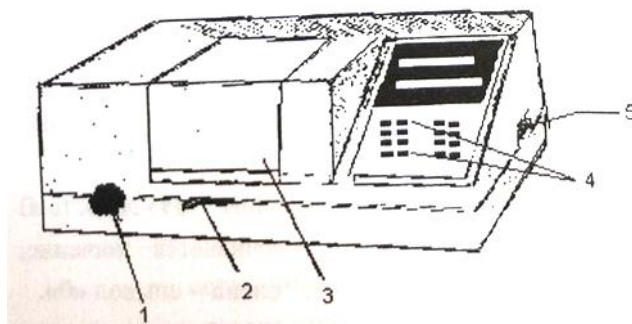
1. Присоединить фотометр к сети 220 Вольт.
2. Включить тумблер «Сеть» .
3. Нажать клавишу «Пуск».

В результате на цифровом табло появится символ «Г» и соответствующее ему значение длины волны.

4. Проверить «0».

При открытой крышке словесного отделения нажать клавишу «Нуль». В результате на цифровом табло справа от мигающей запятой высвечивается значение; значение не должно превышать 0,200 и не должно быть меньше 0,005; слева – символ «0».

Если отчет не укладывается в указанные пределы, следует добиться нужного значения с помощью резистора. Установку «0» проверить при нажатии клавиши «Нуль».



- 1 – установка длины волны; 2 – рукоятка кюветодержателя; 3 – крышка кюветного отделения; 4 – шкала; 5 – тумблер (сеть)
Рисунок Б.1 – Общий вид фотоэлектроколориметра [12]

II. Измерение оптической плотности («Е»).

1. Установить в кюветное отделение кювету с растворителем или контрольным раствором, по отношению к которому производится измерение, и кювету с исследуемым раствором. Жидкость в кювете

доливать до метки. Нельзя касаться пальцами рабочих участков поверхности кювет.

2. Кювету с растворителем или контрольным раствором установить в дальнее гнездо кюветодержателя, а кювету с исследуемым раствором – в ближнее гнездо.

3. В световой пучок установить кювету с растворителем: рукоятку 2 отводится до упора.

4. Установить ручкой 1 длину волны, на которой проводятся измерения раствора. Длина волны высветится на верхнем цифровом табло.

5. Установку длин волн необходимо выполнять подводкой со стороны коротких волн к более длинным. Если при установке значение длины волны перешло требуемое – вновь вернуться на 20-30 нм к более коротким волнам и повторно подвести к требуемому значению длины волны.

6. При закрытой крышке кюветного отделения нажать клавишу «Г».

На нижнем цифровом табло слева от мигающей запятой высветится символ «Г».

7. Нажать клавишу «Е». Слева от мигающей запятой высветится соответственно символ «Е», а справа от мигающей запятой – «0,000±0,002», означающие, что отсчет оптической плотности установился на фотометре правильно.

8. Если отсчет «0,000±0,002» установился с большим отклонением, нажать клавишу «Г» или «Е» повторно, соблюдая паузу 3-5 сек.

9. Открыть крышку кюветного отделения и:

- нажать клавишу «Нуль»,
- закрыть крышку,
- нажать клавишу «Е».

10. Затем рукоятку 2 установить вправо до упора, при этом в световой пучок вводится кювета с исследуемым раствором. Отсчет производится на световом табло.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Содержание антоцианов

Таблица В.1 – Действие различных доз ультрафиолетового излучения на содержание антоцианов в листьях некоторых видов семейства колеус

Сорт	Время облучения, мин	Содержание антоцианов, мг/г						
		1 ^{ые} сутки	2 ^{ые} сутки	3 ^{ьи} сутки	4 ^{ые} сутки	5 ^{ые} сутки	6 ^{ые} сутки	7 ^{ые} сутки
<i>Scenic Beauty</i>	контроль	1,0012	1,0019	1,0025	1,0029	1,0033	1,0036	1,0039
	1,0	1,0022	1,0028	1,0033	1,0037	1,0044	1,0049	1,0056
	5,0	1,0030	1,0036	1,0040	1,0046	1,0055	1,0058	1,0066
<i>Carefree Flame</i>	контроль	1,1604	1,1612	1,1619	1,1625	1,1634	1,1638	1,1645
	1,0	1,1632	1,1636	1,1642	1,1649	1,1657	1,1660	1,1668
	5,0	1,1659	1,1664	1,1668	1,1675	1,1680	1,1689	1,1692
<i>Burning Bush</i>	контроль	1,1896	1,1904	1,1916	1,1925	1,1931	1,1939	1,1944
	1,0	1,1917	1,1926	1,1935	1,1947	1,1958	1,1967	1,1975
	5,0	1,1925	1,1940	1,1952	1,1968	1,1985	1,9994	1,2005
<i>Gilda</i>	контроль	1,1954	1,1966	1,1974	1,1986	1,1989	1,2001	1,2016
	1,0	1,1971	1,1980	1,1994	1,2010	1,2022	1,2035	1,2046
	5,0	1,2004	1,2016	1,2025	1,2039	1,2050	1,2062	1,2070
<i>Perilla</i>	контроль	1,2342	1,2350	1,2359	1,2368	1,2375	1,2386	1,2394
	1,0	1,2375	1,2389	1,2400	1,2408	1,2419	1,2432	1,2441
	5,0	1,2398	1,2410	1,2422	1,2436	1,2449	1,2460	1,2472

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Этап планирования

Таблица Г.1 – Вопросы, которые может задать учитель участникам проектной деятельности на этапе планирования

Этап	Вопрос
Для выявления уже имеющихся знаний	<ul style="list-style-type: none">– Что вы можете сказать по этой теме (проблеме)?– Что вы читали (слышали, изучали на уроках, самостоятельно) по этой теме, проблеме?– Как вы относитесь к этой теме (проблеме)?– Какие способы решения этой проблемы вы знаете?– Что, по-вашему, необходимо для этого сделать?– Что еще вы бы хотели изучить (понять), чтобы найти способ решения этой проблемы?
Для выявления склонности и интересов учащихся	<ul style="list-style-type: none">– Что еще интересно вам было бы узнать в этой области?– В чем вы хотели бы лучше разобраться?– Ваше любимое занятие вне школы?– Чему вы больше всего хотели бы научиться?– Кем бы вы хотели стать? В чем вы хотели бы разбираться профессионально?– Что бы вы хотели предпринять для осуществления вашего замысла? При каких условиях это было бы возможно?
Для выявления затруднений у учащихся	<ul style="list-style-type: none">– О чем (или о ком) вы бы хотели получить более подробную информацию?– Что нового вам было бы интересно узнать?– В каких вопросах вы бы хотели стать более компетентными?
Для определения темы проекта	<ul style="list-style-type: none">– Какие из предложенных тем больше всего отвечают вашим склонностям, интересам?– Почему вы предпочли именно эту тему?– Каким образом вы могли бы помочь классу (группе) раскрыть эту тему?– Какие, по-вашему, существуют критерии итоговой оценки работы над проектом? Как можно определить «программу-максимум» и «программу-минимум»?

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Аналитический этап

Таблица Д.1 – Вопросы, которые может задать учитель на аналитическом этапе

Этап	Вопрос
Определение задач	<ul style="list-style-type: none">– Что вам уже известно о теме?– Чем конкретно вам будет интересно заниматься в работе над этим проектом?– По каким вопросам вы могли бы проконсультировать свою группу (другую группу, весь класс)?– Какую помощь вы можете оказать в процессе работы над проектом?– Попробуйте сформулировать задачу так, чтобы все члены вашей группы поняли, какие исследования необходимы для успешной реализации проекта.
Поиск и сбор информации	<ul style="list-style-type: none">– Какие способы поиска и сбора информации вы знаете?– Где можно найти необходимую информацию? Кто может в этом помочь? Кого можно пригласить для консультации?– В какие организации можно обратиться за консультацией? Какие конкретно сведения вы там запросите?– Какие исследования требуют больше (меньше) времени?– Чем необходимо заняться в первую очередь? В каком порядке будет выполняться работа?– Как распределить работу между членами группы?– Кто и за что будет отвечать?– Где будет проводиться работа? В какие сроки?
Интерпретация полученных данных	<ul style="list-style-type: none">– Какая информация необходима для решения поставленной задачи?– Без какой информации можно обойтись? Обоснуйте ваше мнение.– Каковы критерии оценки полученной информации?– Установите связь (если она есть) между собранными данными.