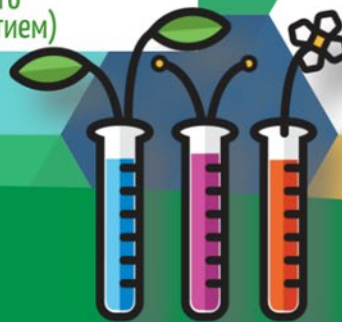


# ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС

Юных исследователей окружающей среды  
имени Б.В. Всесвятского  
(с международным участием)



Областная государственная бюджетная нетиповая  
образовательная организация «Дворец творчества детей и молодёжи»



Номинация «Зеленая инженерия»

## ВЛИЯНИЕ СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУЛЬТУР В ЭКОБОКСЕ

**АВТОР:**

Климахин Матвей Васильевич, 8 класс, обучающийся детского объединения «Агротехнологии», ОГБН ОО «ДТДМ»

**РУКОВОДИТЕЛЬ:**

Вихирева Светлана Владимировна, педагог дополнительного образования ОГБН ОО «ДТДМ»

Ульяновская область

2024

## Содержание

1. Введение. Проблема и ее анализ .....	3
2. Обзор литературы	
2.1. Эффективность светового облучения для растений .....	4
2.2. Региональные особенности обеспечения естественного режима освещенности.....	5
3. Основная часть	
3.1. Теоретическое обоснование и описание решения.....	6
3.2. Практический этап реализации проекта .....	9
3.3. Ресурсное обоснование проекта .....	13
4. Выводы.....	15
5. Заключение .....	15
6. Список использованной литературы.....	16
7. Приложение .....	18

## 1. Введение. Проблема и ее анализ

**Проблема.** Для нормального и стабильного развития и роста растениям необходимо освещение не менее 15 ч/сут [1], поэтому солнечное излучение для всех видов растений - жизненно необходимая составляющая. В условиях средней по уровню солнечной радиации полосы России, досвечивание является эффективным способом повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

**Исследование рынка.** Для искусственного освещения используют специальные осветительные приборы – фитолампы. На рынке производителей имеется большое разнообразие фитоламп. Сведения, представленные в различных источниках крайне разноречивы.[5] Какой диапазон наиболее благоприятен на разных этапах развития растения?

Моё внимание привлекли светящиеся в вечернее время ярко-малиновым светом окна жителей Ульяновска. *Приложение 1*

Ранее, изучая влияние спектра излучения светодиодных источников света на рост и развитие рассады салата парникового, я доказал эффективность использования фитоламп. Сравнимые экспериментальные варианты, получавшие дополнительное освещение светодиодными лампами, имели более развитую систему листьев и стеблей.

И садоводы активно используют фитолампы, чтобы обеспечить достаточное количество света, особенно в зимне-весенний период, при выращивании рассады. Но не все из рекламируемых товаров позволяют на выходе получить посадочный материал ожидаемого качества.

**Существующие решения.** Выяснить мнение садоводов-любителей, сити-фермеров мы смогли на специализированных форумах «Нужны ли комнатным растениям фиолетовые лампы?», «Освещение растений белыми светодиодами».

Следует отметить, что отношение к различным типам ламп, оптимальных спектрам неоднозначно. В большинстве случаев в домашних условиях применяют светодиодные фитолампы, что связано с низким энергопотреблением.

В крупных агрохозяйствах используют натриевые лампы полного спектра.

**Актуальность.** Светодиодные светильники на основе красного и синего спектров излучения, дающее в совокупности популярное малиновое свечение, на сегодняшний день получили широкое распространение. Но на самом ли деле такой диапазон наиболее благоприятен для растений?

Фитолампы обладают рядом преимуществ и недостатков, поэтому возникает необходимость в проведении ряда сравнительных исследований их эффективности на различных тест-объектах и научном обосновании экономических параметров.

**Гипотеза.** Мы предположили, что более оптимальным для роста и развития растений является использование светодиодных ламп полного спектра.

**Целью работы** является сравнительное исследование эффективности искусственного освещения исследуемых культур светодиодными источниками света красно-синего и полного спектров.

**Задачи исследования.**

1. Изучить имеющийся опыт применения искусственного освещения для роста и развития растений.
2. Выделить региональные особенности радиационного климата по обеспечению естественного режима облучения рассады и взрослых культур растений.
3. Разработать и сконструировать модель установки – экобокс.
4. Разработать алгоритм и провести эксперимент по выявлению эффективности воздействия биколорного (красно-синего) и белого светового диапазона на рост и развитие исследуемых культур.
5. Оценить проведенное исследование.

**Практическая значимость.** Результаты нашей работы помогут доказать или опровергнуть общепринятое мнение об эффективности «фитоосвещения». В результате ряда экспериментов разработать рекомендации по использованию светодиодного освещения для получения рассады.

## **2. Обзор литературы**

### **2.1. Эффективность светового облучения для растений**

Свет нужен растению в первую очередь для нормального осуществления сложного процесса фотосинтеза. Если растение недополучает свет – оно недополучает энергию для роста и развития.

По спектральному составу солнечный свет неоднороден. В него входят лучи, имеющие различную длину волны. *Приложение 2*

Из всего спектра для жизни растений важна фотосинтетическая активная (380-710 нм) и физиологически активная радиация (300-800 нм).

Причем наибольшее значение имеют красные (720-600 нм) и оранжевые лучи (620-595 нм). Именно они являются основными поставщиками энергии для фотосинтеза и влияют на процессы, связанные с изменением скорости развития растения (избыток красной и оранжевой составляющей спектра задерживает переход растения к цветению).[4]

Синие и фиолетовые (490-380 нм) лучи, кроме непосредственного участия в фотосинтезе, стимулируют образование белков и регулируют скорость развития растения. У растений, живущих в природе в условиях короткого дня, эти лучи ускоряют наступление периода цветения.

Ультрафиолетовые лучи с длиной волны 315-380 нм задерживают «вытягивание» растений и стимулируют синтез некоторых витаминов, а ультрафиолетовые лучи с длиной волны 280-315 нм повышают холодостойкость.

Лишь желтые (595-565 нм) и зеленые (565-490 нм) не играют особой роли в жизни растений.[2]

Пигменты, которые «ловят свет» для фотосинтеза — хлорофиллы и каротиноиды — хорошо поглощают красный и синий свет, а на зеленый почти не реагируют. *Приложение 3*

## 2.2. Региональные особенности обеспечения естественного режима освещенности

Короткий световой день в период зимы и ранней весны, когда дачники массово подготавливают рассаду, характерен для территорий, расположенных выше 40-50 параллели.

Город Ульяновск находится на 54 параллели северной широты (соборная площадь перед зданием Администрации области - 54°18'51").

Согласно исследованию, проведенному НИИ ГИПРОНИСЕЛЬПРОМ, результаты которого представлены в таблице 1, Ульяновск расположен на стыке 7 и 8 зон и выращиваемые культуры нуждаются в регулярном досвечивании с октября по февраль. [3]

Таблица 1. Зонирование радиационного климата по обеспечению естественного режима облучения рассады (числитель) и взрослой культуры (знаменатель)

Широта, ° с.ш.	Зоны	МЕСЯЦ											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
82-78	1	C/C	C/C	C/C	C/C	E/E	E/E	E/C	C/C	C/C	C/C	C/C	C/C
78-74	2	C/C	C/C	C/C	E/E	E/E	E/E	E/C	E/C	C/C	C/C	C/C	C/C
74-70	3	C/C	C/C	C/C	E/E	E/E	E/E	E/E	E/C	C/C	C/C	C/C	C/C
70-66	4	C/C	C/C	E/C	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/C	C/C	C/C	C/C
66-62	5	C/C	C/C	E/C	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/C	C/C	C/C	C/C
62-58	6	C/C	C/C	E/C	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/C	C/C	C/C	C/C
58-54	7	C/C	C/C	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	C/C	C/C	C/C
54-50	8	C/C	C/C	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	C/C	C/C	C/C
50-46	9	C/C	C/C	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	C/C	C/C	C/C
46-42	10	C/C	E/C	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/E	E/C	C/C	C/C

*Примечания.* E - естественная облучение;

C - смешанное облучение (естественное и искусственное);

зона выращивания рассады при естественном облучении показана двойной линией, а взрослой культуры – одной.

### 3. Основная часть

#### 3.1. Теоретическое обоснование и описание решения

Перед проведением эксперимента я провел соцопрос среди учащихся 5-11 классов. Возраст участников – 10-18 лет. В опросе приняли участие 79 человек. Тест «Биколорное LED-освещение» создан в Google Формам (<https://forms.gle/hNyMqhZWW45vXhNj9>) и включает следующие вопросы:

- Ваш возраст
- Вы видели в окнах домов малиновый/фиолетовый свет?
- Как Вы думаете, для чего он используется?
- Вы или Ваши родственники пользуетесь таким освещением?
- Согласны ли Вы с утверждением, что он безопасен для человека?

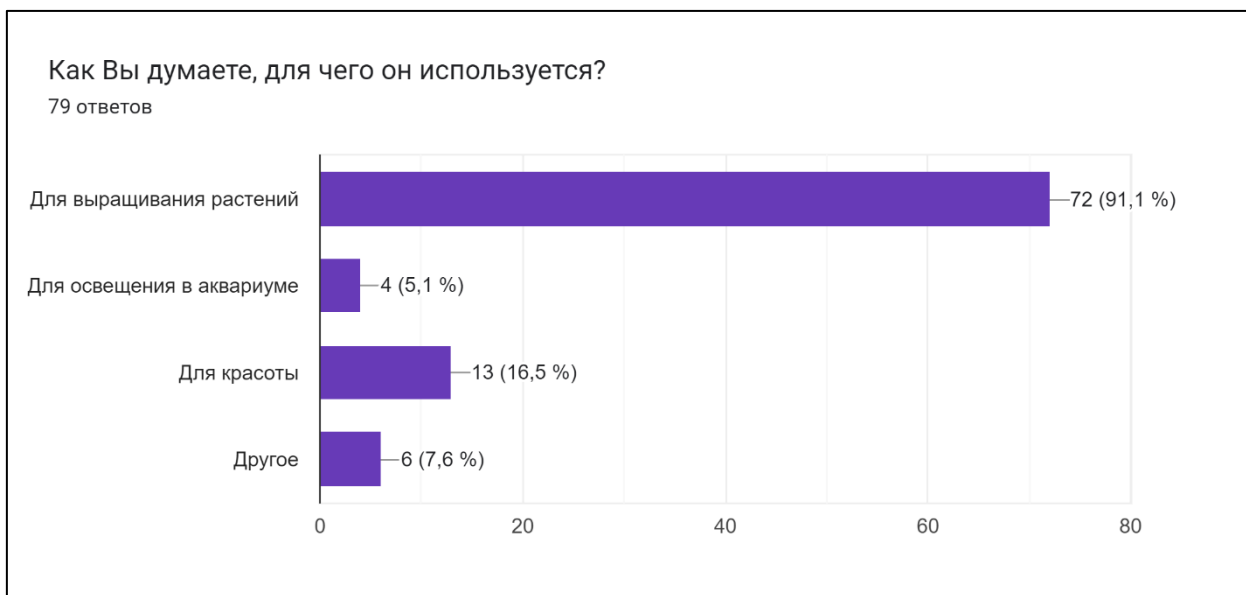
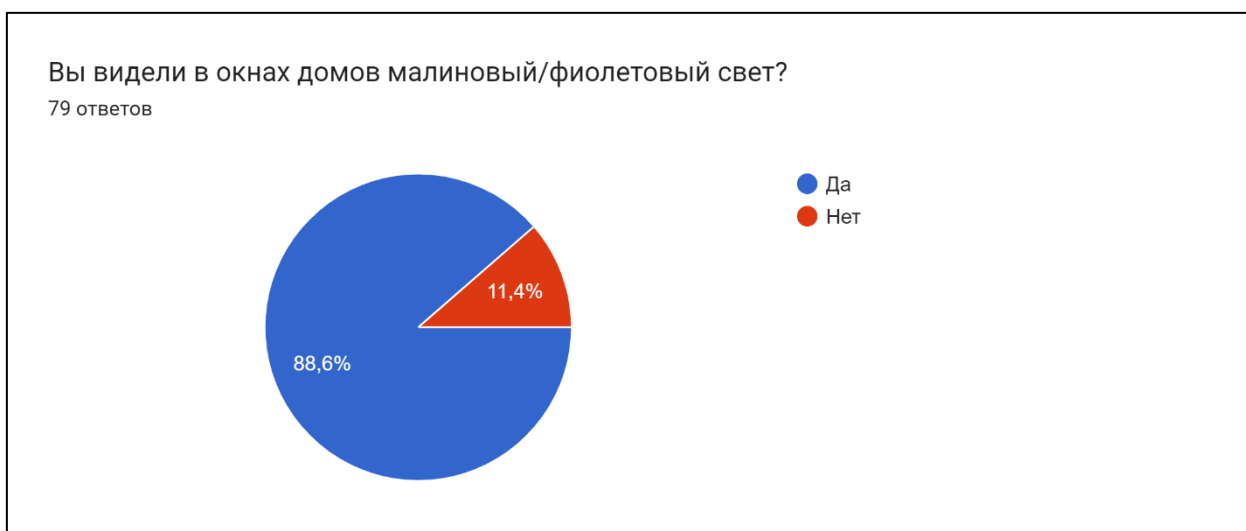




Рис. 1. Результаты социологического опроса

Результаты соцопроса показали, что большинство школьников (88,6%) видели в окнах домов малиновый свет, 72 респондента (91,1%) знают, что он используется для выращивания растений, но сами респонденты и их родственники его практически не используют - 74,7%.

Примечательно, что 13 человек (16,5%) считают его небезопасным для человека.

Таким образом, вопрос использования биколорного освещения достаточно интересен и спорен.

Для проверки нашей гипотезы, что более оптимальным для роста и развития растений является использование светодиодных ламп полного спектра, смоделировали установку по принципу гроубокс.

Гроубокс (от англ. growbox — ящик для выращивания) — закрытая система, специально оборудованная для выращивания растений. Оборудование позволяет автоматически регулировать микроклимат и поддерживать благоприятные условия среды.[7]

Гроубокс имеет два назначения: камера роста и техническое обеспечение.

В нашем случае мы используем микрогроу, или гроукомпакт — выращивание небольших растений в маленьком пространстве. Это небольшая версия гроубокса, которая не занимает много места и обычно встраивается в мебель. Мы использовали платяной шкаф.

Для обеспечения искусственного освещения решили использовать:

- LED-панель красно-синего спектра – малиновое свечение;
- LED-панель полного спектра – белое свечение.

В качестве тест-объектов выбраны культуры:


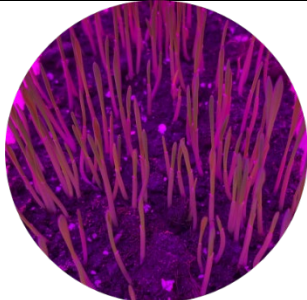



		
		
Овёс яровой	Рожь озимая	Подсолнечник обыкновенный
		
		
Горчица листовая Прима	Базилик зелёный	Морковь Нантская

Рис. 2. Экспериментальные растения

Такой выбор обусловлен популярностью, доступностью в продаже, быстрым и качественным прорастанием и опытом выращивания.

В качестве субстрата использовали:

- готовый питательный грунт с биогумусом для рассады.

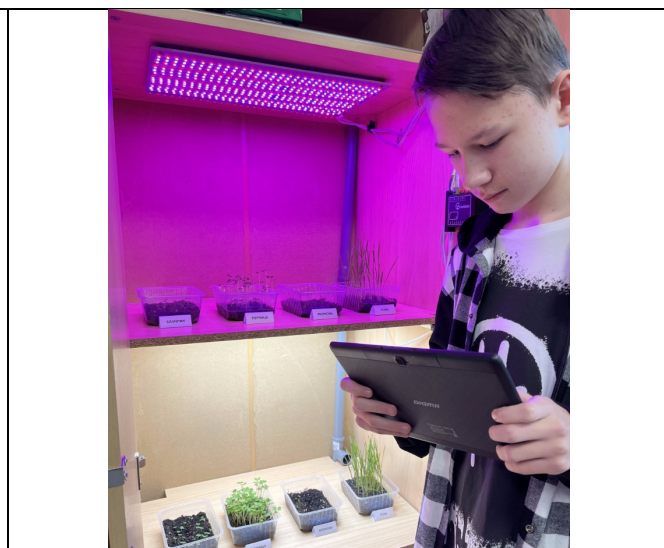
Для изготовления гроубокса и проведения эксперимента нам необходимо оборудование:

- платяной шкаф
- ДСП для установки полок
- светодиодная панель белого спектра
- светодиодная панель «фитоцвет»
- блок питания
- контроллер управления с аппаратно-программным обеспечением
- гаджет с Wi-Fi
- пластиковые контейнеры для микрозелени
- субстрат
- семена экспериментальных растений

### 3.2. Практический этап реализации проекта

Таблица 2. Алгоритм проведения эксперимента

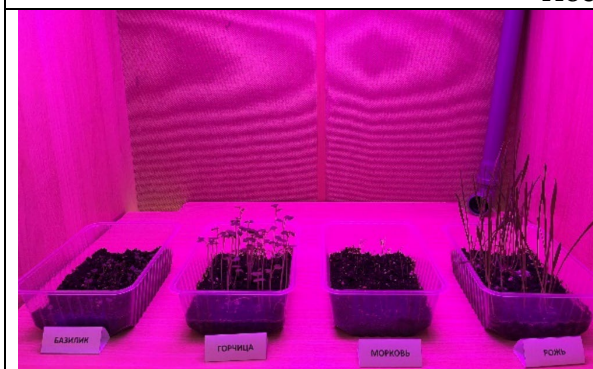




Настройка освещения



Посадка семян



Эксперимент №1. Искусственное освещение обеспечивается LED-панелью красно-синего спектра – малиновое свечение



Эксперимент №2. Искусственное освещение обеспечивается LED-панелью полного спектра – белое свечение

Мы собрали грубокс, установили светодиодные светильники, настроили освещение.

Программное обеспечение GROWBOX устанавливается на любое устройство с Wi-Fi-модулем (телефон, планшет, ноутбук) и позволяет

использовать различные спектры освещения, а также комбинировать их. Мы настроили уровень красного, синего и белого света, зеленый не использовали.

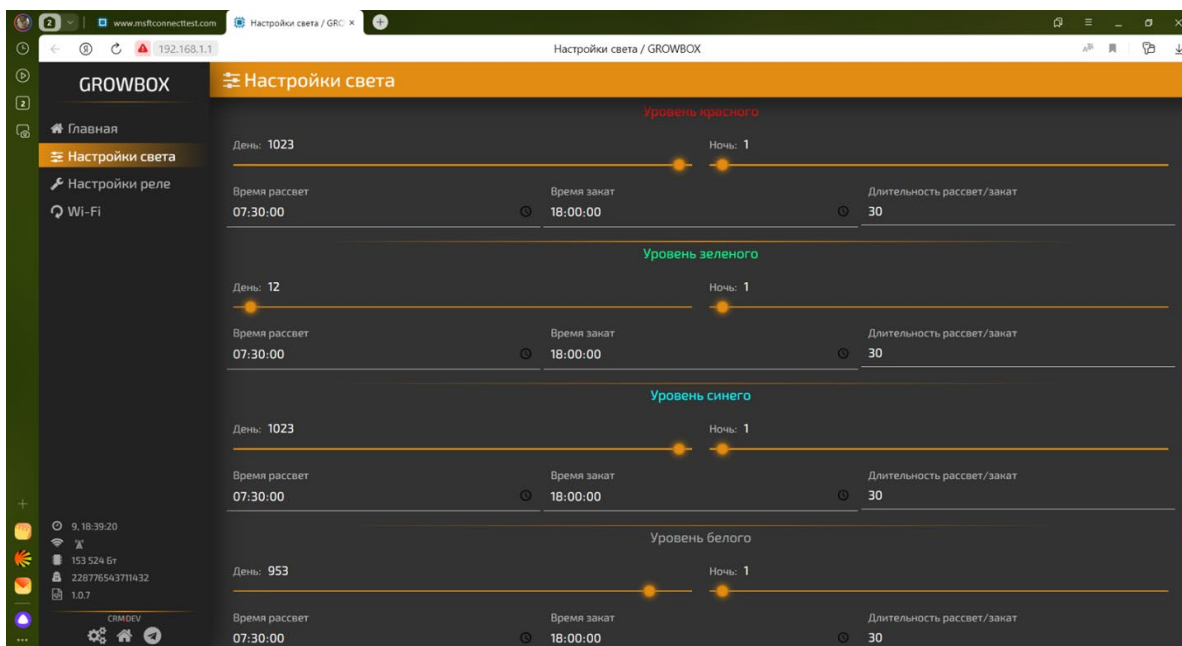


Рис.3. Программное обеспечение

Продолжительность искусственного освещения 10 часов. Включение и выключение автоматическое, по таймеру.

В 7.30 включается «рассвет», продолжительностью 30 минут. В 17.30 включается «закат» продолжительностью 30 минут.

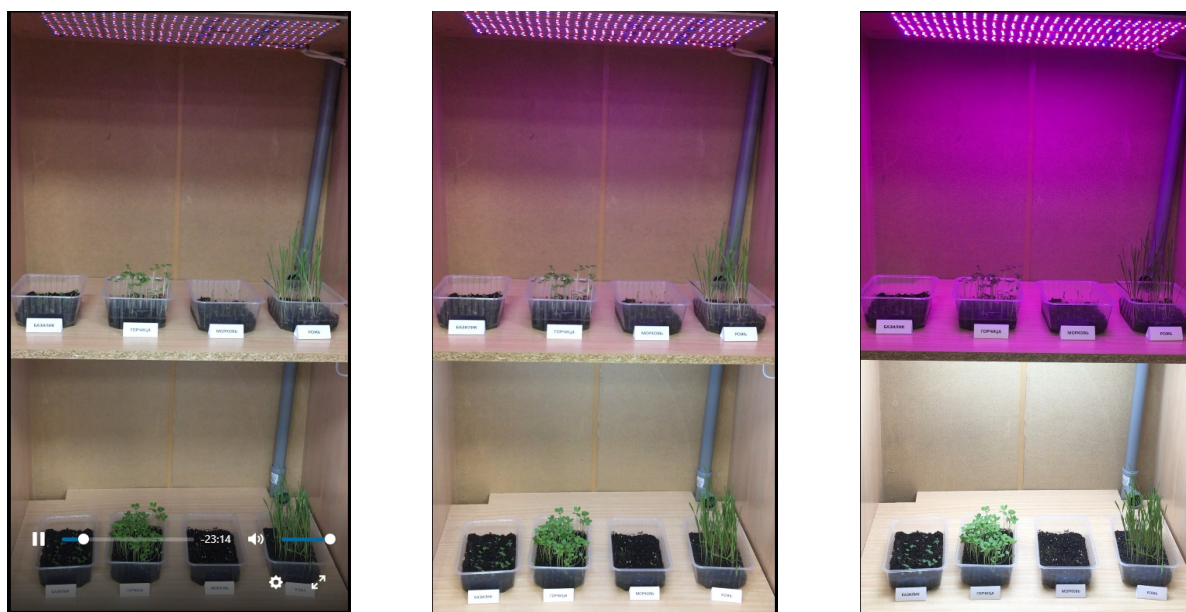


Рис.4. Режим «рассвет-закат»

Антистрессовый режим «рассвет-закат» позволяет создать достоверную имитацию естественных процессов. В природе нет резких изменений освещения, день сменяет ночь постепенно, а рассветные и закатные часы также важны для развития растений, как ночное или дневное время.

Исследования проводились в условиях Ульяновской области (7/8 световая зона) в осенне-зимний период.

В исследовании использовались два экспериментальных варианта.

1 – Растения, выращиваемые с искусственным освещением светодиодными биколорными лампами.

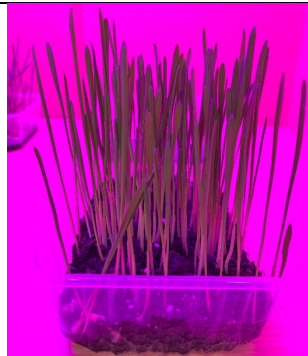
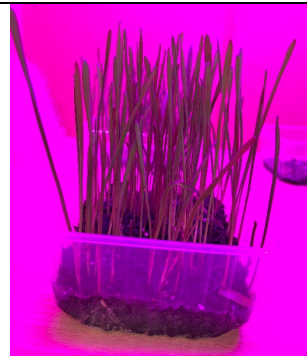




2 – Растения, выращиваемые с искусственным освещением светодиодными лампами полного спектра излучения.







Повторность опытов – 3-кратная.

Продолжительность каждого эксперимента – 14 дней.

Морфометрические показатели и характеристика всходов исследуемых культур представлены в таблице 3.

Таблица 3. Морфометрические показатели и характеристика всходов

Культура Эксперимент	Овёс яровой	Рожь озимая	Подсолнечник обыкновенный
Эксперимент №1	Массовая всхожесть более 90%, ростки 10-12 см.	Быстрая массовая всхожесть, крепкие ростки высотой 9-10 см	Всхожесть высокая более 80%, развитие медленное, ростки 1-1,5 см
			
	Горчица листовая Прима	Бasilik зеленый	Морковь Нантская
	Всхожесть средняя, 60%, развитие быстрое, ростки 6-7 см, вытянутые	Всхожесть массовая, 70%, ростки до 2 см	Всхожесть низкая, 40%, ростки 2,5-3 см, вытянутые
			

Эксперимент №2	Овёс яровой	Рожь озимая	Подсолнечник обыкновенный
	Всхожесть низкая менее 40%, ростки 8-9 см	Быстрая массовая всхожесть, крепкие ростки высотой 10-11 см	Всхожесть высокая более 85%, развитие быстрое, ростки 2-3 см
			
	Горчица листовая Прима	Базилик зеленый	Морковь Нантская
	Всхожесть высокая более 85%, развитие быстрое, ростки 5-6 см, крепкие	Всхожесть средняя, 60%, ростки 2-2,5 см, крепкие	Всхожесть низкая, 20%, ростки 2,5-3 см, вытянутые
			

Как мы видим, рожь и подсолнечник на начальных этапах развивались лучше при полном спектре излучения, а овес – при малиновом свечении. Затем показатели при различных типах освещения выровнялись.

Для всхожести и развития горчицы более оптимальным является полный спектр, а для моркови – малиновое освещение. Базилик показал массовую всхожесть при малиновом освещении, но более слабое развитие.

### 3.3. Ресурсное обоснование проекта

Общие затраты на проект составили 14 441 рублей.

Таблица 4. Проект сметы

№ п/п	Наименование	Цена	Кол-во	Стоимость/ресурсное обеспечение
1.	Платяной шкаф	-	1	в наличии

2.	ДСП для установки полок	-	3	в наличии
3.	Светодиодная лента 5050, 12 В, 24 В постоянного тока, RGB, теплый белый свет, 5 метров - белый - зелёный - красный - синий	333 Р 333 Р 333 Р 333 Р	1 1 1 1	333 Р 333 Р 333 Р 333 Р <a href="https://aliexpress.ru/">https://aliexpress.ru/</a>
4.	Источник питания LRS-350-24	2352 Р	1	2352 Р <a href="https://www.ozon.ru/">https://www.ozon.ru/</a>
5.	Контроллер управления (по индивидуальному проекту)	10000 Р	1	10000 Р
6.	Гаджет с Wi-Fi	-	1	Любое устройство с Wi-Fi-модулем (телефон, планшет)
7.	Пластиковые контейнеры для микрозелени	13 Р	8	104 Р
8.	Субстрат - грунт	145 Р	1	145 Р <a href="https://www.ozon.ru/">https://www.ozon.ru/</a>
9.	Семена экспериментальных растений - овёс яровой - рожь озимая - подсолнечник обыкновенный - базилик зеленый - морковь Нантская - горчица листовая Прима	69 Р 75 Р 29 Р 27 Р 23 Р 31 Р	2 2 2 2 2 2	138 Р 150 Р 58 Р 54 Р 46 Р 62 Р <a href="https://www.ncsemena.ru/shop/semena/">https://www.ncsemena.ru/shop/semena/</a>
Итого				14 441 Р

#### 4. Выводы

В результате проделанной работы проведено сравнительное исследование эффективности искусственного освещения культур – ржи озимой, овса ярового, подсолнечник обыкновенного, базилика зеленого, моркови Нантской, горчицы листовой Прима – светодиодными источниками света красно-синего и полного спектров.

Задачи решены в полном объеме.

1. Изучен опыт применения искусственного освещения для роста и развития растений.
2. Исследованы региональные особенности радиационного климата по обеспечению естественного режима облучения рассады и взрослых культур растений. Согласно исследованиям, выращиваемые культуры нашего региона нуждаются в регулярном досвечивании с октября по февраль
3. Разработана и сконструирована модель установки – экобокс с искусственным освещением, с таймером включения, с режимом «рассвет-закат».
4. Разработан алгоритм и проведен эксперимент по выявлению эффективности воздействия биколорного (красно-синего) и белого светового диапазона на рост и развитие исследуемых культур.
5. Результаты эксперимента показали неоднозначность выводов по использованию светодиодных ламп различного спектра.

Бесспорно, искусственное освещение светодиодными лампами благоприятно влияет на рост и развитие растений.

Если сравнивать энергоэффективность фитоламп полного спектра и биколорной, первая проигрывает, но из-за широты спектра дает растениям больше света, похожего на солнечный. Такое освещение отличается пиками в области фотосинтеза, что позволяет захватывать соседние зоны спектра. Растениям на разных этапах вегетации необходимы различные спектры. Именно белый свет обеспечивает использование нужного диапазона.

На основании полученных результатов считаем, что гипотеза «Более оптимальным является использование светодиодных ламп полного спектра» для роста и развития растений подтверждена.

#### 5. Заключение

Под белым светом растения эволюционировали всю историю жизни на Земле, хорошо растут под ним и в искусственной среде. Эффективность современных белых светодиодных светильников примерно соответствует лучшим специализированным ДНаТ и незначительно уступает светодиодным фитосветильникам с обедненным спектром [6]. Что делает использование белого света энергетически оправданным.

Интенсивность фотосинтеза под красным светом максимальна, но под одним только красным растения гибнут либо их развитие нарушается. Например, корейские исследователи показали, что при освещении чистым красным масса выращенного салата больше, чем при освещении сочетанием

красного и синего, но в листьях значимо меньше хлорофилла и антиоксидантов. А в лаборатории биофака МГУ [6] установили, что в листьях китайской капусты под узкополосным красным и синим светом (по сравнению с освещением натриевой лампой) снижается синтез сахаров, угнетается рост и не происходит цветения.

С белым светом труднее ошибиться и недодать растению каких-либо спектральных компонентов – там все есть.

Результаты работы опубликованы в Международном научном журнале для школьников «Юный ученый» (№ 76, февраль 2024 г.).

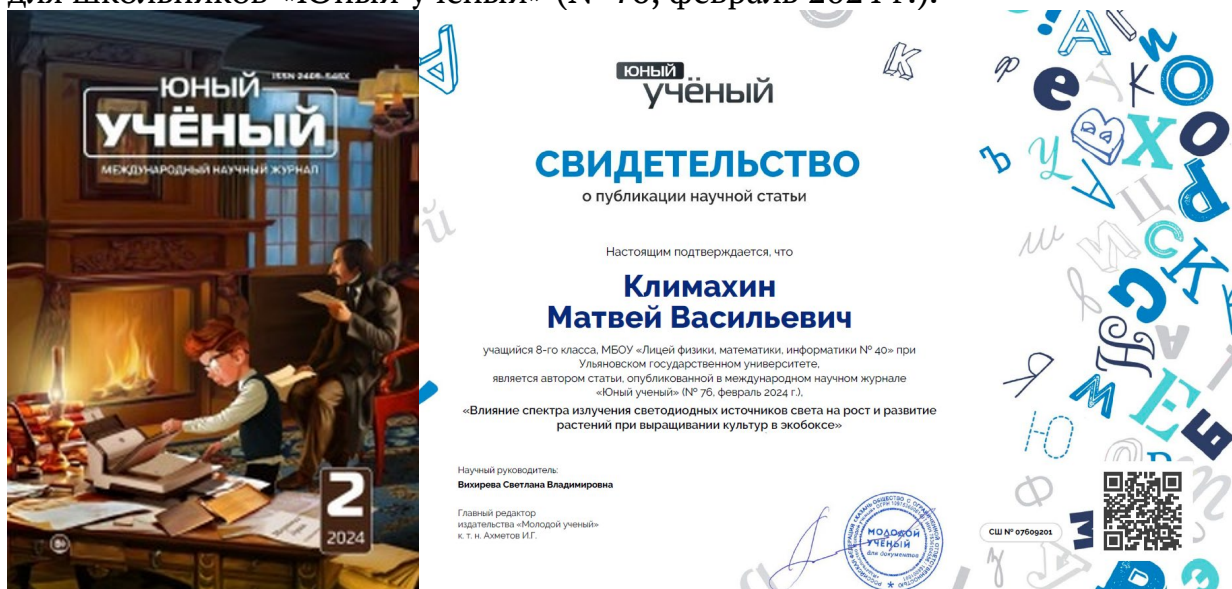


Рис.5. Свидетельство о публикации

### Перспективы развития проекта.

1. Использование сконструированного гроубокса для гидропонных систем.
2. Расширение автоматизации: автополив, аэрация.

### 6. Список литературы

1. Завертяев, К. О. Выбор светодиодных фитоламп для досвечивания тепличных культур по их характеристикам / К. О. Завертяев // Проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения : Материалы VIII Национальной конференции с международным участием, Саратов, 15–16 ноября 2018 года / Под редакцией Ф.К. Абдразакова. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2018. – С. 143–146.
2. Исследования и практические рекомендации по применению систем освещения со светодиодными источниками света / С. А. Амелькина, О. Е. Железникова, Л. В. Сеницына, С. А. Микаева // Автоматизация. Современные технологии. – 2016. – № 3. – С. 45–48.
3. Ульянова, Н. М. Сравнительное исследование эффективности светодиодных источников света для искусственной досветки растений / Н. М. Ульянова, А. Б. Мышонков // XLVI Огарёвские чтения : Материалы научной конференции: В 3-х частях, Саранск, 06–13 декабря 2017 года /

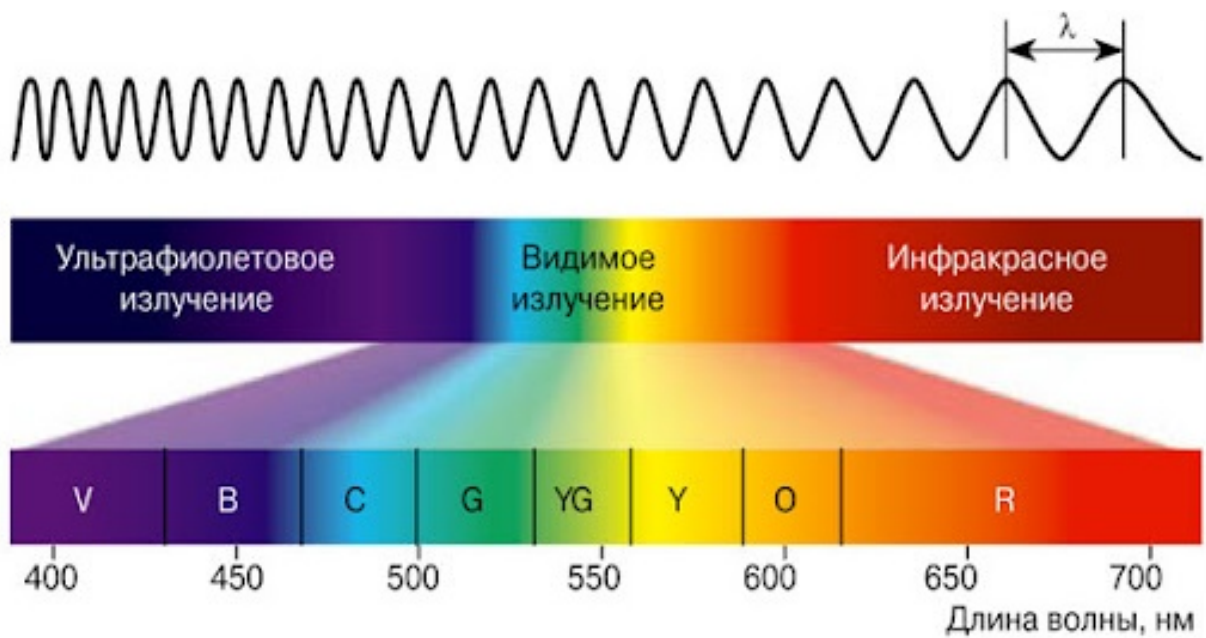
Ответственный за выпуск П.В. Сенин. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2018. – С. 128-133.

4. Чернышева, Р. И. Исследование влияния светодиодного освещения на развитие растений / Р. И. Чернышева // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства : Материалы II Международной научно-практической конференции, Макеевка, 11 апреля 2019 года / Под общей редакцией: В.И. Веретенникова, Е.П. Чучко, Н.Л. Савкина, П.Б. Должанова. – Макеевка: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская аграрная академия», 2019. – С. 49-51.
5. 9 советов по выбору фитолампы для рассады. URL: <https://diy.obl.ru/articles/9-sovetov-po-vibory-fitolampi-dlya-rassadi-20593/>
6. Освещение растений белыми светодиодами. URL: <https://habr.com/ru/articles/406663/>
7. Что такое гроубокс, и как его установить. URL: <https://mcgrp.ru/article/6090-что-такое-grouboks-i-kak-ego-ustanovit>

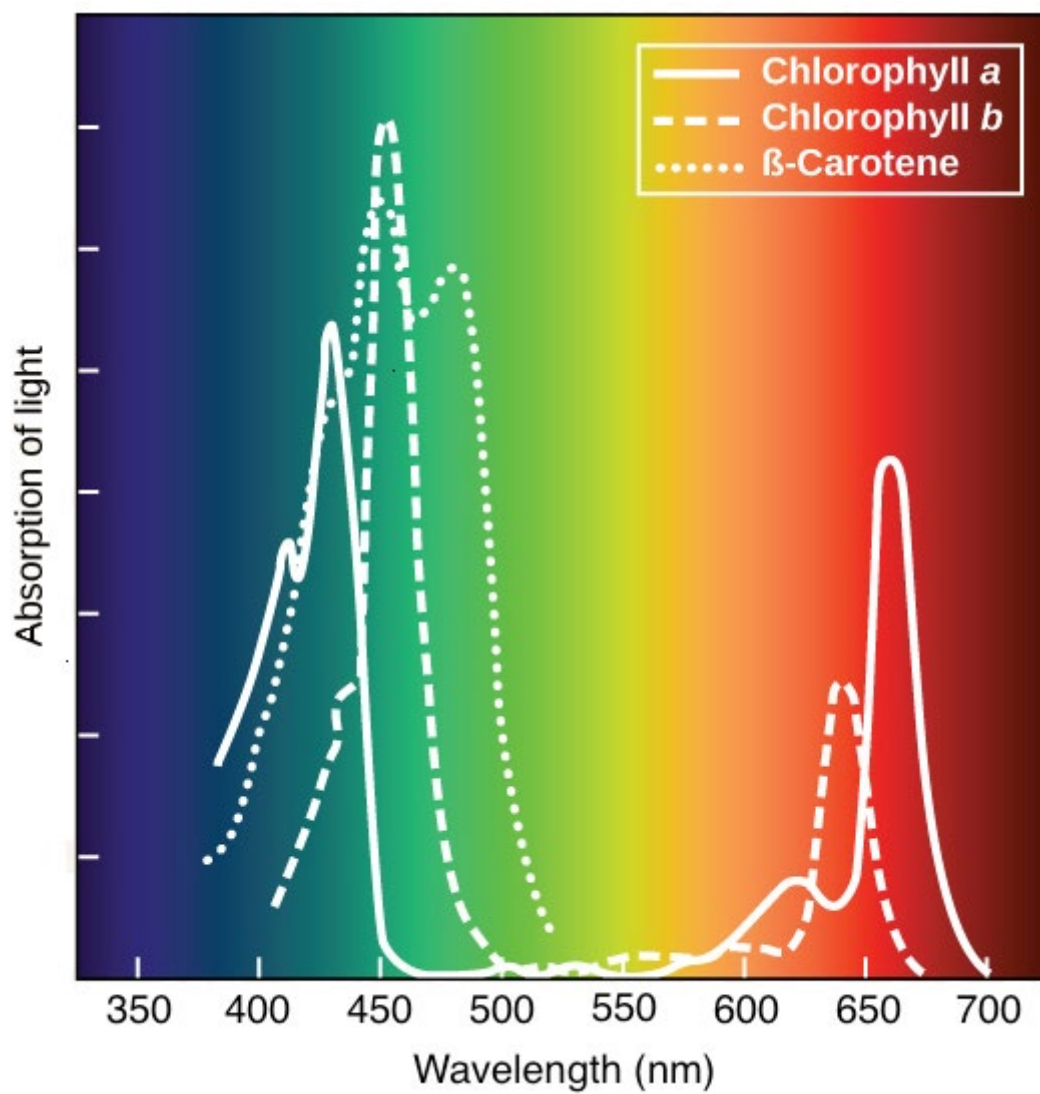
## 7. Приложение



Приложение 1. Биколорное досвечивание



Приложение 2. Световой спектр



Приложение 3. Поглощение света разной длины волны фотосинтетическими пигментами