

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Отделение материаловедения
Направление подготовки: *Оптотехника*

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование люминесцентных характеристик листьев растений

УДК 581.1-035.274:535.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Балагура Карина Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Туранов Сергей Борисович	—		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент школы инженерного предпринимательства	Калмыкова Екатерина Юрьевна	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения контроля и диагностики	Назаренко Ольга Брониславна	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
"Оптотехника"	Полисадова Елена Федоровна	д.ф. – м.н		

Томск – 2018 г.

*Планируемые результаты обучения по ООП 12.03.02
Оптехника (бакалавриат)*

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, гуманитарные, общепрофессиональные знания в области оптехники
Р2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий
Р3	Применять полученные знания для решения задач, возникающих при эксплуатации новой техники и технологий оптехники
Р4	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования световой, оптической и лазерной техники, оптических и светотехнических материалов и технологий
Р5	Владеть методами проведения фотометрических и оптических измерений и исследований, включая применение готовых методик, технических средств и обработку полученных результатов
Р6	Владеть общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации оптической, световой и лазерной техники для решения различных задач
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	Проявлять творческий подход при решении конкретных научных, технологических и опытно-конструкторских задач в области оптехники
Р8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности
Р9	Уметь эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
Р10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам научной, педагогической и производственной деятельности
Р11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 12.03.02 «Оптотехника»
Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель
ООП «Оптотехника» ОМ ИШНПТ

(подпись) _____ Е.Ф.Полисадова
(дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Балагура К.Д.

Тема работы:

Исследование люминесцентных характеристик листьев растений	
утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Отечественная и зарубежная литература по теме проекта.</p> <p>Объект исследования – спектр и интенсивность люминесценции и их зависимость от спектра и интенсивности облучения.</p> <p>Предмет исследования – салат, базилик.</p> <p>Аппаратура – спектрометр, светодиодные облучатели</p>
--	---

<p align="center">Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор по теме исследования. 2. Разработка методики исследований. 3. Обоснование и выбор методов и средств измерений. 4. Исследование параметров люминесценции листьев растений выращенных при разных параметрах облучения
<p>Перечень графического материала</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. результаты экспериментов 2. схемы экспериментальных установок 3. фотографии экспериментальных образцов

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Калмыкова Е.Ю.
Социальная ответственность	Назаренко О.Б.

Названия разделов, которые должны быть выполнены русским и иностранном языках:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор – русск. язык 2. Методики расчетов (исследований) – русск. язык 3. Результаты экспериментов – русск. язык 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение - русск. язык 5. Социальная ответственность - русск. язык
--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.09.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Туранов Сергей Борисович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Балагура Карина Дмитриевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 87 с., 38 рис., 16 табл., 16 источников.

Ключевые слова: флуоресценция растения, кинетика растений, люминесценция, хлорофилл, свечение растений.

Объектом исследования является флуоресценция хлорофилла растений и ее зависимость от параметров окружающей среды и условий роста растения.

Цель работы — анализ люминесцентных характеристик листьев растений, выращенных в разных условиях световой среды.

В процессе исследования проводились сбор, обработка и анализ литературных данных о методиках исследования спектрально-кинетических характеристик люминесценции и о приборах, осуществляющих измерение этих характеристик, разработка схемы и методики их измерений на имеющемся оборудовании.

В результате исследования получены спектрально-кинетические характеристики растений.

Степень внедрения: результаты данной работы могут быть положены в основу созданию люминесцентной методики оценки состояния роста и развития растений при использовании светодиодных систем облучения в теплицах.

Область применения: анализ состояния растений на различных стадиях роста и развития.

Экономическая значимость работы обусловлена отсутствием на российском рынке относительно недорогих по стоимости и функциональных аналогов.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

НАДФ — никотинамидадениндинуклеотидфосфата

АТФ — аденозинтрифосфата

ФСА — фотосинтетический аппарат

ФС1 и ФС2 — фотосистемы 1 и 2

РЦ — реакционные центры

Хл а и Хл b — хлорофилл а и b, соответственно

УФ – ультрафиолет

ССК – светособирающий комплекс

Содержание

Введение.....	9
1 Анализ литературных данных об исследованиях по данной научной проблеме.....	12
1.1 Структурная организация фотосинтетического аппарата.	12
1.2 Оптические методы контроля состояния растений.....	14
1.3 Патентный обзор.....	18
1.4 Люминесценция. Виды и классификация люминесценции.....	20
1.5 Люминесценция высших растений.....	25
1.6 Влияние внешних факторов на спектры люминесценции растений	28
2 Методика исследований.....	32
2.1 Выбор модельных растений для исследований.....	32
2.2 Описание исследовательской установки.....	33
2.3 Описание методов и подходов проведения экспериментов.....	36
3 Результаты исследования.....	45
3.1 Анализ параметров люминесценции исследуемых образцов. Методы приема и фильтрации сигнала.....	45
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	60
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	60
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	64
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	72
5 Социальная ответственность.....	76
5.1 Производственная безопасность.....	76

5.1.1	Идентификация опасных и вредных факторов	76
5.1.2.	Анализ вредных и опасных факторов, возникших на рабочем месте при проведении исследований	78
5.2	Экологическая безопасность.....	81
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84
	Заключение	86
	Список использованных источников	87

Введение

Растения – основа жизни на Земле. Органические вещества, которые вырабатываемые в процессе фотосинтеза являются продуктами питания для человека, а также сырьем для различных областей промышленности. Подробное изучение фотобиологических реакций, с помощью которых образуется кислород, связано с управлением над процессом фотосинтеза.

Растения поддерживают уровень кислорода в атмосфере и превращают неорганические вещества в органические, способствуя тем самым эволюции. Растения для человека служат продуктами питания, сырьем для строительства и промышленности. Однако развитие жизни сопровождается увеличением влияния антропогенного фактора на окружающую среду. В данных условиях важной задачей является более детальное изучение структурно-функциональной организации фотосинтетического аппарата (ФСА)[6]. Один из методов определения состояния растений связан с регистрацией спектров флуоресценции листьев растений[2].

Для того чтобы моделировать условия для эффективного роста и развития растений существует исследовательская установка «Фитотрон». В данном изобретении можно наблюдать и контролировать несколько параметров окружающей среды. Например, различные режимы спектрального состава освещения, частота орошения, влажность. При правильном подборе различных соотношений этих параметров улучшаются рост различных компонентов растений[2]. Например, синие и фиолетовые лучи, за исключением прямого участия в фотосинтезе[6], стимулируют образование белков и регулируют скорость развития растения. В растениях, которые живут в природе в короткий день, эти лучи ускоряют начало периода цветения.

Для получения информации этого сигнала необходим специальный прибор, с помощью которого можно получать как спектр люминесценции, так и кинетики. Существует множество приборов для изучения

люминесценции растений. Но в основном эти приборы сложны в эксплуатации или, же у них высокая цена.

Реакцию на изменения одного или нескольких параметров можно получить различными способами. Например, регулярно измерять пробу биомассы растения, обрабатывать полученную информацию и получать данные о взаимодействии растения. Однако, анализ состояния растения должен соответствовать следующие условия:

1. Процесс измерения никак не должен влиять на форму и биологическое состояние растения.
2. Процесс измерения также не должен вносить изменения в параметры окружающей среды.

Этим условиям могут удовлетворять оптические методы контроля. Эти методы позволяют получать результат дистанционно, воздействуя на растение лишь оптическим излучением в короткий промежуток времени, что не влияет на форму и состояние растения. Одним из них и является изучаемый в данной работе метод исследования спектрально-люминесцентных характеристик растений. Для анализа этого сигнала необходим специализированный прибор, который позволит получать как спектр люминесценции, так и ее кинетики[3],[6]. В наши дни создано много хороших приборов для изучения люминесценции растений. Но они слишком дороги, сложны в эксплуатации и имеют узкую специализацию, не подходящую в данной работе. По этим причинам они не могут быть использованы.

В настоящее время, чтобы определить оптимальные режимы облучения, требуется изучить рост и развитие растения при различных режимах работы светодиодных ОБУ в течение всего периода вегетации, то есть порядка нескольких месяцев или лет. Владение экспресс-методикой оценки реакции растения на изменение параметров облучения существенно

ускорит выявление оптимальных режимов облучения различных видов растений.

Целью данной работы является анализ люминесцентных характеристик листьев растений, выращенных в разных условиях световой среды.

Для достижения поставленной цели необходимо решить **следующие задачи:**

1. Обоснование принципа оценки состояния растений по спектрально-кинетическим характеристикам люминесценции растений;
2. Проанализировать возможные параметры оценки скорости фотосинтеза по спектрально-кинетическим характеристикам люминесценции растений;
3. Обоснование и выбор методов и средств измерения;
4. Изучение влияния параметров облучения растений на их люминесцентные характеристики.

1 Анализ литературных данных об исследованиях по данной научной проблеме.

1.1 Структурная организация фотосинтетического аппарата.

При изменении факторов окружающей среды, в первую очередь изменяются состав и фотосинтетическая активность растений. Таким образом, использование фотосинтетического аппарата (ФСА) является наиболее информативным для исследования состояния растения.

Процесс фотосинтеза происходит в две стадии: световую и темновую стадию, которые связаны между собой. Во время световой стадии поглощенная пигментами фотосинтетического аппарата, хлоропластами, энергия солнечного излучения преобразуется непосредственно в энергию химических связей продуктов фотосинтеза (НАДФ и АТФ). Темновая стадия включает ассимиляцию CO_2 и образование конечных продуктов в реакциях, которые протекают с использованием НАДФ и АТФ[7].

Исследуем эти стадии более подробно. Запасание энергии происходит в световую стадию в межмембранное пространство хлоропластов. Вследствие данных реакций перенос энергии осуществляется по схеме Z (рисунок 1). По этой схеме перенос электрона от H_2O к НАДФ при поглощении двух квантов света последовательно осуществляется двумя фотосистемами (ФС): коротковолновой ФС2, и длинноволновой ФС1.

Энергия квантов света, попадающих в фотосинтетический аппарат (ФСА), может передаваться на РЦ несколькими путями. Во-первых, каждая ФС имеет собственную хлорофилловую антенну (20–40 молекул Хл а), эффективно захватывающую фотоны и передающую энергию возбуждения на РЦ. Во-вторых, энергия возбуждения может поступать в ФС из периферической антенны, образованной светособирающим комплексом (ССК). В ССК сосредоточена примерно половина имеющегося в хлоропластах Хл а и практически весь Хл б.

Хлорофилл **a** является компонентом как коровых комплексов, так и периферической антенны ФС1 и ФС2, тогда как Хл **b** преимущественно является компонентом периферической антенны обеих фотосистем. В связи с этим изменение отношения Хл **a**/Хл **b** указывает на изменение соотношения между комплексами реакционных центров фотосистем и ССК.

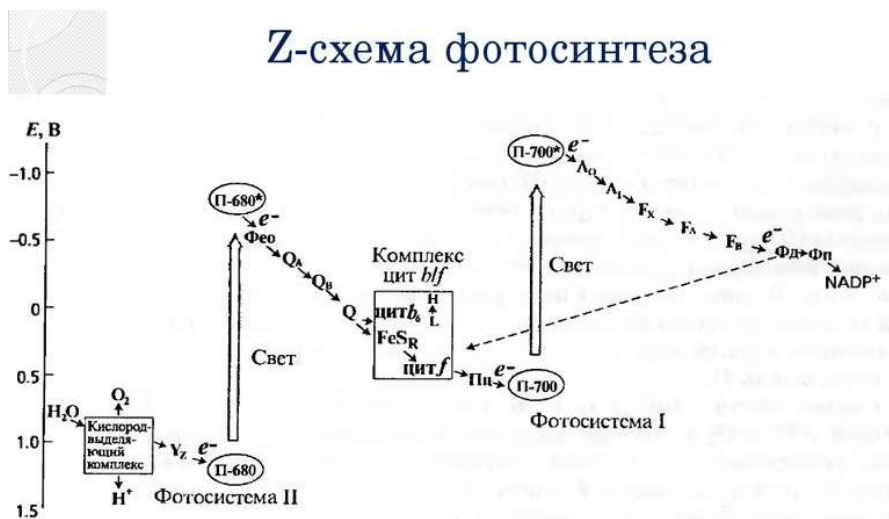


Рисунок 1 - Z - Схема фотосинтеза[7]

Данные системы имеют различия между собой, тем, что у каждой имеется определенный спектр поглощения. Хлорофилл в коротковолновой ФС2, поглощающей свет с длиной волны $\lambda \approx 680$ нм, а в длинноволновой ФС1, поглощающей свет с длиной волны $\lambda \approx 710$ нм (рисунок 2).

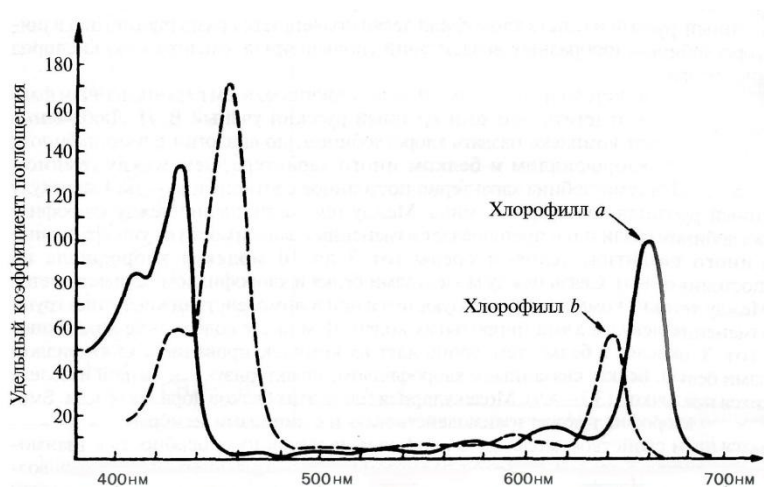


Рисунок 2 - Спектры поглощения хлорофиллов a и b[5]

В зеленых растениях все световые и часть темновых стадий фотосинтеза происходят в субклеточных частицах – хлоропластах. Хлоропласты высших растений на срезе имеют двояковыпуклую форму. Диаметр хлоропластов составляет от 3 до 10 мкм.

Процесс фотосинтеза заключается в трансформации поглощенной световой энергии в химическую энергию органических соединений.

Молекулы хлорофилла и вспомогательных пигментов поглощают солнечный свет и переходят в возбужденное состояние. Энергия возбуждения мигрирует по пигментной матрице и попадает на РЦ: Р680 в ФС2 и Р700 в ФС1. Здесь происходит разделение положительных и отрицательных зарядов, после чего электрон переносится на первичные акцепторы. На каждую ЭТЦ приходится 300–400 молекул пигментов, что обуславливает частое срабатывание РЦ даже при небольшой интенсивности света. Резонансный перенос энергии между молекулами-светосборщиками и захват ее в РЦ происходят за время около 10^{-12} с, однако разделенные заряды в РЦ стабилизируются на время около 10^{-2} с.

1.2 Оптические методы контроля состояния растений

Флуоресценция - это свечение тел, возбуждаемое освещением и длительное очень короткое время (10^{-8} - 10^{-9} с). Свет, излучаемый во время флуоресценции, всегда имеет большую длину волны по сравнению с поглощенной. Это связано с тем, что часть поглощенной энергии выделяется в виде тепла.

Для определения интенсивности фотосинтеза достаточным является определение количества хлорофилла, содержащегося в растении, т. к. именно в молекулах хлорофилла и происходит процесс фотосинтеза. Количественный анализ хлорофилла можно производить несколькими методами. Самые очевидные из них — это группа химических методов. Эти методы, в общем случае, заключаются в химическом анализе образца, отнятого от исследуемого растения, т. е. проведения серии качественных

реакций с образцом. Химические методы являются разрушающими и требуют длительного времени для получения результата.

Менее очевидными, но не менее информативными, являются оптические методы определения количества хлорофилла растения. Эта группа методов, в отличие от химических, является неразрушающей, т. е. не требует отделения образца от растения. Кроме того, оптические методы позволяют определить интенсивность фотосинтеза, не давая оценку количества хлорофилла. Среди оптических методов можно выделить два: измерение отражения (либо поглощения) света растением и флуоресценции.

Реакцию растения на изменение одного или нескольких параметров можно получать разными способами[6]. Так, например, можно регулярно снимать пробу биомассы растения, обрабатывать определенным образом и после получать данные о реакции растения. Однако, анализ состояния растения должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Процесс измерения не должен влиять на форму и состояние растения
2. Процесс измерения не должен вносить изменения в какой-либо параметр окружающей среды;
3. Измерение должно происходить на месте быстро и давать быстрый результат.

Всем этим условиям могут удовлетворять оптические методы контроля. Эти методы позволяют получать результат дистанционно, воздействуя на растение лишь оптическим излучением в короткий промежуток времени, что не влияет на форму и состояние растения. Одним из них и является изучаемый в данной работе метод исследования спектрально-люминесцентных характеристик растений.

Спектры люминесценции растений отличаются в зависимости от соотношения содержащихся в них хлорофиллов а и b исходя из того, что спектры данных хлорофиллов имеют максимумы на различных длинах волн.

На рисунке 3 представлены результаты предыдущих работ, которые подтверждают эти данные

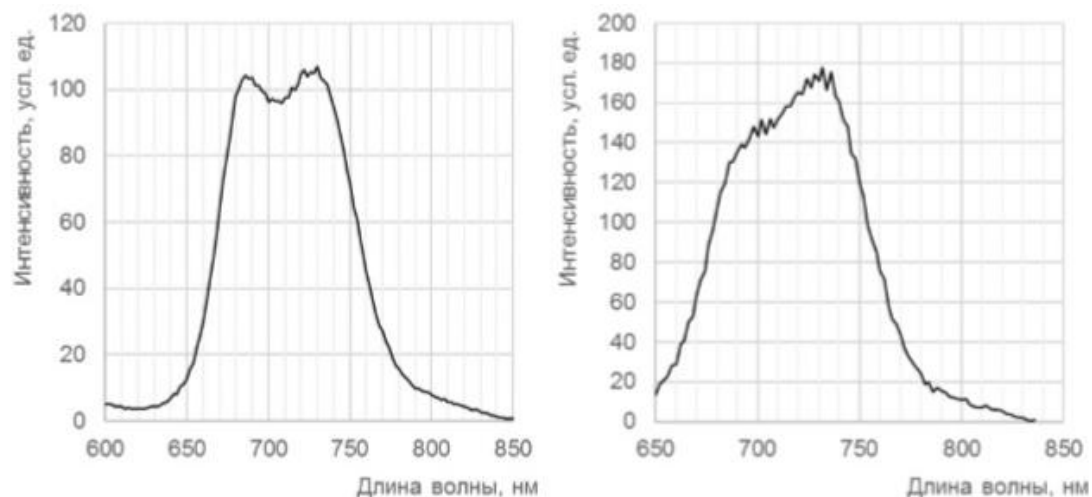


Рисунок 3 – Спектры люминесценции листьев мандарина при разных длинах волн: а) 440 нм, б) 600 нм[5]

Исходя из рисунка 3 видно, что хлорофилл листьев мандарина имеет 2 максимума люминесценции, примерно 680 и 740 нм, которые возбуждаются светом с разной длиной волны и различной эффективностью.

Например, пик 730 нм эффективнее возбуждается более длинноволновым излучением. Следовательно на основании спектров поглощения хлорофиллов а и б представленных в работе [5], можно сказать, что пик возбуждаемый светом с длинной волны 440 является максимум флуоресценции хлорофилла а, а пик возбуждаемый светом с длиной волны 600 нм является максимум флуоресценции хлорофилла б.

Информация о состоянии растения и его реакции на изменения параметра среды содержится в спектрах люминесценции хлорофилла, содержащегося в растении[3]. Это обусловлено тем, что в возбужденном хлорофилле процессы флуоресценции, нефотохимического (теплового преобразования энергии) и фотосинтеза (фотохимического преобразования энергии) реагируют друг с другом, следовательно, анализируя флуоресценцию хлорофилла можно судить об интенсивности фотосинтеза и состоянии растения.

Содержание хлорофилла специфично для листьев каждого вида и сорта растений и существенно изменяется в зависимости от освещения,

минерального питания, возраста листьев и других внешних и внутренних условий. При определении концентрации хлорофилла необходимо тщательно извлечь пигмент из точно взятой навески. В полученной вытяжке концентрацию хлорофилла определяют с помощью колориметра, фотоэлектроколориметра или спектрофотометра.

Фотоэлектроколориметр ФЭК служит для определения концентраций окрашенных растворов по поглощению света этими растворами.

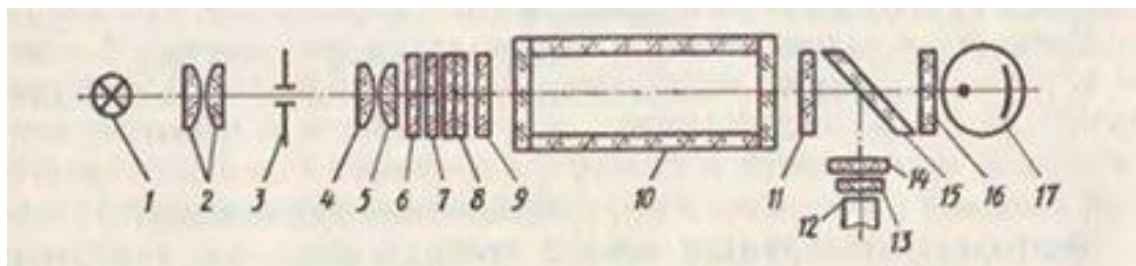


Рисунок 3 - Принципиальная схема однолучевого фотоэлектроколориметра. 1-лампа накаливания; 2- конденсор; 3- щель диафрагмы; 4,5- объектив; 6,7- теплозащитные фильтры; 8,14- светофильтры; 9,11- защитное стекло; 10- кювета для растворов; 12- фотодиод; 13,16- матовое стекло; 15- делитель светового потока; 17- фотоэлемент[4]

Луч света от источника проходит через светофильтр. Полученный монохроматический свет проходит через кювету с раствором. Кюветы – сосуды, в которые помещают анализируемый раствор и раствор сравнения. Они представляют собой прямоугольные сосуды с определённым расстоянием между стенками. Для аналитических измерений важен не общий объём раствора, помещённого в кювету, а толщина слоя раствора, которая определяется расстоянием между передней и задней стенками. Кюветы изготавливают из стекла, пропускающего все лучи видимого спектра. Для анализа в ультрафиолетовой области спектра применяют кюветы из кварца, пропускающего не только видимые, но и ультрафиолетовые лучи. Прошедший через раствор свет, попадает на фотоприёмник – фотодиод, который преобразует энергию световой волны в электрический ток. Сигнал

усиливается усилителем и поступает на измерительный элемент (гальванометр), где находятся две шкалы. На нижней шкале нанесены значения оптической плотности раствора, а на верхней – коэффициента пропускания в процентах.

1.3 Патентный обзор

В результате патентного обзора были рассмотрены отечественные и зарубежные патенты[4].

1) А01h 1/04 (2006.01) - способ оценки морфологии пыльцевых зерен растений.

Изобретение относится к селекции растений. Изобретение представляет собой способ оценки морфологии пыльцевых зерен растений, заключающийся в их окрашивании и индукции флуоресценции в падающем свете с помощью инвертированного люминесцентного микроскопа, отличающийся тем, что препарат пыльцы на предметном стекле обрабатывают комплексным красителем, состоящим из 20 объемных частей 0,00001%-ного водного раствора Hoechst 33258 и 1 части 2%-ного спиртового раствора пиронина Б, и изучают эпи люминесценцию окрашенных пыльцевых зерен, возбуждаемую падающим светом в диапазоне длин волн 340-380 нм, с запирающим светофильтром, пропускающим длинноволновую часть спектра более 510 нм. Изобретение позволяет ускорить оценку морфологии пыльцевых зерен, размеров и характера расположения их апертур по получаемым контрастным изображениям. 3 ил., 3 пр.

2) G01N 21/64 (2000.01)- система детектирования флуоресценции для определения значимых параметров растительности

Изобретение относится к оптике. Описана система определения значительных параметров растительности. Основная конфигурация, которой включает источник лазерного возбуждения с высокой частотой повторения импульсов, который стимулирует флуоресценцию молекул хлорофилла. Детектор флуоресценции, включающий оптические системы визуализации и

разделения, электронный триггер и задержку блок генерации для соответствующей лазерной синхронизации. Детектор и электронный измерительный блок для обнаружения сигнала флуоресценции, который является модулем для записи и обработки сигналов.

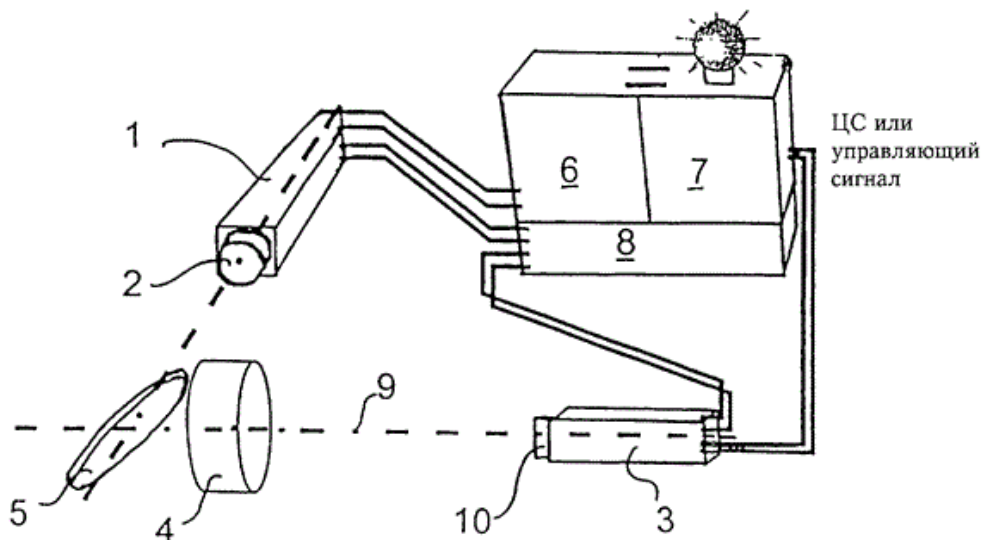


Рисунок 4 - Детектор флуоресценции

Настоящее изобретение относится к системе детектирования флуоресценции для определения значительных параметров растительности, имеющих источник возбуждения. Этот источник является низкомоощным лазером, предназначенным для генерирования возбуждающего излучения в красной области спектра. Основной детектор флуоресценции, содержащий входное оптическое устройство для приема флуоресцентного излучения, передаваемого через дихроичный делитель луча, и сигнал помех vetofiltr замедляет упруго-рассеянный свет в противоположном направлении.

Сложность детектирования возбужденной солнечным светом флуоресценции молекул хлорофилла обусловлена тем, что на сигнал флуоресценции накладывается отраженный свет (пассивный спектр). На долю сигнала флуоресценции, испускаемой листьями или растительным покровом, приходится всего лишь порядка нескольких процентов от уровня полного сигнала. Поэтому для измерения флуоресценции молекул хлорофилла в самых разнообразных целях были

разработаны различные методы измерений, в которых использовались дополнительные источники света.

3) A01G 13/02 (2000.01) – люминесцентный материал для оптимизации процессов фотосинтеза и развития растений

Формула изобретения

Люминесцентный материал для оптимизации процессов фотосинтеза и развития растений при их выращивании в парниках и теплицах, включающий матрицу и распределенный в матрице люминофор, отличающийся тем, что спектры люминесценции материала находятся в диапазонах 400-480 нм и 600-750 нм.

1.4 Люминесценция. Виды и классификация люминесценции.

Как и все живые организмы, растения способны адаптироваться к меняющимся условиям. Эта способность отличается для разных видов. Есть растения, которые легко адаптируются к достаточному или избыточному свету, но есть и некоторые, которые хорошо развиваются только при строго определенных параметрах света[1]. В результате адаптации растения к уменьшенному освещению его внешний вид несколько меняется. Листья становятся темно-зелеными и немного увеличиваются в размерах (линейные листья удлиняются и становятся уже), промежутки ствола начинают растягиваться, что в то же время теряет свою силу. Затем их рост постепенно уменьшается, потому что резко сокращается производство фотосинтетических продуктов, идя на посмертное тело растения. С отсутствием света многие растения перестают распускаться.

С избытком света хлорофилл частично разрушается, а цвет листьев становится желто-зеленым. В сильном свете рост растений замедляется, они более приземистые с короткими междоузлиями и широкими короткими листьями. Появление бронзово-желтого цвета листьев указывает на значительный избыток света, который вреден для растений.

Люминесценция - это излучение, которое является избытком теплового излучения тела при данной температуре и имеет длительность, которая намного превышает период световых волн. Первая часть этого определения была предложена Э. Видоманом и отделяет люминесценцию от равновесного теплового излучения. Вторая часть, знак продолжительности, была введена С. И. Вавиловым для отделения люминесценции от других явлений вторичного отражения и рассеяния света, а также от вынужденного излучения тормозного излучения заряженных частиц

Излучение люминесценции наблюдается:

- в неоновых и люминесцентных лампах, телевизорах, радарх и экранах флюороскопов;
- в органических веществах, таких как люминол или люциферин в светлячках;
- в некоторых пигментах, используемых в наружной рекламе; при молнии и северном сиянии.

Явление люминесценции происходит в результате поглощения материалом энергии, например, от источника ультрафиолетового или рентгеновского излучения, пучков электронов, химических реакций и т. д. Это приводит атомы вещества в возбужденное состояние. Так как оно неустойчиво, материал возвращается в свое исходное состояние, а поглощенная энергия выделяется в виде света и/или тепла. В процессе задействованы только внешние электроны. Эффективность люминесценции зависит от степени превращения энергии возбуждения в свет. Число материалов, обладающих достаточной для практического применения эффективностью, относительно небольшое.

Классификация люминесценции.

В зависимости от характера элементарных процессов, приводящих к люминесцентному излучению, различают:

Спонтанная люминесценция – состоит в том, что под воздействием источника люминесценции вначале происходит возбуждение атомов (молекул или ионов) на промежуточные возбужденные энергетические уровни – далее с этих уровней происходят излучательные, а чаще безызлучательные переходы на уровни, с которых излучается люминесцентное свечение. Такой вид люминесценции наблюдается у сложных молекул в парах и растворах, у примесных центров в твердых телах;

Принудительная (метастабильная) люминесценция характеризуется тем, что под влиянием источника люминесценции происходит переход на метастабильный уровень, а затем происходит переход к уровню люминесцентного излучения. Примером может служить фосфоресценция органических веществ.

Рекомбинационная люминесценция возникает в результате воссоединения частиц, которые выделяются при поглощении энергии возбуждения. В газах может произойти рекомбинация радикалов или ионов, в результате чего молекула появляется в возбужденном состоянии. Последующий переход в основное состояние может сопровождаться люминесценцией. В твердых кристаллических телах рекомбинационная люминесценция возникает в результате появления неравновесных носителей заряда (электронов или дырок) под действием любого источника энергии. Рекомбинационная люминесценция наблюдается в кристаллических люминофорах и типичных полупроводниках. Независимо от механизма элементарного процесса, ведущего к люминесценции, излучение в конечном случае происходит во время спонтанного перехода из одного состояния энергии в другое.

Резонансная флуоресценция наблюдается в парах атомов и состоит из спонтанного излучения с тем же энергетическим уровнем, что и излучающий атом, когда энергия поглощается из источника люминесценции. При возбуждении резонансной флуоресценции со светом происходит резонансное

излучение, которое переходит в резонансное рассеяние с увеличением плотности пара.

Флуоресценция вызвана переходами атомов, молекул или ионов из возбужденного состояния в нормальное состояние и прекращается сразу же после окончания действия возбудителя люминесценции.

Фосфоресценция. Когда вещества вводят в очень вязкие среды (желатин, сахарные конфеты и т. д.), а когда растворы замораживаются, происходит продолжительное свечение, длительные доли секунды и даже целые секунды. Такое свечение называется медленной флуоресценцией или фосфоресценцией. Фосфоресценция обусловлена наличием метастабильных возбужденных состояний атомов и молекул, переход от которых к нормальному состоянию затруднен по той или иной причине. Переход из метастабильного состояния в нормальное состояние возможен только в результате дополнительного возбуждения, например, теплового.

По типу возбуждения различают:

Ионолюминесценция - это свечение, когда ультразвуковые волны проходят через растворы некоторых веществ.

Катодлюминесценция – требуется контакт пламени с люминофором, и он не должен сильно нагреваться.

Катодлюминесценция представляет собой люминесценцию, которая возникает, когда электронный пучок возбуждается люминофором; один из видов радиолюминесценции. Исходным названием электронного пучка является катодное излучение, отсюда и термин «катодлюминесценция». Способность к катодлюминесценции обладает газами, молекулярными кристаллами, органическими люминофорами, кристаллическими люминофорами, но только кристаллические люминофоры устойчивы к действию электронного пучка и дают достаточную яркость люминесценции. Они используются в качестве катодлюминофоров.

Радиотермолюминесцентное. Оказалось, что если сильно охлажденный образец вещества, предварительно облученного гамма-лучами,

альфа-частицами или электронами, постепенно нагревается, то он начинает интенсивно светиться. Практически все вещества могут таким образом «накапливать» свет в себе и удерживать его в течение длительного времени. И только при нагревании свет, кажется, «оттаивает», - начинается рекомбинация «замороженных» электронов, сопровождаемая световым излучением. Цвет свечения постепенно изменяется, и его интенсивность также изменяется. В этом случае пики интенсивности соответствуют температурам структурных переходов, что особенно заметно в разных полимерах.

Фотолюминесценция - это люминесценция, возбуждаемая светом. Простейшим случаем фотолюминесценции является резонансное излучение атомных паров, когда излучается электромагнитное излучение той же частоты, что и возбуждающее излучение. В фотолюминесценции молекул и других сложных систем, согласно правилу Стокса, излучение фотолюминесценции имеет более низкую частоту, чем возбуждающий свет. Это правило часто нарушается, а вместе со стоксом наблюдается антистоксовая часть спектра - излучение с частотой, большей частоты возбуждающего света. В более сложных молекулах, после поглощения света, энергия перераспределяется между молекулами, в результате чего спектр излучения не зависит от частоты возбуждения.

Рентгеновская люминесценция. Специфика возбуждения рентгеновскими лучами, по сравнению с фотовозбуждением, заключается в том, что на люминофор действуют фотоны со значительно более высокими энергиями. В этом случае люминесцентное излучение вызвано не прямым воздействием самих рентгеновских лучей, а действием электронов, извлеченных из фосфорного основания рентгеновскими лучами. В результате рентгеновская люминесценция имеет много общих черт с катодолюминесценцией.

Хемилюминесценция возникает под действием химических превращений. Хемилюминесценция испускает продукты реакции или другие компоненты, которые возбуждаются в результате переноса энергии к ним из продуктов

реакции. Частным случаем хемилюминесценции является биолюминесценция. Хемилюминесценция сопровождает газофазные, жидкофазные гетерогенные реакции, ее спектр может находиться в ИК-области, видимой или УФ-области

Биолюминесценция - видимая люминесценция организмов, связанных с процессами их жизнедеятельности; является результатом биохимической реакции, в которой химическая энергия возбуждает определенную молекулу и излучает свет. Некоторые физические и химические характеристики являются общими для всех биолюминесцентных реакций. Испускаемый свет не зависит от света или другой энергии, непосредственно поглощенной телом. Он также не связан с тепловым возбуждением при высокой температуре. Существует несколько десятков видов бактерий, нижних растений некоторых беспозвоночных и рыбы. Биолюминесценция более распространена среди жителей морей и океанов.

Триболлюминесценция - это свечение в трении определенных веществ.

Кристаллолюминесценция - это люминесценция, возникающая при механическом сжатии кристаллов.

1.5 Люминесценция высших растений

В растениях под действием света происходит множество фотобиологических процессов, в результате которых оно получает информацию об окружающей среде (например, фототаксис, фототропизм), запасает энергию (фотосинтез) или биосинтезирует новые вещества. Перечисленные реакции относятся к 19 реакциям, протекающим с поглощением кванта света. Существуют также реакции с испусканием света (био и хемилюминесценция). Последние могут быть использованы для получения информации о состоянии растения. Для анализа состояния растения, однако, наибольший интерес представляет флуоресценция хлорофилла.

Флуоресценция зеленых растений была открыта сто лет назад Стоксом. На данный момент исследованию флуоресценции уделено значительное количество работ.

Установлено, что флуоресценцией в листьях является хлорофилл. Наиболее интенсивная флуоресценция листьев обусловлена хлорофиллом а и имеет максимум приблизительно 682нм, а более слабая ,хлорофилл б и составляет примерно 656нм, также более слабые полосы от хлорофилла а с максимумом при 740нм и 812 нм[1].

Интенсивность флуоресцентного свечения листьев приблизительно составляет 0,1% от количества поглощенного света. Основной мотивации в изучении флуоресценции стало убеждение, что возможно использование световой энергии растениями при фотосинтезе.

В настоящее время принято считать, что независимо от длины волны поглощаемого света возбужденная молекула хлорофилла практически мгновенно переходят на более низкий энергетический уровень. Из данного состояния возможны различные способы превращения энергии возбуждения. Возможен прямой переход на основной уровень (испускание красного света флуоресценции)[3]. Однако переход в результате процесса внутренней конверсии на метастабильный уровень, лежащий ниже «красного» уровня. Именно с этого метастабильного уровня происходит передача энергии возбуждения хлорофилла фотосинтетическому акцептору.

Теоретически можно сказать, что в результате колебания тепловой энергии часть молекул хлорофилла, находящихся в метастабильном состоянии, перейдет обратно на «красный уровень» с последующим излучением кванта света. Однако экспериментально такая замедленная флуоресценция не наблюдалась.

Недавно был открыт новый вид послесвечения, обладающий рядом свойств. Было обнаружено, что если применить достаточно чувствительный детектор света, то после предварительного облучения листьев растений светом, поглощаемым хлорофиллом (т.е. светом, лежащим практически в

видимой области спектра), можно обнаружить слабое, но длительное свечение листьев. В качестве детектора света применялся фотоумножитель в сочетании с усилителем. Охлаждая умножитель до температуры жидкого азота, удалось наблюдать послесвечение в течение нескольких минут. Спустя 0,1 секунду по прекращении облучения интенсивность люминесценции оказалась в тысячи раз меньше интенсивности обычной флуоресценции. В результате исследования удалось установить основные свойства данного вида люминесценции[3].

Следующие характеристики сопоставляют ее с обычной флуоресценцией:

1. По спектральному составу оба типа люминесценции подобны.
2. Спектры возбуждения совпадают между собой и подобны спектру действия фотосинтеза, а также и спектру поглощения хлорофилла.
3. Зависимость интенсивности свечения от концентрации углекислого газа одинакова для обоих типов люминесценции.

По другим свойствам люминесценция существенно отличается от флуоресценции и связано с фотосинтезом:

1. Скорость затухания отличается в 10^8 - 10^9 раз.
2. УФ лучи достаточной интенсивности уничтожают способность листа испускать длительное свечение.
3. Низкая температура (4-6°C) снижает интенсивность люминесценции и одновременно тормозит фотосинтез.

Новое послесвечение удалось также обнаружить и у изолированных хлоропластов. Такие характеристики как, температурная зависимость, влияние химических агентов, скорость затухания и световое насыщение, оказалось сходными со свойствами, наблюдаемыми у листьев.

1.6 Влияние внешних факторов на спектры люминесценции растений

На величину интенсивности флуоресценции (ω) оказывают влияние следующие факторы: минеральное питание, концентрация углекислого газа, длительность светового дня, освещенность, влажность воздуха, влажность почвы. Величина интенсивности флуоресценции и скорость прироста биомассы (относительная), определяются с помощью одних и тех же факторов. Изменения данных факторов всегда однонаправлены, оптимальным условиям роста и развития растения соответствует \max значения параметра интенсивности флуоресценции. Зависимость данного параметра от всех известных параметров имеет колоколообразный вид. Максимальные значения этой зависимости наиболее ярко выражены, когда значения других параметров среды близко к оптимальным значениям данного растения.

Далее рассмотрены основные факторы, влияющие на форму спектров флуоресценции:

Видоспецифичность спектров флуоресценции. Форма длинноволнового пика флуоресценции, также как и максимальное значение интенсивности флуоресценции имеют индивидуальные значения для каждого вида растений, однако минимальные значения интенсивности флуоресценции практически не зависят от вида растения и находятся в интервале 0,18 – 0,25

Влияние гетерогенности органов и тканей. Значения интенсивности флуоресценции отличаются в зависимости от расположения листьев растения и от различных участков одного листа.

Зависимость величины ω от возраста листа и вегетационного периода. Данная зависимость обусловлена различиями параметров интенсивности флуоресценции листьев в зависимости от расположения их. С возрастом возможно изменение хлорофилла и светорассеивающих свойств тканей.

Суточная динамика параметра ω . Данный параметр является одним из важнейших, который учитывается при анализе измерений, связан он с колебаниями параметра интенсивности флуоресценции.

Влияние оптической плотности и светорассеивающих свойств образца. Спектры флуоресценции интактного листа имеют большие значения F740 и F685, в сравнении со спектрами частиц тканей листа разных размеров, отличия в дальней области спектров (красной) намного выше, чем в коротковолновой области. Исходя из этого значительное влияние реабсорбция излучение в интактном листе оказывает на форму спектра флуоресценции.

Зависимость параметра ω от концентрации хлорофилла. В литературных источниках и научных работах в данной области, говорится о связи между параметром интенсивности флуоресценции и концентрации хлорофилла а и b. Спектр флуоресценции связан с излучением хлорофилла типа а. Хлорофилл типа b флуоресцирует в красной области, а в листе энергия возбуждения передается хлорофиллу а. Ниже показано, что в области низких концентраций хлорофилла, флуоресценция на длинах волн 685 и 740 нм возрастает при увеличении хлорофилла а. При увеличении концентрации хлорофилла, флуоресценция в области длинных волн меняется не существенно, однако в коротковолновой области флуоресценция возрастает существенно, после этого уменьшается из-за реабсорбции красной флуоресценции в полосе поглощения хлорофилла. Реабсорбция возникает из-за перекрытия коротковолновой области спектра флуоресценции хлорофилла длинноволновой области спектра поглощения.

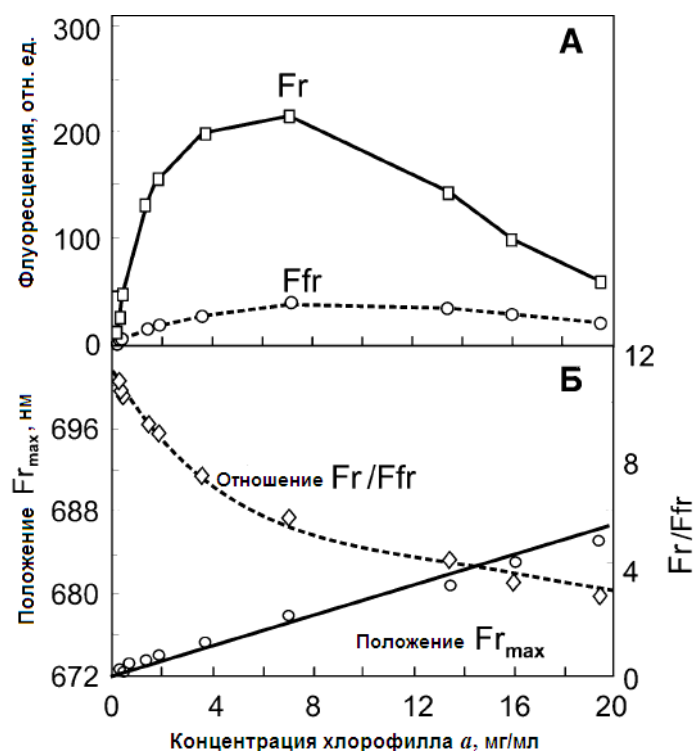


Рисунок 5 - Зависимость интенсивности флуоресценции от концентрации хлорофилла *a* в области 685(Fr) и 740(Ffr) нм; (Б) Зависимость отношения Fr/Ffr и положения максимума красной флуоресценции F_{\max} от концентрации хлорофилла [3]

Так, как максимум красной флуоресценции хлорофилла 690 нм зависит от реабсорбции тем сильнее, чем длинноволновый максимум в области 730 – 740 нм, отношение Fr/Ffr, уменьшается с увеличением концентрации хлорофилла, что приводит к смещению положения максимума красной флуоресценции в область длинных волн рисунок 5 (б).

Наибольшая корреляция параметра интенсивности флуоресценции зависит от отношения концентрация хлорофиллов *a* и *b* [2].

Зависимость величины ω от длительности освещения листа. На кинетику флуоресценции F685 и F740 влияет интенсивность возбуждающего света. Время значений флуоресценции зависит от вида растений, а также от физиологического состояния растения. Стационарное время лежит в

диапазоне от 3 до 10 мин. Освещение листа приводит к увеличению компонента длинноволновой флуоресценции[2].

Влияние интенсивности возбуждающего света. Для возбуждения флуоресценции света используется свет с различной интенсивностью. Применение света различной интенсивности приводит к получению различных значений ω [2].

Влияние скорости развертки спектра. При измерении спектра на таком приборе, как спектрофлуориметр регистрация интенсивностей флуоресценции на длинах волн 685 и 740 нм происходят в течении небольшого промежутка времени, время между регистрациями интенсивностей в максимумах определяется скоростью развертки спектра на монохроматоре, что приводит к весомым искажениям величины параметра интенсивности флуоресценции. Освещение объекта, которое адаптировано к темноте, приводит к увеличению компонента длинноволновой флуоресценции. Изменение формы спектра флуоресценции листа, наблюдается в промежутке времени от 3 до 10 минут.

2 Методика исследований

2.1 Выбор модельных растений для исследований

В качестве объектов исследования были выбраны такие растения как фиолетовый базилик и зеленый базилик. Данный вид растений был выбран исходя из: разновидности окраски, соответственно разные коэффициенты отражения и поглощения, размера листовой пластины.

Базилик – это однолетнее травянистое растение семейства яснотковых. Четырехгранные стебли базилика достигают высоты от 30 до 60 см. Дикие виды вырастают высотой 70 см. Листья базилика имеют зеленый или фиолетово-бордовый цвет и продолговато-яйцевидную форму. На конце стеблей есть соцветия, которые состоят из нескольких цветков. Цветок базилика может иметь разный оттенок: от белого и розового до бело-фиолетового. Как известно, базилик имеет тропическое происхождение, поэтому многие сорта и разновидности не приживаются в открытом грунте. Они могут вымерзнуть, засыхать при неблагоприятных погодных условиях или очень медленно развиваться при недостатке солнечного света. Данные проблемы в большей мере удалось решить благодаря усилиям отечественных селекционных станций, которые акклиматизировали однолетний вид растения. Имеется возможность выращивания данного вида растений в теплице, на подоконнике на балконе, а также при искусственном освещении.



Рисунок 6 - Фиолетовый и зеленый базилик

2.2 Описание исследовательской установки

Для проведения экспериментов была разработана ИУ, которая представляет собой климатическую камеру с возможностью управления и контроля параметров облучения (спектральный состав и интенсивность). ИУ управляется через промышленный интерфейс RS-232 разработанным программным обеспечением, установленным на компьютере.

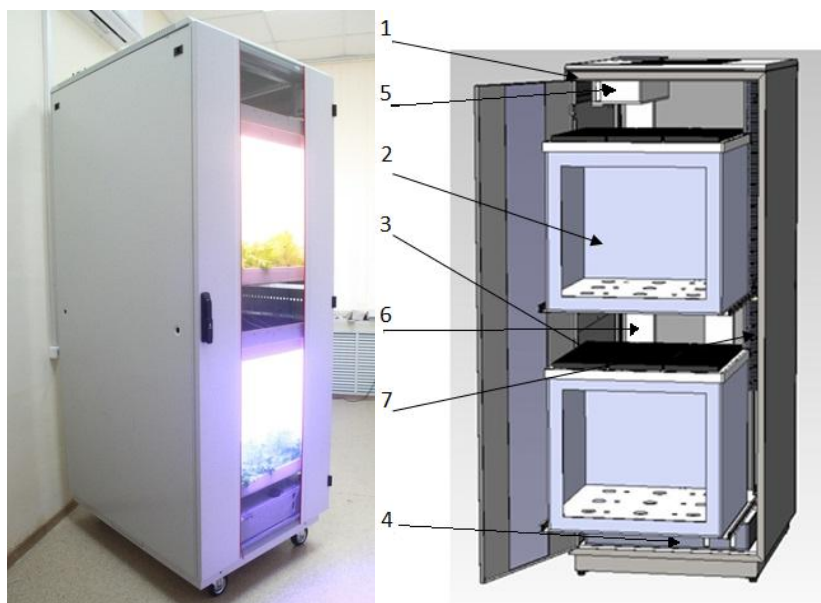


Рисунок 7 - Исследовательская установка. 1 – корпус ИУ, 2 – ячейки фитотронов, 3 светильники с независимой регулировкой режима облучения растений, 4,5 – система полива (нижний и верхний баки); 6 – система микроклимата (влажность, температура), 7 - электронная система питания и управления.

Описание элементов ИУ:

1) Шкаф - шкаф (Рисунок 7, поз. 1) представляет собой шкаф телекоммуникационный серии ШТК-М (ИДФУ.301445.229ПС) адаптированный под требования ИУ.

2) Ячейка фитотрона - (Рисунок 7, поз. 2) представляет собой короб, изготовленный из вспененного ПВХ толщиной 8 мм, обеспечивающего как высокий коэффициент отражения излучения, так и низкий коэффициент теплопередачи. В ячейке фитотрона имеются 9 гнезд

для размещения растений. Фитотрон снабжен проточной системой полива; по технологии «Гидропоника», которая регулируется системой орошения.

3) Светильник - (Рисунок 7, поз. 3) представляет собой пластину с расположенными на ней печатными платами с одной стороны (Рисунок 9) и радиаторами охлаждения с другой. В каждом из светильников установлены 20 печатных плат, на каждой из которых располагается девять светодиодов трех цветов (синий Cree XTEARY, красный Cree XPERHR, белый Cree XTEAWT). Светильник питается постоянным напряжением 48 В. Ток светодиодов каждого цвета, может варьироваться в пределах 0–700 мА. Квантовый поток светодиодов красного цвета может варьироваться от 0 до 264 мкмоль/с, для белых светодиодов от 0 до 201 мкмоль/с, для синих от 0 до 263 мкмоль/с.

4) Нижний бак - представляет собой резервуар, емкостью 30 л, предназначенный для хранения питательного раствора. Из нижнего бака с помощью насоса раствор периодически закачивается в верхний бак, из которого раствор самотеком поступает в ячейки - фитотроны.

5) Система микроклимата - обеспечивает необходимые параметры температуры и влажности внутри ячеек-фитотронов.

6) Система питания и управления - обеспечивает питание и связь с компьютером.

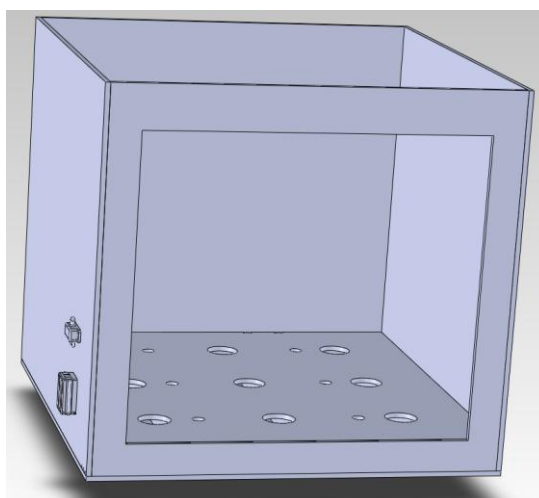


Рисунок 8 - Исследовательская установка.

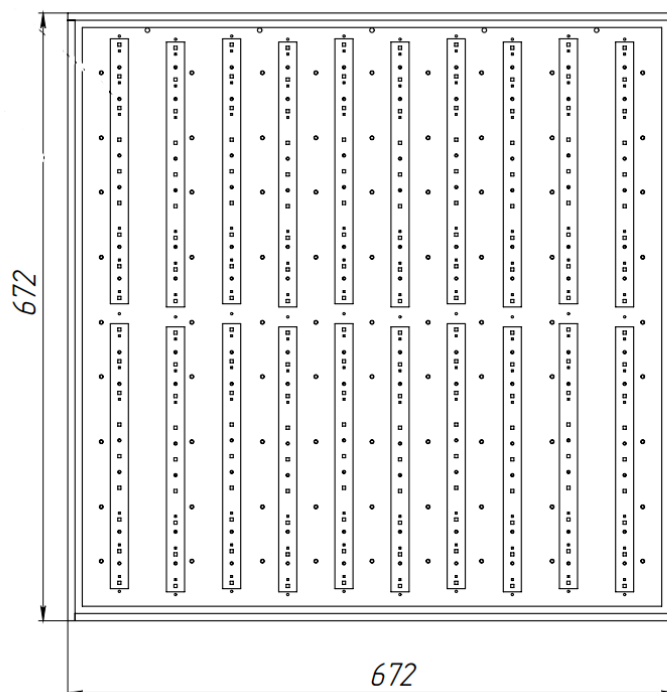


Рисунок 9 - Светильник.

На рисунке 10 представлена фотография действующего макета ячейки фитотрона, с установленным светильником, и драйверами питания светодиодов



Рисунок 10 - Фотография действующего макета ячейки фитотрона со светильником.

2.3 Описание методов и подходов проведения экспериментов

В настоящее время с люминесцентным методом изучаются процессы, происходящие в фотосинтетическом аппарате растений, в том числе механизмы, вызывающие стрессовые состояния. Флуоресценция широко используется как показатель фотосинтетического преобразования энергии у высших растений, водорослей, бактерий[3]. Показано, что закономерности кинетики люминесценции хлорофилла в листьях растений связаны с наличием сложной электронной транспортной цепи, которая обеспечивает гибкую адаптацию к изменяющимся условиям освещенности. Регуляторные реакции работают по принципу обратной связи. Отрицательная обратная связь проявляется в регуляторных реакциях световых стадий фотосинтеза (распределение световой энергии между двумя фотосистемами, нефотохимическое тушение возбужденных состояний и др.). Кинетика люминесценции в зависимости от длительности и интенсивности падающего излучения носит сложный характер, который определяется сложными процессами транспорта электронных возбуждений (электронов) в фотосинтетическом аппарате растения.

Разработка схемы измерения спектрально-кинетических характеристик люминесценции листьев

В первую очередь рассмотрим, каким требованиям должна удовлетворять исследовательская установка для измерения спектров и кинетики люминесценции:

1. Стенд должен позволять измерять спектры люминесценции в спектральном диапазоне 600-900 нм, т. к. максимумы люминесценции хлорофилла расположены в этом диапазоне. За его пределами свечение не наблюдается.

2. Стенд должен позволять измерять кинетику люминесценции с временным разрешением $\ll 5$ мкс, для обеспечения разрешения во времени возбуждающего импульса предельной длительности.

3. Стенд должен иметь набор импульсных и стационарных источников возбуждения в диапазоне длин волн 300-500 нм, т. к. в этом диапазоне лежат максимумы поглощения хлорофилла.

Измерение спектров люминесценции растений.

Особенностями измерения люминесценции от куста является неоднородность потока излучения от растения, и большая, чем в случае с листом облучаемая площадь, так как в этом случае мы измеряем интегральный поток от всех листьев куста. **Излучатели для возбуждения люминесценции:**

Светодиодные источники синего цвета, а именно с длиной волны 450 нм. Однако, светодиодов с максимумом излучения на этой длине волны не найдено и логично выбрать источник с близкой длиной волны. Также, из-за потерь интенсивности света в волокне, принято решение об использовании сверхъярких светодиодов.

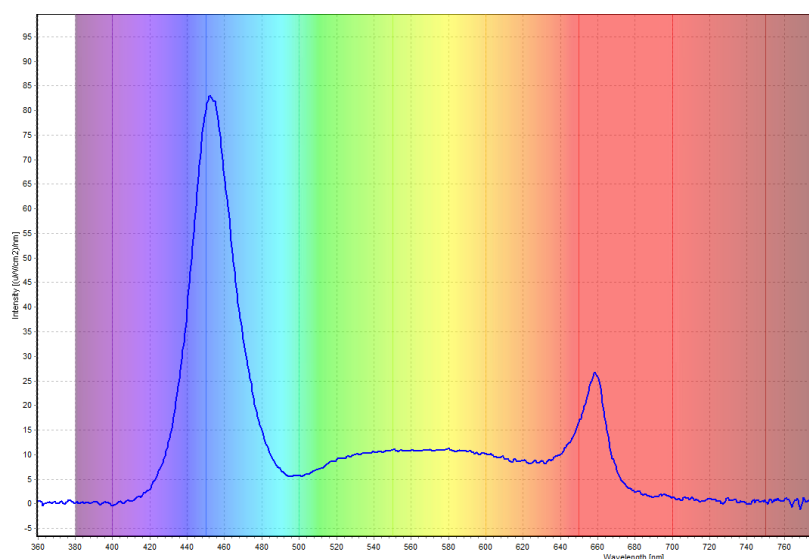


Рисунок 11 - Ток красных СД – 100 мА, ток синего и белого СД – 700 мА

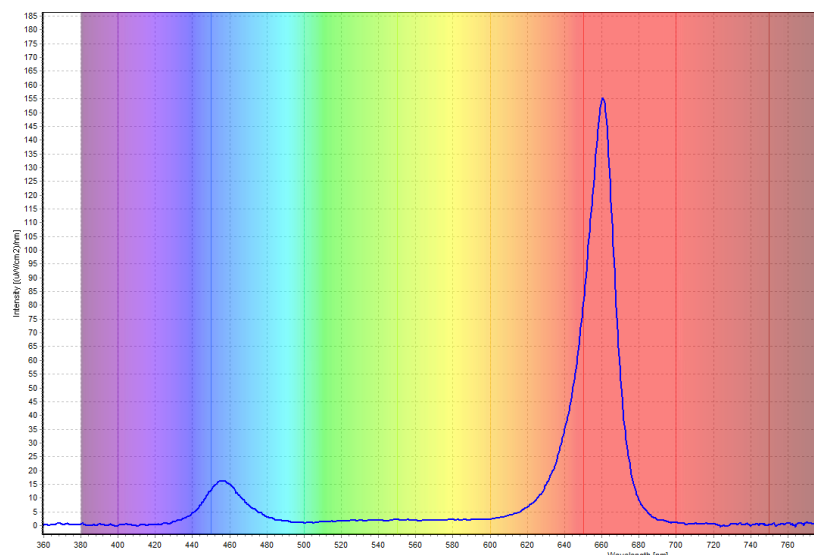


Рисунок 12 - Ток красных СД – 700 мА, ток синего и белого СД – 100 мА.

Кроме того, для измерения некоторых параметров, в качестве источника возбуждения могут выступать облучатель, уже установленные в фитотроне.

Также стоит отметить, что для измерения с куста необходимо выбрать спектрометр с более широкой входной щелью, чем для измерений с куста.

Схема измерения:

Такая схема будет состоять из двух частей — облучателя и приемной части.

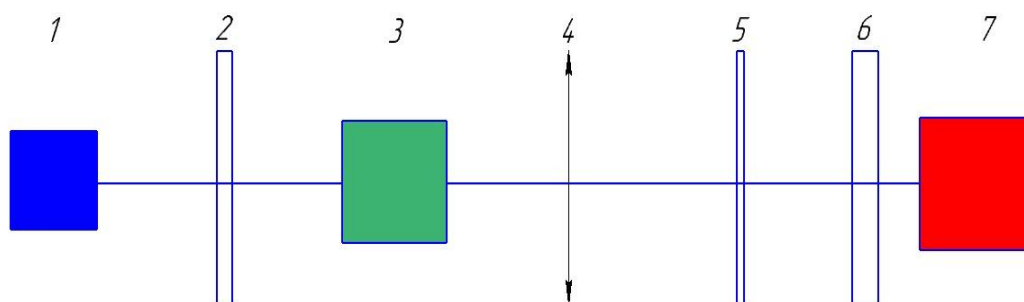


Рисунок 13 - Схема приемной оптической системы установки для измерения спектрально-кинетических характеристик люминесценции
источник (1) – затвор (2) – объект исследования (3) – линза (4) – фильтр (5) – мдр 204 (6) – приемник (7)

Анализ режимов измерения спектрально-кинетических характеристик люминесценции растений

В настоящий момент посредством люминесцентных методов исследуются процессы, происходящие в ФСА растений, в том числе и факторы, вызывающие стрессовые состояния растений. Флуоресценцию широко используют как преобразование энергии у высших растений. Закономерности кинетики хлорофилла связаны с присутствием ряда сложностей электронной транспортной цепи, которые обеспечивают адаптацию к изменению освещения[2]. Регуляторные реакции работают по принципу обратной связи. Отрицательная обратная связь заметна в световой стадии фотосинтеза (распределение энергии между двумя фотосистемами, нефотохимическое затухание возбужденных состояний).

Кинетика люминесценции в зависимости от интенсивности и длительности падающего излучения определяется сложными процессами транспортировки электронов в ФСА растений.

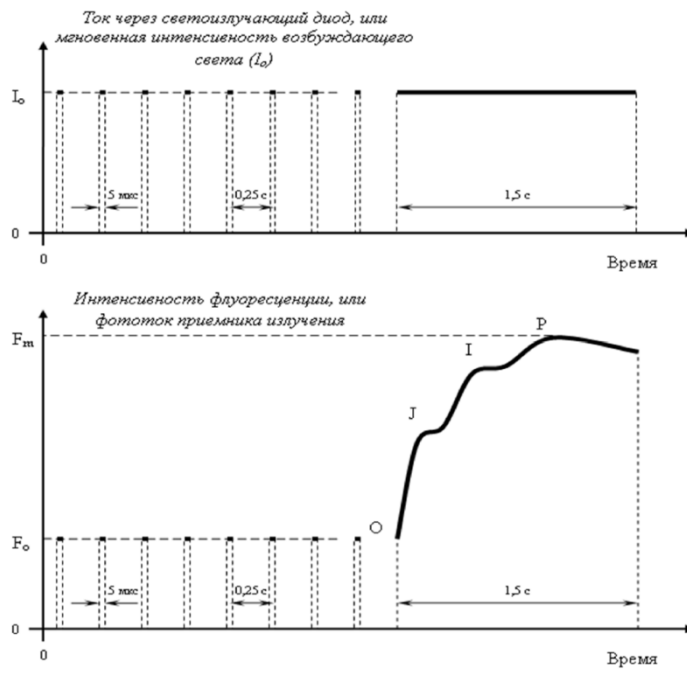


Рисунок 14 - Кинетика флуоресценции хлорофилла при возбуждении люминесценции актиничным (верхний график) светом и не актиничным (нижний график)

По результатам измерений с постоянной подсветкой и без нее определяют параметры флуоресценции:

По результатам измерений с постоянной подсветкой и без нее определяют

параметры флуоресценции:

- F_0 - значение интенсивности флуоресценции хлорофилла в ответ на импульсы

возбуждающего света длительностью 1-5 мкс, не приводящие к закрытию реакционных центров (РЦ), то есть не приводящим к изменению состояния фотосинтетического аппарата, в отсутствие постоянной фоновой подсветки и после адаптации объекта в темноте (все реакционные центры открыты). Абсолютное значение F_0 есть показатель общей массы растительности.

- F_m - значение максимального уровня интенсивности флуоресценции хлорофилла после адаптации объекта в темноте в ответ на мощный импульс возбуждающего света длительностью 200-1000 мс, приводящим к полному закрытию РЦ и достижению стационарного уровня люминесценции.

- F_t - значение интенсивности флуоресценции хлорофилла при длительной постоянной фоновой подсветке в ответ на импульсы длительностью 1-5 мкс,

- F'_m - значение максимального уровня интенсивности флуоресценции хлорофилла в

ответ на импульс возбуждающего света длительностью 200-1000 мс, приводящим к полному закрытию РЦ фотосинтетического аппарата, при постоянной фоновой подсветке.

- F'_0 Минимальная флуоресценция (в относительных единицах) в условиях адаптации к свету. Уровень флуоресценции облучаемого образца, который снижен по сравнению с F_0 из-за наличия нефотохимического тушения.

Как правило, результаты исследований интерпретируют при анализе кинетических кривых на основе измеренных значений фоновой флуоресценция (F_0), максимальной флуоресценция (F_m и F'_m) и стационарной флуоресценция (F_t). На основе этих параметров вычисляют различные коэффициенты, характеризующие состояния растений:

$F_v/F_m=(F_m-F_0)/F_m$ - максимальный квантовый выход разделения зарядов в ФС2 - отношение. $qP=(F'_m-F_t)/(F'_m-F_0)$ – характеризует фотохимическое тушение на фоновом свету;

$NPQ=(F_m/F'_m) - 1$ - характеризует нефотохимическое тушение;

$Y=(F'_m-F_t)/F'_m$ - характеризует квантовый выход фотохимического превращения поглощенной световой энергии, отражающей параметры нециклического транспорта электронов при фотосинтезе.

Скорость переноса электронов от Q_a к Q_b , относительный размер светособирающего антенного комплекса и относительная величина пула хинонов

можно вычислить по кинетике роста интенсивности флуоресценции хлорофилла от F_0 к F_m

Таким образом, для анализа процессов фотосинтеза, в том числе определения скорости фотосинтеза, требуется научиться определять F_0 , F_m , F_t , F'_m , F'_0 . Особенность заключается в том, что измерения необходимо проводить в условиях выращивания растений в фитотронах, не нарушая саму технологию выращивания.

Методика измерения параметров кинетики люминесценции хлорофилла

Для разработки методики измерений, необходимо разобраться, как правильно измерять параметры кинетики люминесценции хлорофилла. Известно, что при открытом состоянии РЦ эффективность использования энергии возбуждения хлорофилла в фотосинтезе высока, вероятность потери энергии минимальна, квантовый выход флуоресценции $\eta=kfkf+kd+kp$ минимален и составляет около 2%. При закрытых РЦ фотохимическое

разделение зарядов становится невозможным, квантовый выход флуоресценции возрастает до $k_f k_f + k_d$, что соответствует значению интенсивности F_m , и составляет около 5%. [1]

Разберем методы определения каждого из параметров:

1. Определение F_0 реализуется путем измерения люминесценции растений при возбуждении короткими маломощными импульсами длительностью 1 – 5 мкс в отсутствии фоновой засветки. Схема измерений такая же, как для определения F_t . Однако фоновой засветки нет, то есть облучатели выключены и растение находилось в темноте не менее минуты. Можно это делать ночью, перед рассветом, после выключения светодиодных облучателей.

2. Определение F_t , то есть значение интенсивности флуоресценции хлорофилла при длительной фоновой постоянной подсветке, реализуется путем измерения люминесценции в процессе выращивания. В качестве фоновой засветки выступает уровень облученности от светодиодного облучателя. Возбуждение должно производиться микросекундными импульсами в области спектра 400 – 700 нм. В качестве источника возбуждения можно использовать импульсную ксеноновую лампу или светодиоды, работающие в импульсном режиме.

3. Определение F_m может быть реализовано включением светодиодного облучателя в фитотроне на время 200 – 1000 мс. Необходимые требования к фронтам такого импульса видны из рисунка 14. При исследованиях можно также использовать постоянную ксеноновую лампу импульс в 200 – 1000 мс которой обеспечивается затвором (от фотокамеры). Использование стационарного ксенонового источника света позволяет возбуждать не все растения, а только отдельный лист. Можно использовать также мощный внешний светодиодный источник с длительностью импульса 200 – 1000 мс, который будет удобен для работы в составе системы мониторинга в теплице.

4. Определение F'_m реализуется по схеме использования внешнего источника (ксеноновая лампа или светодиоды) с длительностью импульса 200-1000 мс. В качестве фонового источника можно использовать поток от основного светодиодного облучателя.

Для отработки режимов облучения и оценки возможностей метода импульсно-амплитудной модуляции был использован спектрофлуориметр Cary Eclipse.

Данный спектрофлуориметр обладает двумя сверхбыстрыми сканирующими монохроматорами, построенный на основе импульсной ксеноновой лампы и оптики Шварцшильда[10]. Прибор обеспечивает работу в режимах измерения флуоресценции, фосфоресценции, хеми- и биолюминесценции и дает возможность сбора 80 точек в секунду в режиме флуоресценции, что необходимо для изучения быстрых кинетических процессов. В этом приборе используется метод импульсно-амплитудной модуляции (РАМ). Отсутствие модуляции фонов позволяет эффективно отфильтровывать полезные сигналы в электронном тракте измерительной системы.



Рисунок 15 - Спектрофлуориметр Agilent Cary Eclipse[10]

Технические характеристики спектрофлуориметра CaryEclipse приведены в таблице 1

Таблица 1 - Технические характеристики спектрофлуориметра CaryEclipse[10].

Источник света	пульсирующая Хе лампа
Ширина импульса	2 мкс
Эквивалентная мощность	75 кВт
Оптика	Шварцшильда
Монохроматоры	Черни-Турнера, 0.125 м
Дифракционные решетки	30 x 35 мм, 1200 линий/мм
Детекторы	два ФЭУ R298
Оптический диапазон	Возбуждение:200-900 нм, Эмиссия 200-900 нм
Спектральная ширина щели	1,5; 2,5; 5; 10 и 20 нм
Максимальная скорость сканирования	24000 нм/мин
Скорость сбора кинетических данных	4800 точек/мин
Время усреднения сигнала	Флуоресценция: 0,0125 ÷ 999 с, Фосфоресценция: 1 мкс ÷ 10с , Био/Хемилюминесценция: 40 мкс ÷ 10с

3 Результаты исследования.

3.1 Анализ параметров люминесценции исследуемых образцов.

Методы приема и фильтрации сигнала.

Особенности измерения спектров отражения растений заключаются в том, что эти измерения должны проводиться без выключения облучателей, более того, в условиях изменения интенсивности и спектрального состава падающего излучения. Поэтому основная задача состоит в применении эффективной системы фильтрации полезного сигнала. В нашем случае можно использовать являются следующие способы фильтрации:

- спектральная фильтрация, с помощью фильтров;
- синхронное детектирование;
- импульсно-амплитудная модуляция (РАМ);

Наиболее подходящими являются такие методы фильтрации, как спектральная и импульсно-амплитудная модуляция.

Далее показаны, измеренные на спектрофлуориметре Cary Eclipse, спектры возбуждения люминесценции и спектры люминесценции красного и зеленого базилика. Спектры возбуждения и спектры люминесценции перекрываются в области 650 – 700 нм.

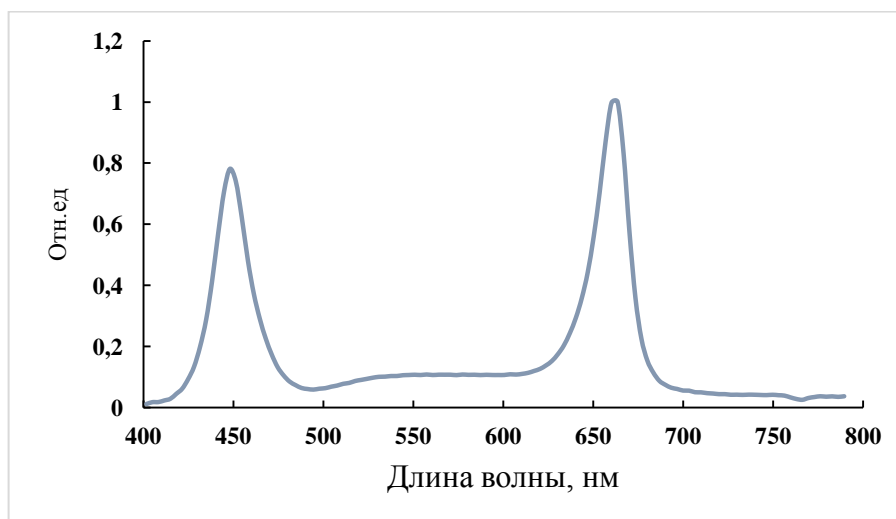


Рисунок 16 – Распределение уровня спектральной плотности облученности на поверхности растения

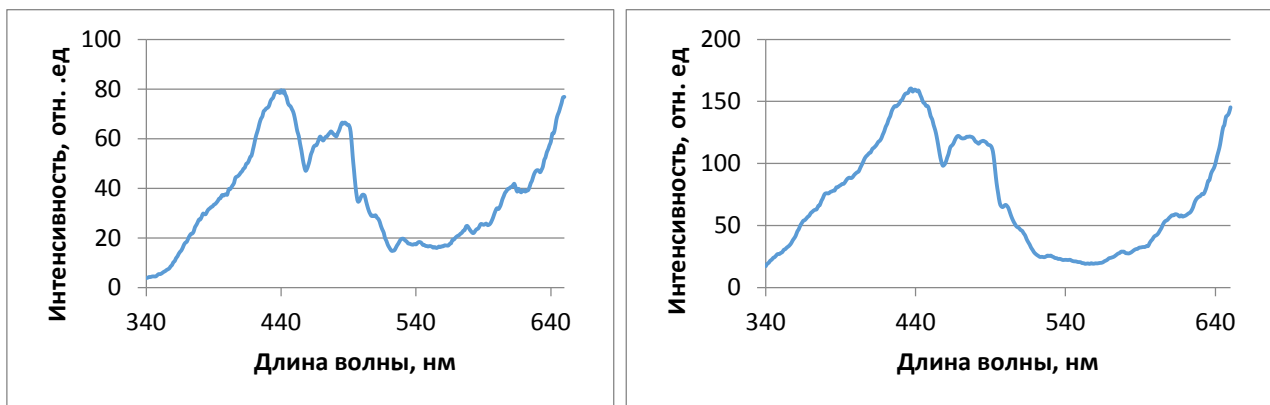


Рисунок 17– Спектр возбуждения люминесценции зеленого (слева) и красного (справа) листа базилика при регистрации излучения на длине волны $\lambda = 683 \text{ нм}$

Зеленый базилик

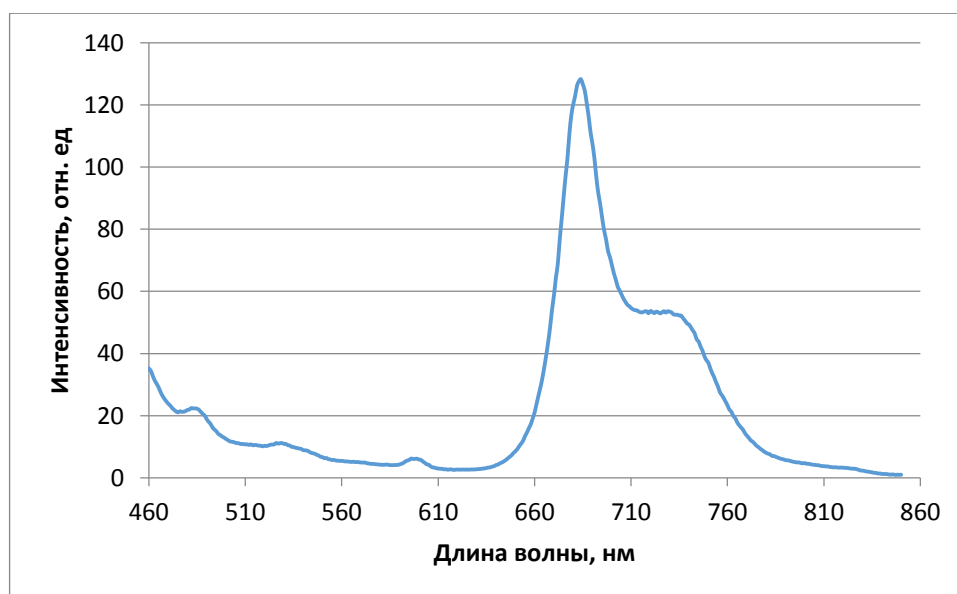


Рисунок 18 – Спектр люминесценции зеленого листа базилика при возбуждении светом с $\lambda = 440 \text{ нм}$ (возбуждение — щель 5 нм, эмиссия — щель 10 нм)

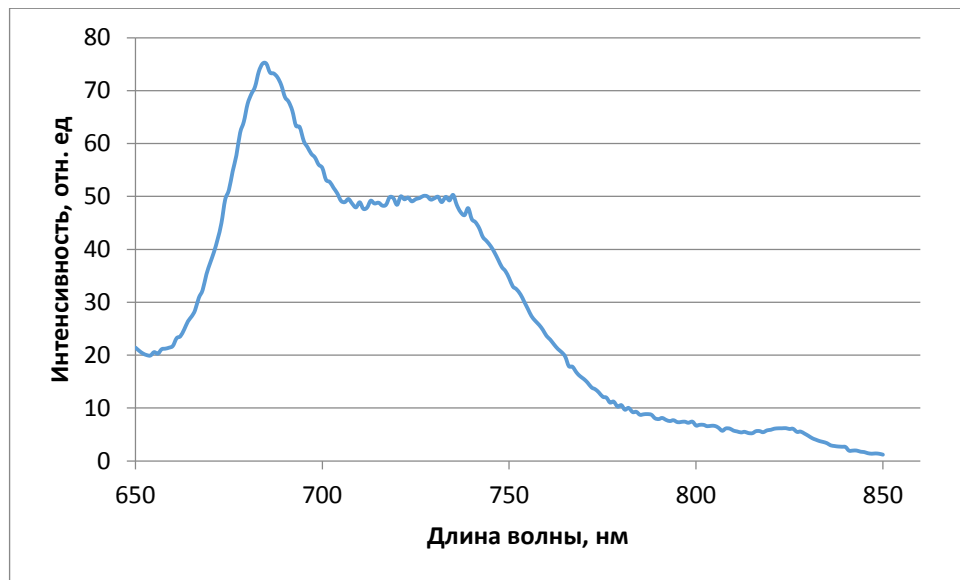


Рисунок 19 – Спектр люминесценции зеленого листа базилика при возбуждении светом с $\lambda = 638\text{нм}$ (возбуждение — щель 5 нм, эмиссия — щель 10 нм)

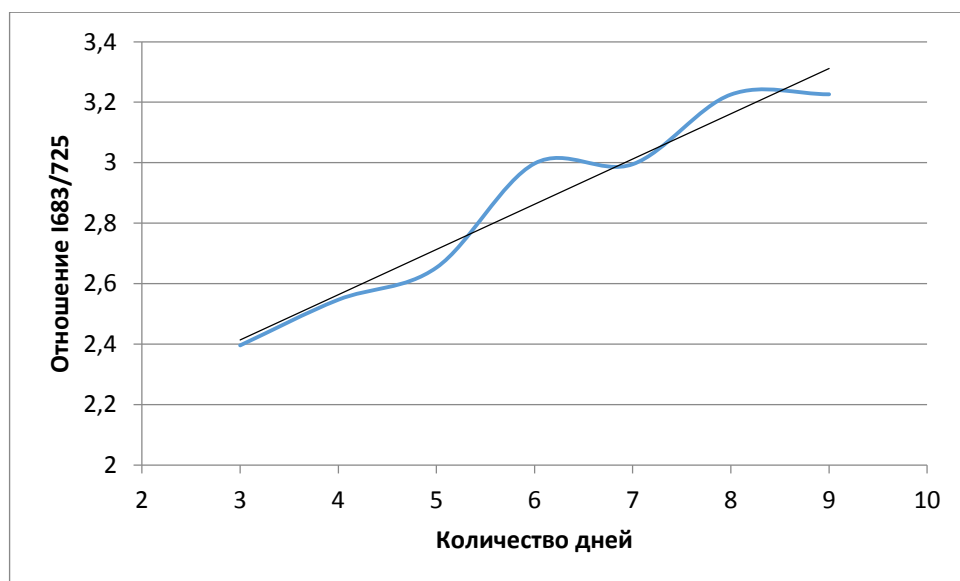


Рисунок 20 – Отношение интенсивности люминесценции на длинах волн 683 и 725 нм к количеству дней вегетации растения.

Красный базилик

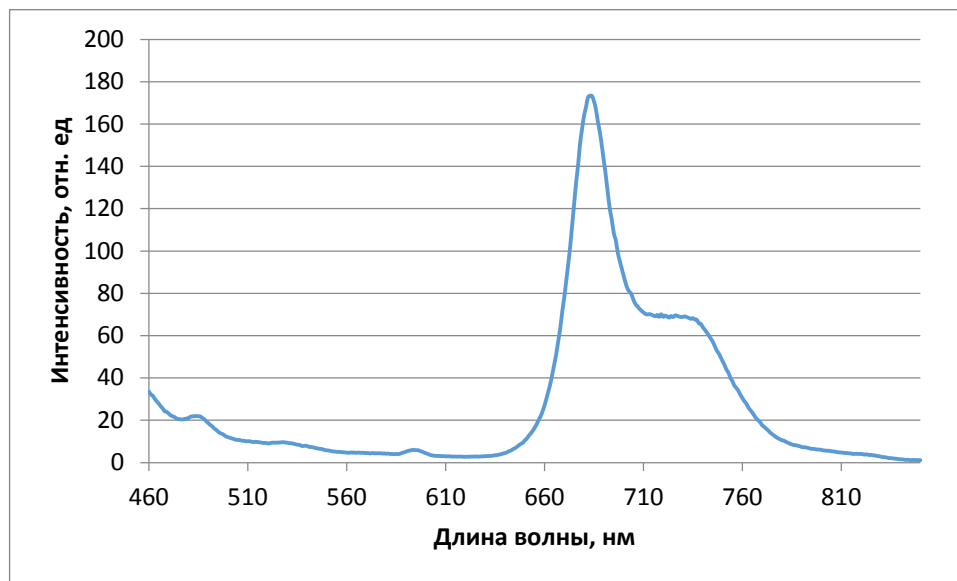


Рисунок 21 – Спектр люминесценции красного листа базилика при возбуждении светом с $\lambda = 440$ нм (возбуждение — щель 5 нм, эмиссия — щель 10 нм)

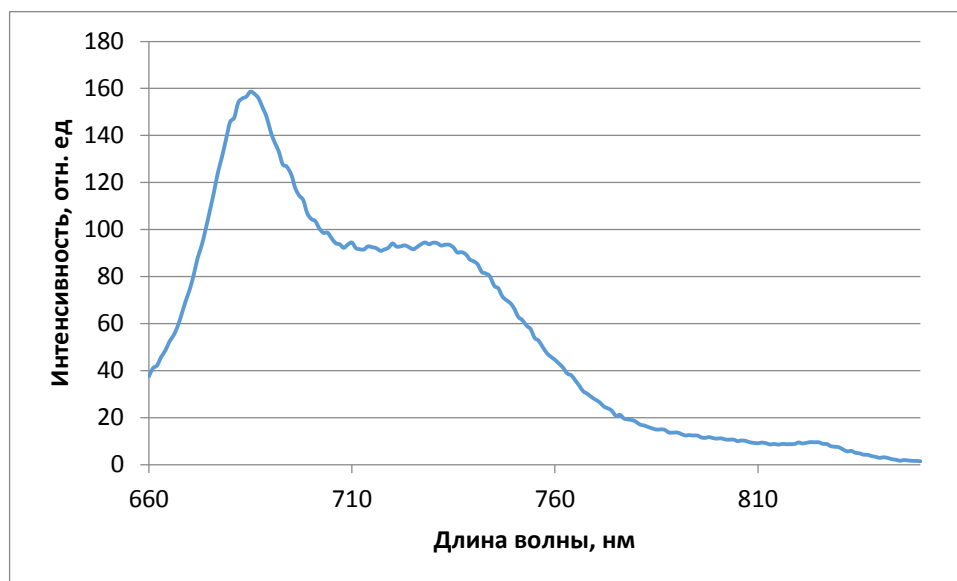


Рисунок 22 – Спектр люминесценции красного листа базилика при возбуждении светом с $\lambda = 660$ нм (возбуждение — щель 5 нм, эмиссия — щель 10 нм)

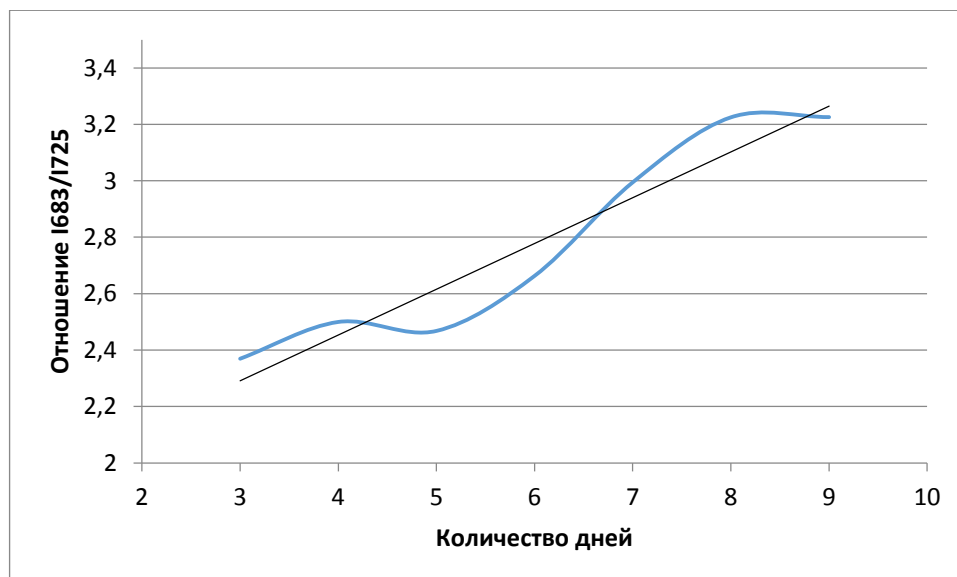


Рисунок 23 – Отношение интенсивности люминесценции на длинах волн 683 и 725 нм к количеству дней вегетации растения.

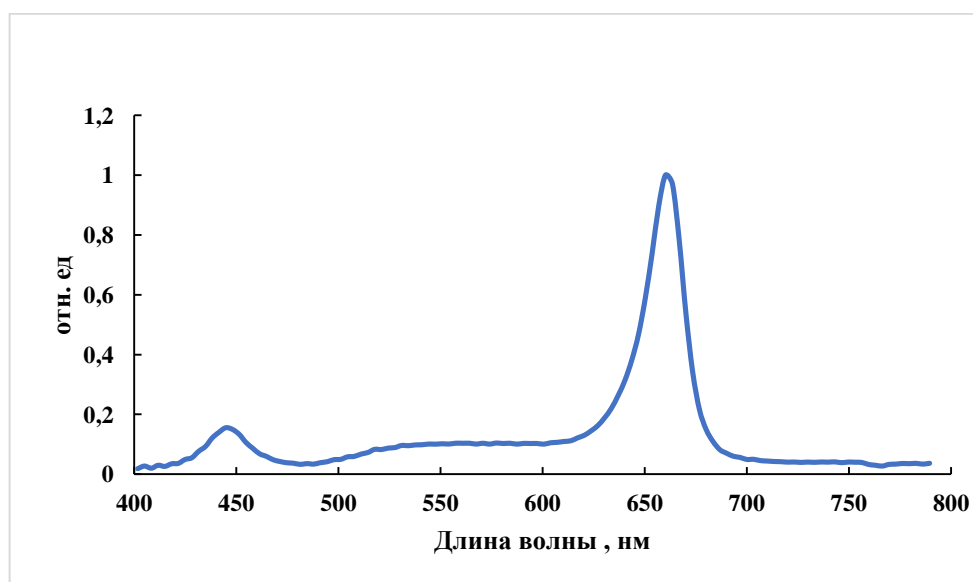


Рисунок 24 – Распределение уровня спектральной плотности облученности на поверхности растения

Зеленый базилик

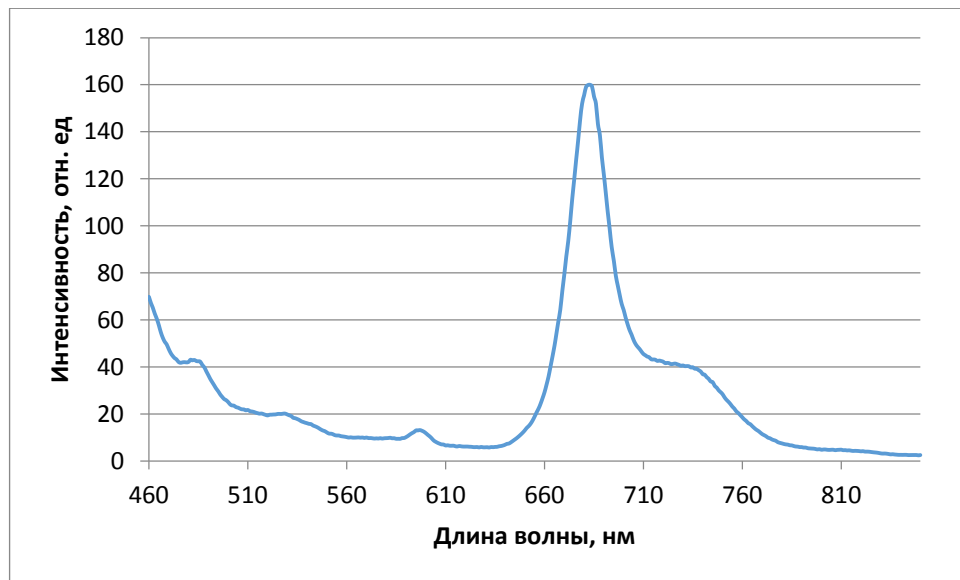


Рисунок 25 – Спектр люминесценции зеленого листа базилика при возбуждении светом с $\lambda = 441$ нм (возбуждение — щель 5 нм, эмиссия — щель 10 нм)

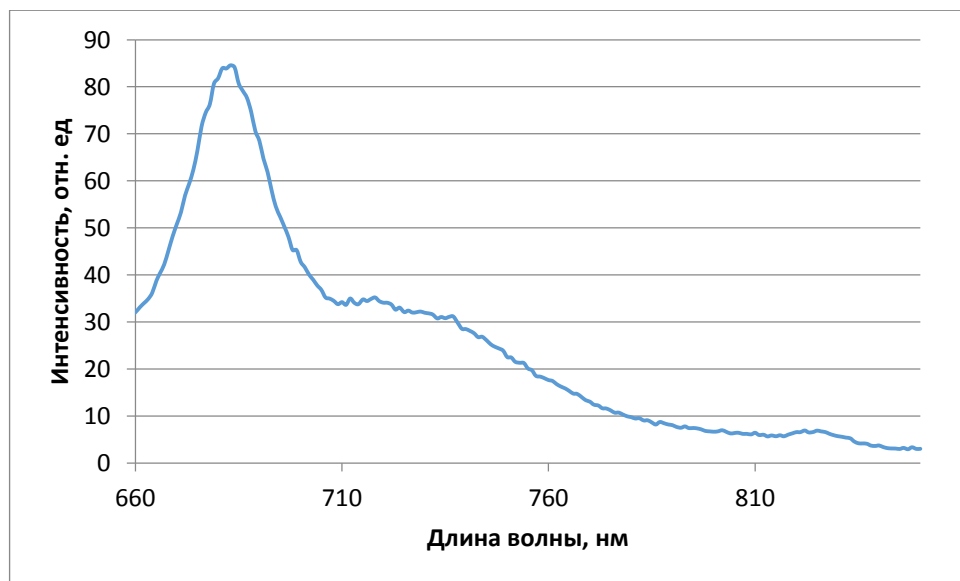


Рисунок 26 – Спектр люминесценции зеленого листа базилика при возбуждении светом с $\lambda = 648$ нм (возбуждение — щель 5 нм, эмиссия — щель 10 нм)

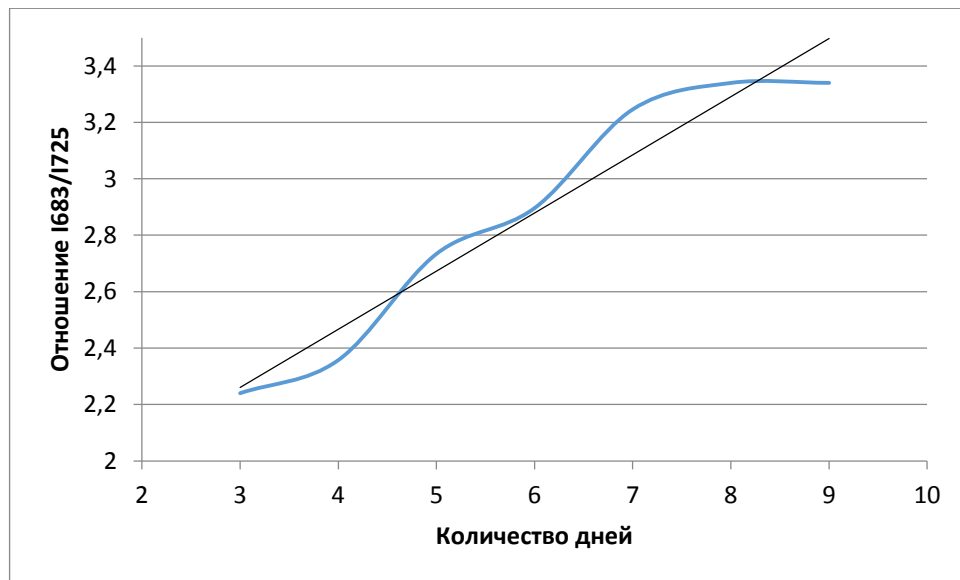


Рисунок 27 – Отношение интенсивности люминесценции на длинах волн 683 и 725 нм к количеству дней вегетации растения.

Красный базилик

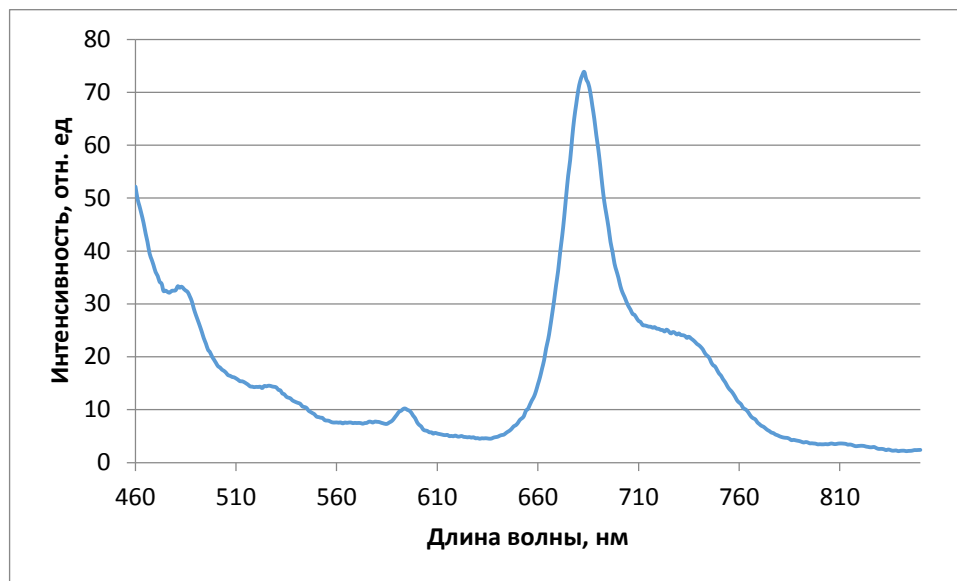


Рисунок 28 – Спектр люминесценции красного листа базилика при возбуждении светом с $\lambda = 440$ нм (возбуждение — щель 5 нм, эмиссия — щель 10 нм)

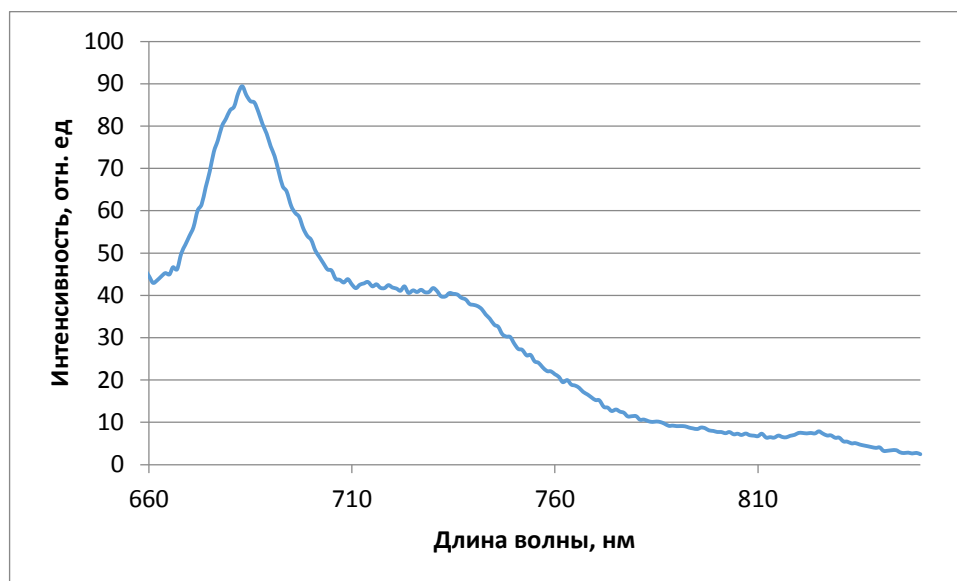


Рисунок 29– Спектр люминесценции красного листа базилика при возбуждении светом с $\lambda = 650$ нм (возбуждение — щель 5 нм, эмиссия — щель 10 нм)

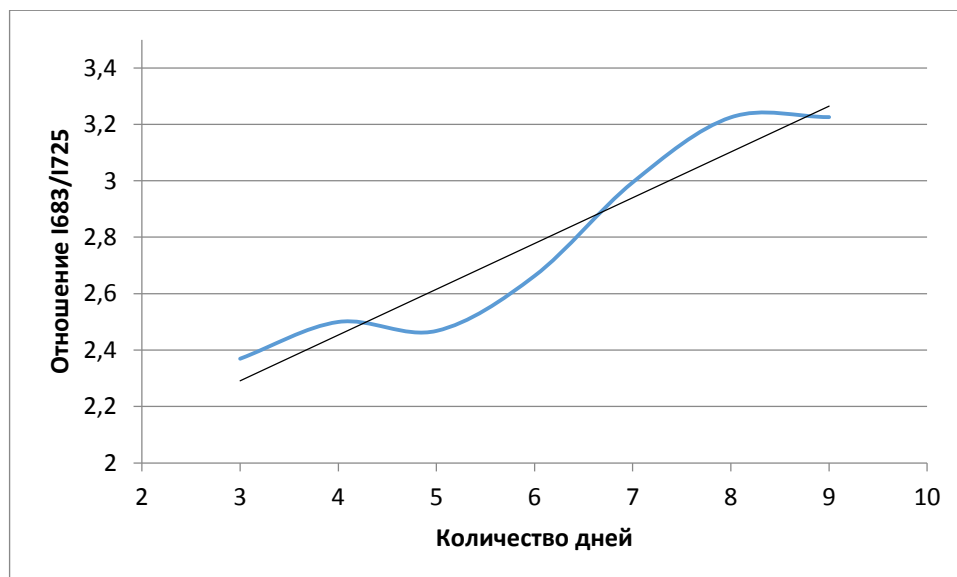


Рисунок 30 – Отношение интенсивности люминесценции на длинах волн 683 и 725 нм к количеству дней вегетации растения.

Из сравнения спектров люминесценции и спектра облучателя следует, что для эффективной спектральной фильтрации необходимо использовать светофильтр, который начинает пропускать излучение люминесценции в области длин волн более 700 нм. Поэтому для эффективной спектральной фильтрации можно использовать светофильтр КС18 [14], который используется только в измерительном тракте.

Было проведено измерение параметра F_0 . Для создания подходящих условий, а именно получения коротких пиков малой интенсивности, было решено уменьшить щель монохроматора возбуждения. Опытным путем было установлено, что оптимальной шириной щели является 2,5 нм. При той же длине волны возбуждения была получена следующая кинетика:

Зеленый базилик

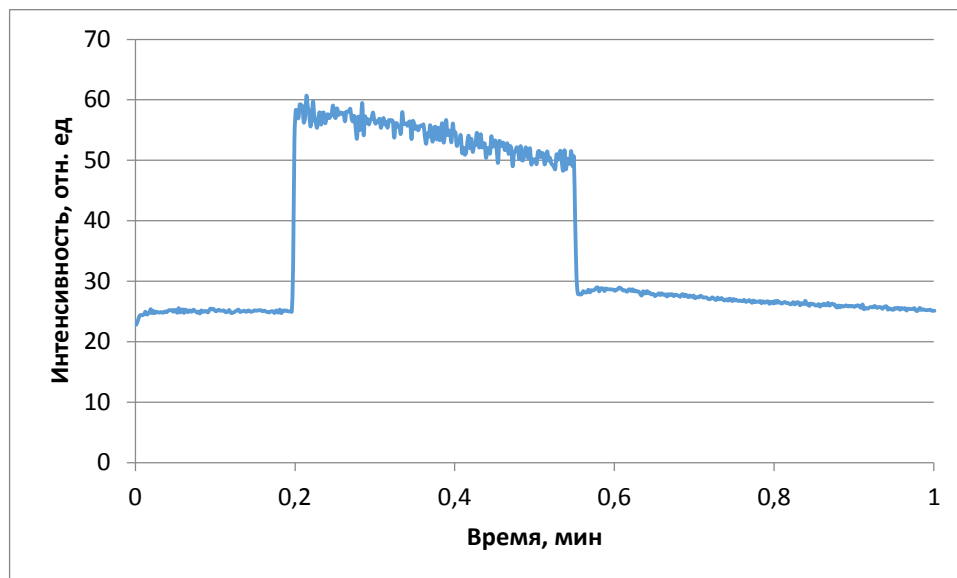


Рисунок 31 – Кинетика люминесценции зеленого листа базилика при возбуждении красным светодиодом

По результатам измерений видно, что первые 25 секунд, при возбуждении светом с длиной волны $\lambda = 200$ нм, интенсивность флуоресценции хлорофилла резко возрастает до максимального значения, затем плавно спадает. После 30 секунд изменение интенсивности незначительно и практически выходит на постоянный уровень

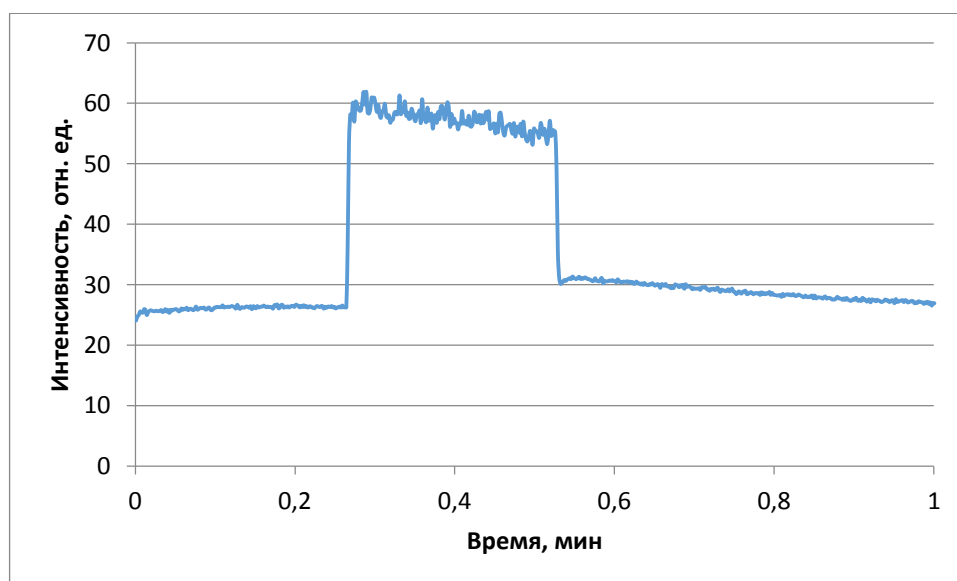


Рисунок 32 – Кинетика люминесценции зеленого листа базилика при возбуждении синим светодиодом

По результатам измерений видно, что первые 20 секунд, при возбуждении светом с длиной волны $\lambda = 200$ нм, интенсивность флуоресценции хлорофилла резко возрастает до максимального значения, затем плавно спадает. После 20 секунд изменение интенсивности незначительно и практически выходит на постоянный уровень

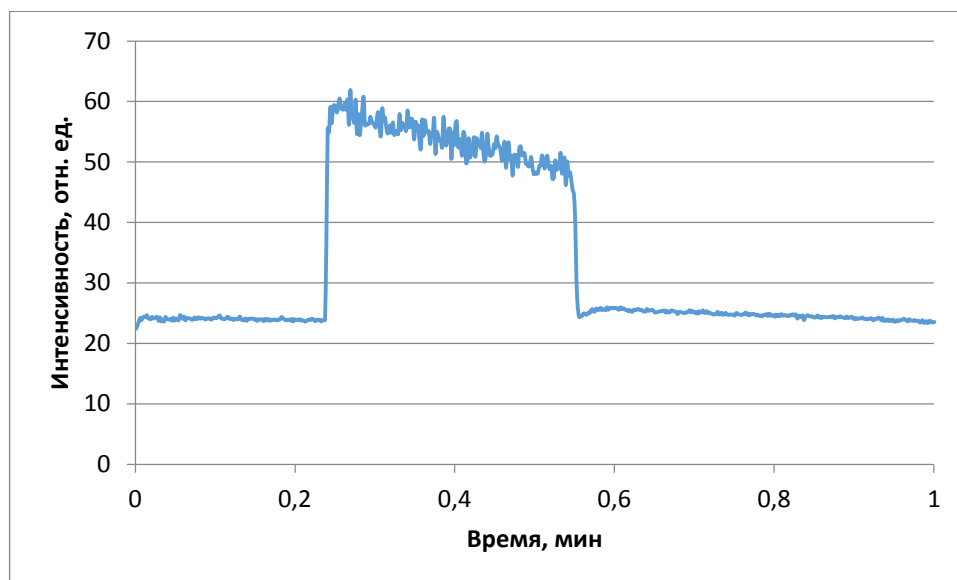


Рисунок 33 – Кинетика люминесценции зеленого листа базилика при возбуждении комбинированным светом

По результатам измерений видно, что первые 23 секунды, при возбуждении светом с длиной волны $\lambda = 200$ нм, интенсивность флуоресценции хлорофилла резко возрастает до максимального значения, затем плавно спадает. После 23 секунд изменение интенсивности незначительно и практически выходит на постоянный уровень

Красный базилик

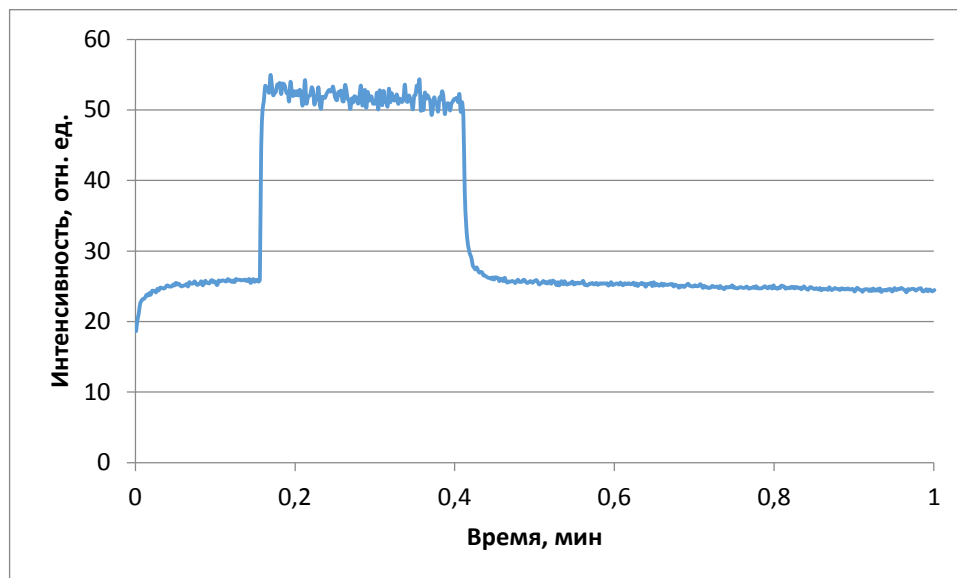


Рисунок 34 – Кинетика люминесценции красного листа базилика при возбуждении синим светодиодом

По результатам измерений видно, что первые 20 секунд, при возбуждении светом с длиной волны $\lambda = 200$ нм, интенсивность флуоресценции хлорофилла резко возрастает до максимального значения, затем плавно спадает. После 20 секунд изменение интенсивности незначительно и практически выходит на постоянный уровень

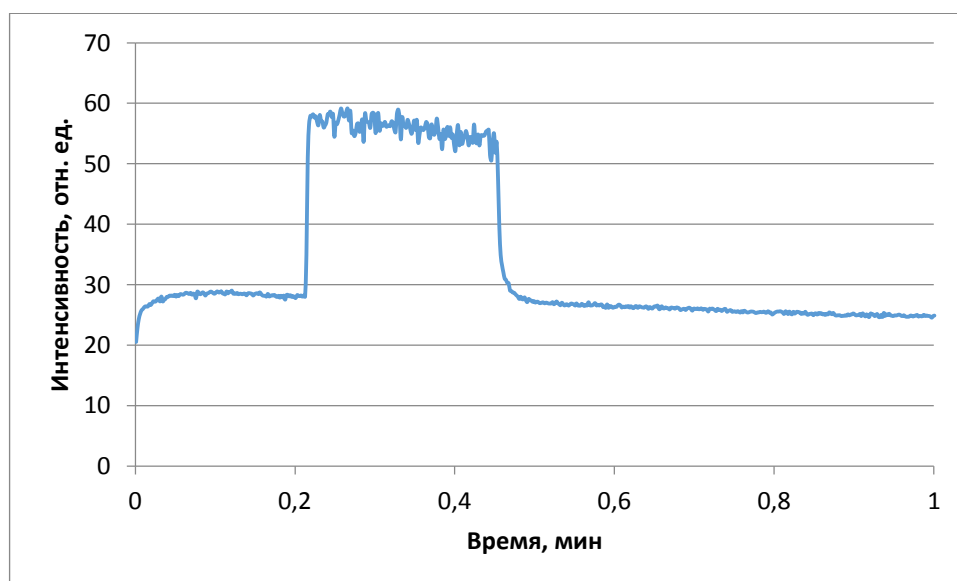


Рисунок 35 – Кинетика люминесценции красного листа базилика при возбуждении красным светодиодом

По результатам измерений видно, что первые 22 секунд, при возбуждении светом с длиной волны $\lambda = 200$ нм, интенсивность флуоресценции хлорофилла резко возрастает до максимального значения, затем плавно спадает. После 22 секунд изменение интенсивности незначительно и практически выходит на постоянный уровень

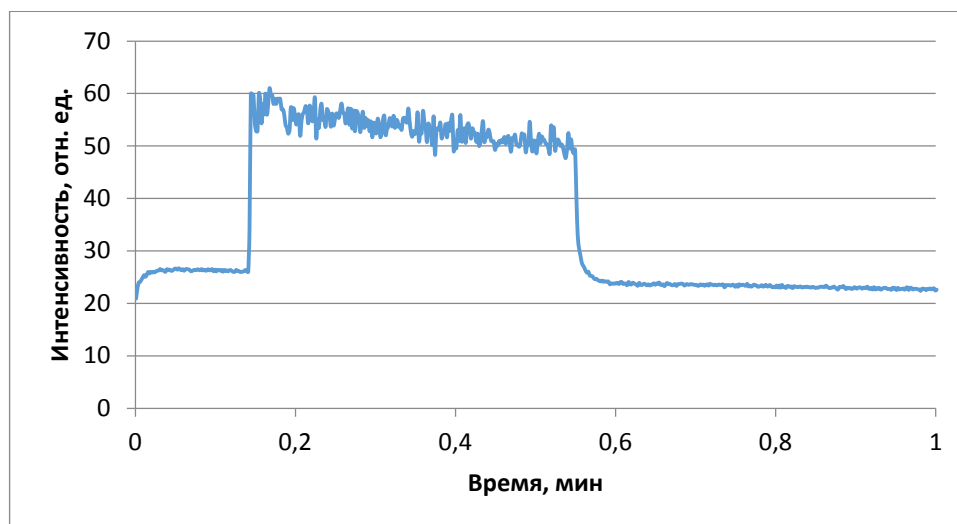


Рисунок 36 – Кинетика люминесценции красного листа базилика при возбуждении комбинированным светом

По результатам измерений видно, что первые 24 секунды, при возбуждении светом высокой интенсивности с длиной волны $\lambda = 450$ нм, интенсивность флуоресценции хлорофилла резко возрастает до максимального значения, затем резко падает. После 24 секунды изменение интенсивности незначительно и практически выходит на постоянный уровень.

На рисунке 37 при включении актиничного света в кинетике наблюдается ожидаемая характерная форма индукционной кривой. Так как полученные результаты совпали, можно сделать вывод, что проведение измерений параметров люминесценции по данной методике возможно.

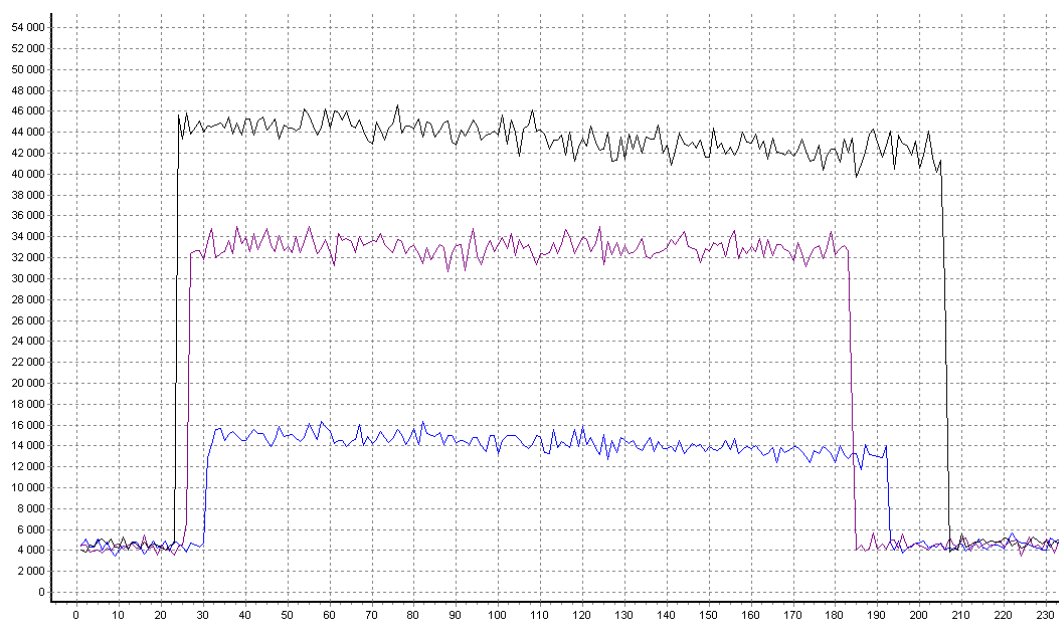


Рисунок 37 – Кинетика люминесценции красного листа базилика при возбуждении актиничным светом: синий – возбуждение красным светом; фиолетовый – возбуждение синим светом; черный – возбуждение комбинированным

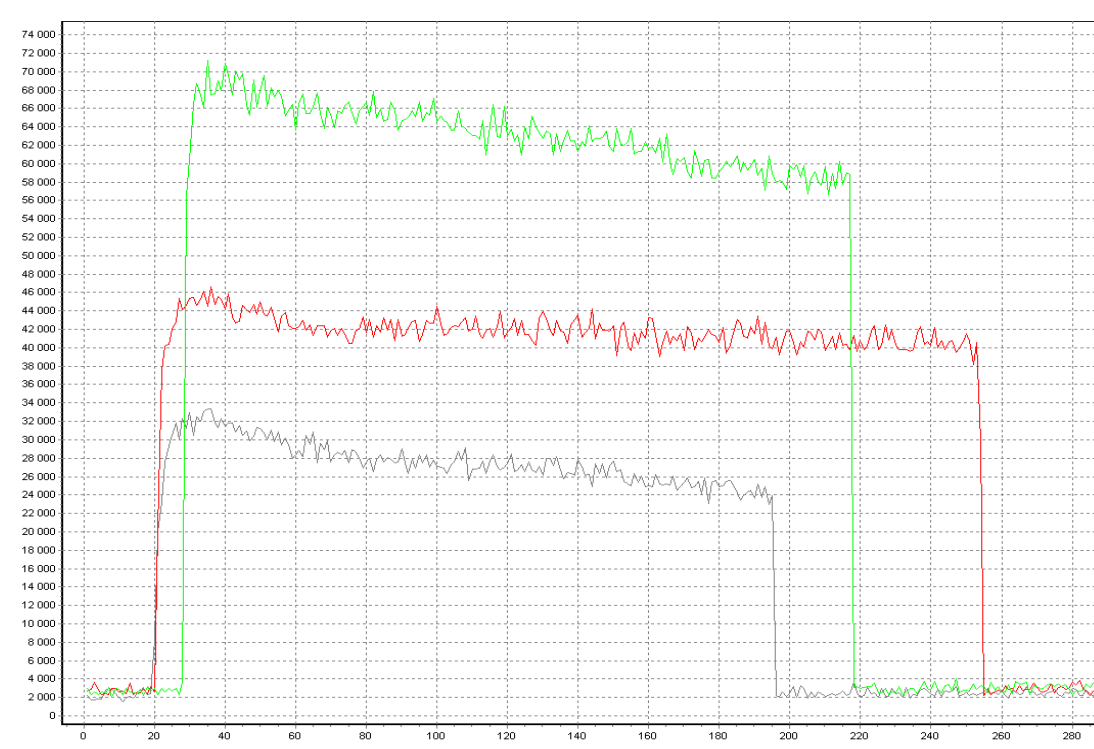


Рисунок 38 – Кинетика люминесценции красного листа базилика при возбуждении актиничным светом: серый – возбуждение красным светом; красный – возбуждение синим светом; зеленый – возбуждение комбинированным

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Балагура Карине Дмитриевне

Инженерная школа	Новых производственных технологий	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.02 «Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материальные затраты: 639,8 руб. Затраты на амортизацию оборудования: 19 703 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»; Минимальный размер оплаты труда в 2018 году составляет 9750</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам – 27,1% от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>- Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы - Потенциальные потребители результатов исследования;</i>
2. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, и организация закупок</i>	<i>- Планирование научно-исследовательского исследования (цели и результат исследования, перечень работ, определение трудоемкости работ, - Смета затрат на исследование</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта</i>	<i>- Анализ и оценка научно-технического уровня проекта;</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. График проведения и смета затрат

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калмыкова Екатерина Юрьевна	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Балагура Карина Дмитриевна		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Для рассматриваемого исследования целевым рынком является сельскохозяйственная отрасль в общем и растениеводческие хозяйства разных величин, в частности. Проведём сегментирование рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и тип посадок (теплица, открытые поля)

Таблица 2 - Карта сегментирования рынка

Размер компании	Тип посадок		
	Открытые поля	Тепличные хозяйства	Фитотроны
Крупные	Фирма А	Фирма В	
Средние	Фирма Б	Фирма Г	
Мелкие		Фирма Д	Фирма Е

В приведенном примере карты сегментирования показано, какие ниши на рынке сельскохозяйственных производств не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок.

Результат сегментирования:

- к основным сегментам данного рынка относятся средние и мелкие сельскохозяйственные компании;
- наиболее перспективным сегментом является предложение методики контроля компаниям мелких размеров;
- сегментом рынка, привлекательным для предприятия в будущем, является предложение методики контроля средним компаниям.

Анализ конкурентных технических решений

Для оценки рынка необходимо провести детальный анализ конкурирующих разработок. Его удобно провести с помощью оценочной карты. Для этого выберем несколько конкурентных разработок. Обозначим их как:

к1 — флуориметр WALZ MINI-PAM-II; к2 — флуориметр PAM-2500.

Таблица 3 - Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно – способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	3	4	0,4	0,5	0,4
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
3. Портативность	0,08	1	5	4	0,08	0,4	0,32
4. Надежность	0,06	5	3	3	0,24	0,18	0,18
5. Безопасность	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
6. Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	2	3	0,25	0,1	0,2
7. Функциональная мощность (представляемые возможности)	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
8. Простота эксплуатации	0,09	4	4	3	0,36	0,36	0,27
9. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	2	4	5	0,08	0,16	0,2
10. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособности продукта	0,04	4	5	5	0,12	0,2	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	1	5	3	0,02	0,1	0,06
3. Цена	0,1	5	1	2	0,5	0,1	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	5	0,5	0,5	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,08	1	4	4	0,08	0,32	0,32
Итого	1				3,79	3,73	3,81

Здесь B_i – балл i -го показателя, присуждаемый разработке по каждому критерию (от 1 до 5)

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента. Конкурентоспособность рассчитывается по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i,$$

Где B_i – вес показателя.

По полученной карте можно сделать вывод, что данная разработка может конкурировать с уже имеющимися на рынке, хотя и не является наиболее оптимальной. Основное достоинство разрабатываемой установки заключается в ее низкой стоимости, при этом потеря функционала незначительна.

Важными недостатками этой разработки являются отсутствие финансирования и крайне низкий уровень проникновения на рынок.

SWOT-анализ

SWOT–анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Данный вид анализа применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов:

Первый этап состоит в описании сильных и слабых сторон разработки и выявлении ее возможностей и угроз. Эти параметры заносятся в матрицу SWOT-анализа. Вторым этапом является выявление сильных и слабых сторон разработки при помощи интерактивных матриц, представленных в таблице 4 ниже. Третьим этапом является составление итоговой матрицы SWOT-анализа, приведенной в таблице 4

Таблица 4 - Интерактивные матрицы проекта

Сильные стороны проекта							
Возможность проекта		C1	C2	C3	C4		
	B1	+	-	0	-		
	B2	+	-	0	-		
	B3	-	-	-	-		
Угрозы проекта	У1	-	-	+	-		
	У2	-	-	+	-		
	У3	-	-	-	-		
	У4	-	-	-	-		
Слабые стороны проекта							
Возможность проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
	B1	-	-	-	-	-	+
	B2	-	-	-	-	-	-
	B3	-	-	+	-	-	-
Угрозы проекта	У1	-	+	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-	-
	У3	-	+	-	-	-	-
	У4	+	-	-	-	-	-

Таблица 5 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно – исследовательского проекта:</p> <p>C1. Более низкая стоимость производства стенда.</p> <p>C2. Возможность экспресс– исследований.</p> <p>C3. Более широкий спектр применения.</p> <p>C4. Бесконтактный метод</p>	<p>Слабые стороны научно – исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Технология является тестовым стендом.</p> <p>Сл2. Отсутствие целевого финансирования.</p> <p>Сл3. Необходима высокая квалификация у оператора.</p> <p>Сл4. Необходима ручная обработка результатов измерений.</p> <p>Сл5. Непостоянная структура стенда.</p> <p>Сл6. Недостаточная интеллектуальная защита стенда</p>
<p>Возможности:</p> <p>B1. Отсутствие патентов на узлы и решения данного стенда.</p> <p>B2. Отсутствие</p>	<p>B1C1: Отсутствие патентов на узлы и решения позволит снизить стоимость производства стенда</p>	<p>B1Сл6: Отсутствие патентов позволит уменьшить недостаточную интеллектуальную</p>

производства подобных приборов в России. В3. Глубокое знание методики	В1С3: Отсутствие производства таких приборов в России позволит найти им широкое применение	защиту путем подготовки патентов В3Сл3: Глубокое знание методики компенсирует необходимость использования высокой квалификации оператора
Угрозы: У1 . Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Уширение спектра применения конкурентных товаров. У3. Отсутствие юридически оформленного заказчика У4. Отсутствие планов на создание прибора на основе стенда	У1С3: Отсутствие спроса затрудняет выявление областей применения У2С3: Уширение спектра применения конкурирующих товаров также тормозит расширение областей применения	У1У3Сл2: Отсутствие спроса и заказчика усиливает недофинансирование проекта У4Сл1: Отсутствие планов до разработке готового устройства, а не макета, затянет разработку тестового стенда из-за отсутствия четких требований

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

При планировании комплекса предполагаемых работ необходимо:

- определить структуру работ в рамках научного исследования;
- определить участников для каждого вида работы;
- установить продолжительности работ.

Структура работ в рамках научного исследования

Изначально для выполнения научного исследования формируется рабочая группа. В ее состав входят ассистент кафедры ЛиСТ и студент группы 4В41.

В данном разделе (таблица 6) представлен перечень этапов и работ в рамках проведения исследования с приведенными исполнителями по каждому виду работ.

Таблица 6 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания на ВКР	1	Выбор направления исследований	Руководитель
	2	Составление задания на ВКР	Руководитель
	3	Согласование задания с исполнителем	Руководитель, инженер
Анализ порученного задания	4	Уточнение физических основ люминесценции хлорофилла	Инженер
	5	Уточнение информативности получаемых при спектральном анализе данных	Инженер
	6	Анализ конкурентных решений	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Проведение расчетов и выбор методики измерений	Инженер
	8	Подбор оборудования	Инженер
	9	Проверка реализации методики на имеющемся оборудовании	Инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Оформление отчета по ВКР	11	Представление результатов для отчета по ВКР	Инженер
	12	Анализ результатов отчета, формулировка выводов	Инженер
	13	Составление рекомендаций к следующей фазе исследований	Руководитель, инженер

Определение трудоемкости выполнения работ

На данном этапе рассчитывается трудоемкость работ каждого из участников исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож i}$ используется следующая формула:

$$t = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

где $t_{ож i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ — минимальная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ — максимальная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Продолжительность работы каждого исполнителя T_{pi} , в рабочих днях, рассчитывается по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}$$

Где $Ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства длительность каждого из этапов следует перевести в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал i}$$

где T_{ki} — продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} — продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ — коэффициент календарности, рассчитываемый по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{(365 - 52 - 14)} = 1,22 \text{ кал. дн.},$$

где $T_{кал}$ — количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ — количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ — количество праздничных дней в году.

Рассчитанные по этим формулам параметры для каждой из работ сведены в таблицу ниже:

Таблица 7 - Временные показатели научного исследования

раб	Содержание работ	$t_{\text{min,дн}}$	$t_{\text{max,дн}}$	$t_{\text{ож,чел.-дн}}$	T_{pi} , раб. дн.	Продолжительность, календ. Дн
1	Выбор направления исследований	1	2	1,4	1,4	2
2	Составление задания на ВКР	1	2	1,4	1,4	2
3	Согласование задания с исполнителем	1	2	1,4	0,47	1
4	Уточнение физических основ	2	4	2,8	1,4	2
5	Уточнение информативности и получаемых при спектральном анализе данных	2	3	2,4	1,2	2
6	Анализ конкурентных решений	1	2	1,4	0,7	1
7	Проведение расчетов и выбор методики измерений	3	5	3,8	1,9	3
8	Подбор оборудования	3	6	4,2	2,1	3
9	Проверка реализации методики на имеющемся оборудовании	2	3	2,4	1,2	2
10	Оценка эффективности полученных	1	3	1,8	0,9	2

	результатов					
11	Представление результатов для отчета по ВКР	10	14	11,6	5,8	8
12	Анализ результатов отчета, формулировка выводов	5	8	6,2	3,1	4
13	Составление рекомендаций к следующей фазе исследований	2	4	2,8	0,93	2

Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должны быть достоверно отражены все виды расходов, связанные с его выполнением. А именно это:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты на выполнение исследования включают в себя стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В данной работе такими затратами являются расходы на приобретение семян и земли для выращивания.

Стоимость покупаемых семян составила 69 рублей, земли — 98 рублей, емкостей для выращивания 158 рублей

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расх\ xi}$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данного исследования, занесены в таблицу 8

Таблица 8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерений	Количество	Цена за ед. руб	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Семена	Шт	30	2,3	69,0
Земля	Л	10	9,8	98,0
Термосумка	Шт	1	500	500,0
Итого				639,8

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Для данного исследования оборудование отдельно не приобреталось. В этом случае рассчитывается амортизация оборудования на время исследования

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$Z_{об} = \frac{(Ц * F_{ф})}{(F_{н} * F_{сс})}$$

где $Ц$ – цена оборудования, р.;

$F_{н}$ – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч;

$$F_{н} = 365 - 52 - 14 = 299 \text{ дн.} = 299 * 8 = 2392 \text{ ч.}$$

$F_{сс}$ – срок службы оборудования, год;

$F_{ф}$ – фактическое время занятости оборудования в ВКР, ч.

Вычисленная амортизация оборудования представлена в таблице 9

Таблица 9 - Затраты на амортизацию оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Срок службы, год	Время занятости, ч.	Затраты на амортизацию, руб.
1.	Avantes	218,0	5	6	109,0
2.	SaryEclipse	1704,0	3	80	18996,0
3.	Компьютер	25000,0	7	400	597,0
Итого:					19703,0

Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата исполнителей рассчитывается на основе данных об окладе, определяющем уровень месячной заработной платы в зависимости от трудоемкости работ.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{р}},$$

где $T_{\text{р}}$ — продолжительность работ, выполняемых научно-техническим сотрудником, раб. дн;

$Z_{\text{дн}}$ — среднедневная заработная плата сотрудника, руб, рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ — месячный должностной оклад работника, руб.;

M — количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{\text{д}}$ — действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 10 - Количество календарных дней затраченных на НТИ

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	12	12

Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	253	253

Месячный оклад работника Z_m рассчитывается как:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3

Таблица 11 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_T	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	ППС 4	1	55200,0	0,3	0,2	1,3	86112,0	3539,8	4,2	14867,1
Бакалавр	ППС 1	1	10470,0	0,3	0,2	1,3	23150,0	951,6	19,7	18746,6
Итого $Z_{осн}$										33613,7

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются по формуле:

Таблица 12 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	$Z_{внеб}$, руб.
Руководитель	14867,1	4029,0
Бакалавр	18746,6	5080,3
Итого		14189,6

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов, в частности затраты на электроэнергию, потраченную в ходе работы. Накладные расходы можно рассчитать как:

$$Z_{\text{накл}} = K \sum P_i * F_{\Phi i}$$

где K — тариф на расход электроэнергии, 5,8 руб. за 1 кВт/ч;

P_i — мощность i -го прибора;

Рассчитанные, по этой формуле расходы, представлены в таблице ниже:

Таблица 13 - Расчет накладных расходов

Наименование оборудования	Время занятости, ч.	Мощность прибора, Вт	$Z_{\text{накл}}$, руб
Avantes	6	3,6	0,13
SaryEclipse	80	75	34,8
Компьютер	400	60	139,2
Итого			174,13

Формирование сметы затрат научно – исследовательского проекта

Таблица 14 - Расчет сметы затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	639,8
Затраты на специальное оборудование для научных работ	19703
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	52360,3
Отчисление во внебюджетные фонды	14189,6
Накладные расходы	174,13
Смета затрат НТИ	87066,8

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность определяется на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Так как в данной работе

рассматривается только одно исполнение разработки, имеет смысл определять ее эффективность по интегральному показателю ресурсоэффективности. Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i$$

где a_i — весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;
 b_i — бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания

Расчет данного показателя приведен в таблице 15

Таблица 15 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп 1.
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4
3. Помехоустойчивость	0,14	5
4. Энергосбережение	0,3	4
5. Надежность	0,2	5
6. Материалоекость	0,11	5
Итого	1	

Тогда I_{pi} для исполнения:

$$I_{pi1} = 0,1 * 4 + 0,15 * 4 + 0,14 * 5 + 0,3 * 4 + 0,2 * 5 + 0,11 * 5 = 4,45$$

Так как данный показатель оценивается по пятибалльной шкале, можно сказать, что у данной разработки высокое значение ресурсоэффективности, в частности, и эффективности в целом.

В данном разделе бакалаврской работы был проведен анализ потенциальных потребителей разработки, анализ конкурентных решений, выполнено планирование исследовательских работ и бюджета НИИ, определена эффективность разработки.

Анализ потенциальных потребителей показал, что разработка может быть распространена среди компаний мелких размеров.

Анализ конкурентных решений выявил, что данная разработка не имеет явных преимуществ перед другими, но, тем не менее, является конкурентоспособной на рынке.

Планирование исследовательских работ показало, что для выполнения всего исследования необходимо затратить 34 дней. Следовательно, работа может быть выполнена за 2 месяца. Наиболее продолжительным этапом является написание отчета о работе.

Бюджет данного исследования составил 87 066,8 рублей.

Также исследование показало высокую эффективность с точки зрения ресурсоэффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4В41	Балагура Карине Дмитриевне

Инженерная школа	новых производственных технологий	Отделение	материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.01 «Оптотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Характеристика работы: анализ литературы по теме исследования, работы со спектральными приборами типа CaryEclipse и Ava Spec
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>5.1 Производственная безопасность</p> <p>5.1.1 Идентификация опасных и вредных факторов: – действие факторов на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</p> <p>5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, возникших на рабочем месте при проведении исследований.</p> <ul style="list-style-type: none"> - освещенность; - отклонение показателей микроклимата в помещении; - превышение уровней шума; - психофизиологические вредные и опасные факторы; - поражение электрическим током; 	<p><i>Для защиты исследователя проведен анализ показателя микроклимата в помещении, описаны мероприятия по обеспечению электробезопасности, рассмотрен уровень шума спектрофлуориметра</i></p> <p><i>Для обеспечения чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в рабочей комнате предусмотрены системы вентиляции и отопления.</i></p>
<p>5.2 Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Анализ влияния экспериментального оборудования на окружающую среду; - обоснование мероприятий по утилизации компонентов экспериментального оборудования. 	<p><i>Данная выпускная квалификационная работа наносит незначительный ущерб окружающей среде, посредством утилизации компонентов экспериментального оборудования</i></p>
<p>5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований. - обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС. 	<p><i>Существует вероятность возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций.</i></p> <p><i>В лаборатории предусмотрены средства пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОП-5 2шт. т пожарный кран с рукавом..</i></p>
<p>5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p>	<p><i>К правовым мерам обеспечения безопасности относится организация рабочего пространства и соблюдение режима труда-отдыха</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко Ольга Брониславовна	Д.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В41	Балагура Карина Дмитриевна		

5 Социальная ответственность

В этом разделе рассмотрены вопросы, связанные с охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения при возникновении опасных ситуаций. Также проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на исследователя, а также приведены методы обеспечения безопасности, как для лаборатории, так и для организации в целом.

Научно-исследовательская работа представляет собой исследование люминесцентных методик оценки состояния живых растений. Данная методика позволит находить оптимальные условия роста и развития растений в экспресс-режиме. Потенциальными потребителями методики являются предприятия сельскохозяйственной отрасли, различные тепличные хозяйства и предприятия, разрабатывающие и изготавливающие фитосветильники. В первую очередь работа ориентирована на разработку принципиальной схемы стенда для анализа состояния растения в «фитотроне», разработанного на кафедре ЛиСТ. Работа выполнялась в лаборатории импульсной спектрометрии на кафедре лазерной и световой техники по адресу пр. Ленина д.2, цокольный этаж, ауд. 036. К приборам, используемым в ходе работы относятся, спектрометр Ava Spec, спектрофлуориметр Cary Eclipse и персональный компьютер.

Согласно ГОСТ 12.1.005 – 88 работа принадлежит к разряду легких, но носит характер высокой умственной и нервно-психологической нагрузки.

5.1 .Производственная безопасность

5.1.1 Идентификация опасных и вредных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ (с измен. 1999 г.) на рабочем месте выделены вредные и опасные производственные факторы, влияющие на здоровье и работоспособность лаборанта. Они приведены в таблице 16

Таблица 16 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ.

Наименование видов работ	Воздействующие факторы	Тип воздействия	Нормативные документы
<p>1.Проведение измерений (работа с спектрометром, спектрофлуориметром)</p> <p>2.Обработка измерений (работа с ЭВМ)</p>	Недостаточная освещенность	Вредные	СанПин2.2.1/2.1.1.1278-03.Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
	Отклонение показателей микроклимата		СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
	Превышение уровней шума и вибрации		СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений .
	Психофизические факторы		ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
	Превышение уровня электромагнитных излучений		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
			СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

	Поражение электрическим током	Опасные	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
--	-------------------------------	---------	---

Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой операторов, высокой напряженностью зрительной работы. В процессе работы с компьютером необходимо

Соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае может возникнуть значительное напряжение зрительного аппарата с появлением головных болей, раздражительности, усталости и болезненных ощущений в глазах.

5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, возникших на рабочем месте при проведении исследований.

Освещенность.

Утомление органов зрения вызывается как недостаточной, так и чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света. Нормальная освещенность достигается за счет естественного света, проникающего через оконные проемы, а при его недостаточности — за счет искусственного освещения светильниками.

В качестве источников искусственного света используются люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания, имеют большую световую отдачу и более длительный срок службы. Но при этом спектр люминесцентных ламп, а следовательно и индекс цветопередачи, значительно хуже, чем у лампы накаливания.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-0 освещенность рабочего стола должна составлять не менее 300 ÷ 500 лк, что может достигаться применением местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов (их яркость на экране не должна превышать 40 кд/м²).

Отклонение показателей микроклимата в помещении

Общая площадь рабочего помещения составляет 54 м² (длина А=9 м, ширина В=6 м), объем составляет 206 м³ (высота С=3,8 м). В помещении располагается 3 рабочих места. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 4,5 м² и 15 м³ объема на одного человека. Таким образом, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

Проведя анализ габаритных размеров кабинета, рассмотрим микроклимат в этом помещении. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха. В рабочей лаборатории: температура 22-25°С, относительная влажность воздуха 40-50%, скорость движения воздуха 0,1-0,2 м/с; что является допустимым для работы I категории (СанПиН 2.2.4.548–96). Длительная работа в помещении при плохой вентиляции, повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха неблагоприятно сказывается на здоровье работающего, что неизбежно влечет за собой снижение производительности труда.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемых оконного и дверного проемов. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Согласно нормам СП 60.13330.2012. объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м³. В данном случае объем воздуха на одного человека составляет более 68 м³, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления, а в теплое время года – за счет проветривания.

Превышение уровней шума

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он может создаваться работающим оборудованием, пускорегулирующей аппаратурой осветительных приборов дневного света, а

также проникать извне. Шум вызывает головную боль, быструю утомляемость, ослабляет внимание, способствует снижению реакции.

Основным источником шума в рабочей лаборатории являются спектрофлуориметр (во время измерений) и вентиляторы охлаждения ЭВМ (во включенном состоянии). Уровень шума поднимается до 45дБА и колеблется не более чем на 5дБА. Согласно ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ уровень шума в подобных лабораториях не должен превышать 50дБА, колебания в режиме медленно не превышать 7дБА. Следовательно, рабочее помещение соответствует нормам по показанию шума.

Психофизиологические вредные и опасные факторы

Психофизиологическими вредными и опасными факторами являются: напряжение зрения и внимания; интеллектуальные, эмоциональные и длительные статические нагрузки; монотонность труда; нерациональная организация рабочего места. Типичными ощущениями, которые испытывают к концу рабочего дня операторы ПЭВМ, являются: переутомление глаз, головная боль, тянущие боли в мышцах шеи, рук и спины, снижение концентрации внимания. Зрительное утомление вызывается особенностями изображения на дисплее ПЭВМ. Кроме того, большую нагрузку орган зрения испытывает при вводе информации, так как пользователь вынужден часто переводить взгляд с экрана на текст и клавиатуру, напрягая аккомодацию. Длительная и интенсивная работа на компьютере может стать источником тяжелых профессиональных заболеваний, таких, как травма повторяющихся нагрузок (ТПН), представляющая собой постепенно накапливающиеся недомогания, переходящие в заболевания нервов, мышц и сухожилий руки.

Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220В и частотой 50Гц. Исследовательская лаборатория относится к помещениям без повышенной опасности по классу электропоражения, так как отсутствуют воздействующие факторы:

повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединения с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта электроприборов;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением.

5.2 Экологическая безопасность

Разрабатываемая методика позволяет ускорить рост растений без использования вредных компонентов, а значит, экологически безопасна и полезна. Однако, возможно загрязнение окружающей среды при утилизации используемого оборудования (при окончании срока службы либо выходе из строя).

В приборах имеется большое количество компонентов, содержащих токсичные вещества и представляющих угрозу, как для человека, так и для

окружающей среды. К таким веществам относятся: свинец, ртуть, никель, цинк щелочи и ряд других.

В связи с содержанием токсичных веществ экспериментальное оборудование и ЭВМ требуют специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- переплавление металлических частей для последующего производства;
- специализированная переработка неметаллических частей либо их утилизация.

Программа утилизации может быть предложена компанией-поставщиком оборудования либо специализированной компанией по рециклингу.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В лаборатории импульсной спектрометрии кафедры лазерной и световой техники наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах, пожаров, взрывов на объектах. Аварии и катастрофы на объектах характеризуются внезапным обрушением зданий, сооружений, авариями на энергетических сетях, авариями в коммунальном жизнеобеспечении, авариями на очистных сооружениях, технологических линиях и т.д. В чрезвычайной обстановке особенно важное значение имеют сроки эвакуации людей за пределы зон разрушений. Очень важны действия аварийно-технических формирований, которые немедленно должны отключить еще не поврежденные энергетические и коммунально-технические сети для локализации аварии. В помещении, в котором проводилась работа над ВКР, возможной ЧС может

быть возникновение пожара. Пожарная безопасность осуществляется системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. В каждом служебном помещении обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», который регламентирует действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывает места расположения пожарной техники.

Необходимые меры для обеспечения тушения пожаров:

1. Обеспечение подъездов к зданию
2. Обесточивание электрических кабелей
3. Наличие пожарных щитков, ящиков с песком в коридорах и гидрантов с пожарными рукавами
4. Наличие тепловой сигнализации
5. Наличие телефонной связи с пожарной охраной
6. Наличие огнетушителей

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 2.01.02-85): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре). Кроме того, каждое помещение этажей учебного корпуса оборудовано системой противопожарной сигнализации.

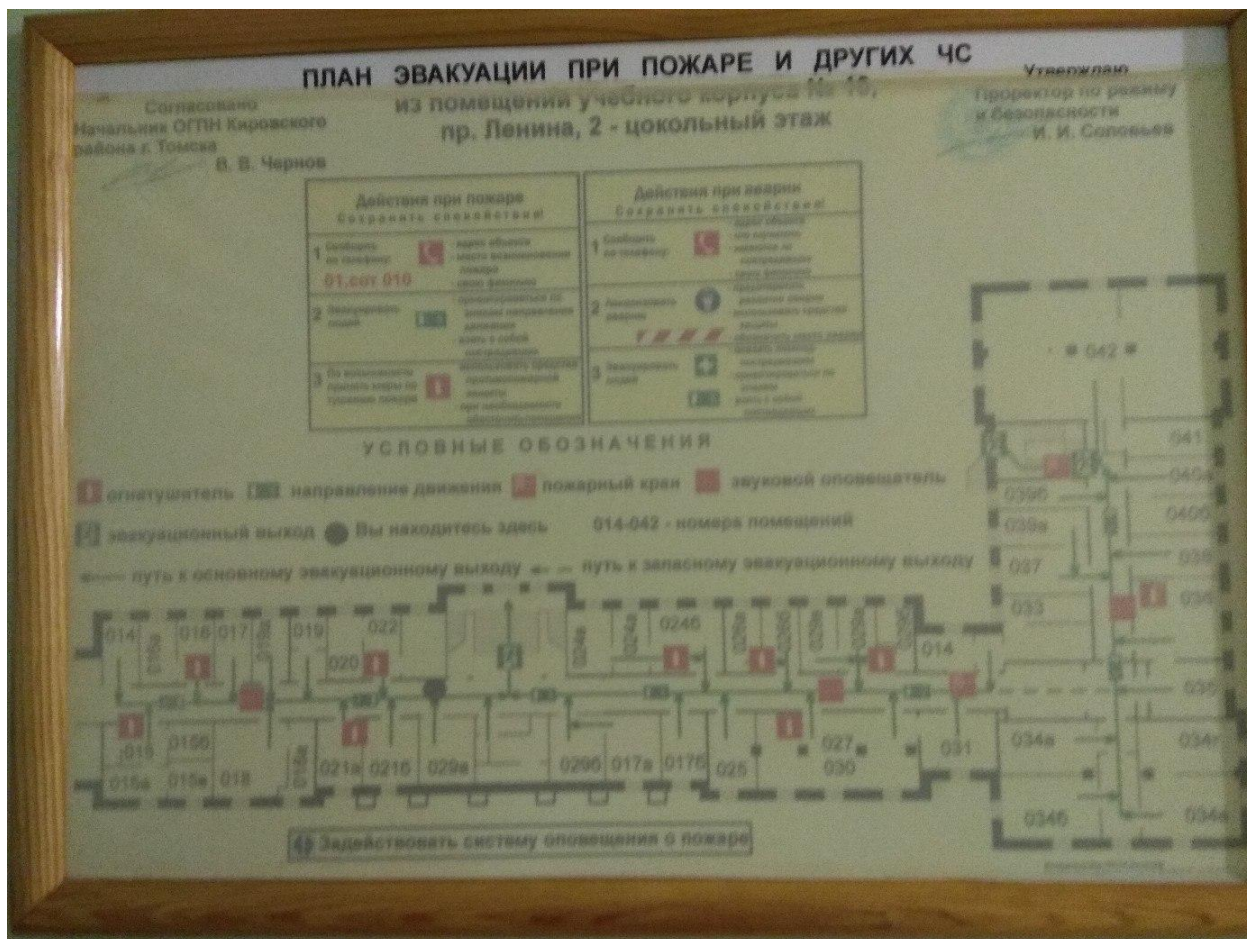


Рисунок 38 – План эвакуации цокольного этажа 10 корпуса ТПУ

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Перед началом работы каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности. Инструктаж по ТБ должен включать особенности работы за ПК. При длительной работе за компьютером необходимо соблюдать режим труда и отдыха. Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определённой длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учётом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности. Для предупреждения преждевременной утомляемости оператора рекомендуется организовать рабочую смену путём чередования работ с использованием ПК и без неё. При постоянном взаимодействии с ПК с напряжением внимания и

сосредоточенности рекомендуется организация перерывов на 10-15 мин через каждые 45-60 мин работы. Продолжительность непрерывной работы на ПК без перерыва не должна превышать 1 ч.

В лаборатории рабочее место около каждой установки должно быть обеспечено возможностью свободного доступа для эксплуатации и ремонта. При этом установки не должны загораживать проход в случае ЧС. Рычаг аварийного отключения электроэнергии должен быть легко достигаем при работе у любой части установки.

В ходе работы у работников предусматриваются перерывы на отдых, частота и длительность которых утверждаются руководством и органами здравоохранения. Рабочее место технолога также должно либо проветриваться (при малых размерах помещения), либо снабжаться воздушной вытяжкой с подачей свежего и чистого воздуха. При этом следует контролировать скорость подачи воздуха во избежание сквозняков и резких перепадов температуры, иначе велик риск простудных заболеваний.

В лаборатории импульсной спектрометрии должны быть предусмотрены специальные режимы работы, поскольку данная работа требует постоянной предельной концентрации специалиста, а также данная работа является монотонной. С учетом особенностей работы следует применять перерывы, аспекты которых регламентируются руководством и трудоемкостью работы.

Заключение

Исследование процессов, протекающих в ФСА растения, показало, что процессы фотосинтеза и флуоресценции хлорофилла неразрывно связаны и являются конкурирующими процессами. Из этого следует, что по изменению параметров флуоресценции представляется возможным судить об интенсивности фотосинтеза. В свою очередь фотосинтез, как основной энергообразующий процесс растения, является показателем его жизнедеятельности.

Для контроля состояния растения по его спектрально-кинетическим характеристикам были выбраны такие параметры его кинетики, как F_0 , F_m , F_t и F_m , так как этих параметров достаточно для расчета индексов, несущих информацию о состоянии растения.

В результате проделанной работы была разработана методика измерения спектров и кинетики люминесценции растений, подобрано оборудование для измерения из уже имеющегося в лаборатории.

Спектральные характеристики флуоресценции растений измерены при помощи установки CaryEclipse с подключением диодной подсветки.

Так как люминесцентный метод является быстрым и несет в себе информацию о текущей эффективности фотосинтеза растения и обладает высокой чувствительностью, данная методика удобна для анализа растения на начальных стадиях роста и развития.

Разработанная методика покажет возможность применения данной методики в исследовательских работах по направлению «Агрофотоника».

Список использованных источников

1. Веселовский В. А.. Люминесценция растений. — М.: Наука, 1990. — 200 с.
2. Погосян С. И. Лекция 4. Фотосинтез. [Электронный ресурс]. — Режим доступа:
http://www.bio.msu.ru/res/DictionaryAttachment/245/DOC_FILENAME/MFK_2015_vesna_Izlucheniya_9.pdf, свободный. — Загл. с экрана.
3. Стрибуль Т. Ф., Лысак Ю. С., Компаниец А. М.. Изменение интенсивности флуоресценции клеток меристемной ткани винограда под действием ряда криопротекторов. // Проблемы криобиологии — 2010 — Т. 20. — №3 — С. 297–302.
4. Патент РФ № 2006132691/28, 13.09.2006. Рубин А. Б., Погосян С. И., Маторин Д. Н., Казимирко Ю. В., Ризниченко Г. Ю. Способ флуорометрического определения параметров фотосинтеза фотоавтотрофных организмов, устройство для его осуществления и измерительная камера // Патент России №2354958. — 2009. — Бюл. № 13.
5. Chlorophyll a // NIST [Электронный ресурс]. — Режим доступа:
<http://webbook.nist.gov/cgi/formula?ID=C42617163&Mask=400>, свободный.
6. Ланкин А. В. Механизмы токсического действия полициклических ароматических углеводородов на фотосинтетический аппарат: дис. канд. биол. наук: 03.01.05. — М., 2016. — 102 с.
7. Фотосинтез и флуоресценция. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://gordon0030.narod.ru/archive/12781/index.html>, свободный. — Загл. с экрана
8. Полякова И. Б. Фотосинтез и его регуляция // Биология — 2002. — №34(665)
9. Лысенко В.С., Вардуни Т.В., Соьер В.Г., Краснов В.П. ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ХЛОРОФИЛЛА РАСТЕНИЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРЕССА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4-1. – С. 112-120

10. Спектрофлуориметр Agilent Cary Eclipse [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://scientific-technology.ru/spektrometry/fluorimetriya/cary-eclipse>, свободный. — Загл. с экрана

11. Гвоздев Н.И. Основы менеджмента: учебное пособие / сост.: Н.И. Гвоздев, А.Н. Древаль; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 188 с. СанПиН-2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

12. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утверждено Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/>, свободный. (Дата обращения 18.05.2016)

13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

14. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы

15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»