

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



УДК 621.3.032

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

© 2017 г. Д.Н. Моргунов, С.И. Васильев

Представлены результаты экспериментальных лабораторных исследований спектральных характеристик (в относительных единицах) следующих источников света: лампы ДНаТ, люминесцентная, накаливания, светодиодная (для освещения), фитолампа. Также представлены полученные величины освещенности, температуры цвета и координаты цвета. Проведен анализ результатов исследований, позволяющий судить об эффективности и области применения исследуемых источников света. В результате проведенных исследований были получены спектрограммы основных электрических источников света. Анализ полученных спектрограмм позволяет заключить, что наименее эффективными для целей досвечивания и освещения растений являются лампы накаливания и натриевые лампы (ДНаТ). В составе их спектра почти отсутствуют синие части спектра, необходимые для фотосинтеза растений. Более эффективными являются люминесцентные лампы и светодиоды белого цвета. В их спектрах достаточно хорошо выражены фиолетовые части спектра, но недостаточно – синие. Это снижает их эффективность, но тем не менее позволяет применять их для досвечивания растений. Наиболее эффективными являются комбинированные светодиоды со сдвоенным кристаллом – фитодиоды. Сдвоенный кристалл генерирует преимущественно синий и фиолетовый цвет спектра. Спектр фитодиодов наиболее приближен к солнечному, имеет два ярко выраженных максимума. Световой поток, содержащий в основном фиолетовую и синюю части спектра, излучаемый фитодиодом, позволит наиболее эффективно осуществлять досвечивание растений. Как следствие, позволит активизировать фотосинтез, обменные процессы в целом, следовательно, рост, развитие растений и созревание плодов. Энергетическая и экономическая эффективность фитодиодов сопоставима со светодиодами. Следовательно, энергозатраты минимальны. Таким образом, досвечивание или технологии светокультуры с применением фитосветильников наиболее эффективны как в биологическом, так и в энергетическом аспектах.

Ключевые слова: спектр, освещенность, цвет, светодиод, координата цвета, экономия электроэнергии.

There are presented results of experimental laboratory research of the spectral characteristics (in relative units) of the following light sources: arc sodium tubular lamp (AST), luminescent lamp, incandescent lamp, LED lamp (for illumination), phyto-lamp. The obtained values of illumination, color temperature and color coordinates are also presented. The analysis of the research results is carried out, allowing to judge about the efficiency and application areas of the light sources. As a result of the research, spectrograms of the main electric light sources were obtained. The analysis of the obtained spectrograms allows to conclude that incandescent lamps and sodium lamps (AST) are the least effective for the purposes of plant supplementary lighting and illumination. Spectrum composition lacks the blue parts of the spectrum, which are necessary for the photosynthesis of plants. Fluorescent lamps and white LEDs are more effective. In their spectra, the violet parts of the spectrum are fairly well presented, but blue ones are not enough. This reduces their effectiveness, but nevertheless, allows to use them for plant supplementary lighting. The most effective lamps are combined LEDs with a dual crystal – phyto-diodes. A dual crystal generates predominantly blue and violet color of the spectrum. The spectrum of phyto-diodes is the closest to the solar one, and has two bright maxima. The light flux containing mainly the violet and blue parts of the spectrum emitted by the phyto-diode will allow to carry out the most efficiently the supplementary lighting of the plants. As a consequence, it will activate photosynthesis, metabolic processes in general, therefore growth, plant development and fruit ripening. The energy and economic efficiency of phyto-diodes is comparable to that of light-emitting diodes. Consequently, energy consumption is minimal. Thus, the supplementary lighting or technology of light culture with the use of phyto-lamp are the most effective, both in biological and in energy aspects.

Keywords: spectrum, illumination, color, LED, color coordinate, energy saving.

Цель исследования: получить и проанализировать спектральные характеристики электрических источников света для обоснования эффективности их последующего применения.

Материал и методы исследования. Исследования электрических источников света (ламп накаливания, люминесцентной, ДНаТ, светодиодной лампы и светодиодной фитолампы) проводились в лабораторных условиях, в специальном помещении. В данном помещении, в момент проведения эксперимента, отсутствует возможность проникновения светового потока от других источников света, кроме исследуемого, в том числе естественного.

Исследования проводились по следующим параметрам: освещенность, цветовая температура, спектр излучения в относительных единицах, координаты цвета [1].

Исследования данных параметров проводились с помощью спектроколориметра ТКА-ВД (рисунок 1).

Прибор предназначен для измерения координат цветности и коррелированной цветовой температуры источников света в Международной колориметрической системе МКО 1931 г. и 1976 г. (Международной комиссии по освещению), освещенности, создаваемой нормально расположенными источниками, яркости самосветящихся и несамосветящихся поверхностей накладным способом и яркости киноэкранов [2].

Применяется для измерения цветовых характеристик, освещенности и яркости сигнальных огней, световых табло, рекламных экранов, киноэкранов, светофоров и т.д.

Конструктивно ТКА-ВД состоит из трех функциональных блоков: два сменных оптоэлектронных блока – 01 «Яркость» и 02 «Освещенность» с гибкими многожильными экранированными кабелями, блок обработки сигнала.



1 – оптоэлектронный блок – 01; 2 – оптоэлектронный блок – 02;
3 – блок обработки сигнала; 4 – сетевой блок питания
Рисунок 1 – Общий вид спектроколориметра ТКА-ВД

Прибор имеет возможность отображения информации результатов измерения: координаты цветности (x , y ; u' , v'); координаты цвета (X , Y , Z), цветовую коррелированную температуру (T_c) и яркость (L) или освещенность (E) на

встроенном ЖКИ и (или) на экране компьютера [2, 3].

С помощью входящего в комплект программного обеспечения «Спектрофотометр вер. 2.0 для ТКА-ВД» под Windows можно получить

ряд дополнительных расчетных характеристик измеренного источника света.

Общий вид спектроколориметра представлен на рисунке 1. Он состоит из оптоэлектронных блоков 1 и 2, блока обработки сигнала 3, сетевого блока питания 4.

В зависимости от исследуемых источников света и измерительных блоков, возможны различные схемы расположения лабораторного оборудования.

В нашем случае применяется прямая схема расположения, то есть исследуемый источник света и спектроколориметр располагаются в одной плоскости, в соответствии со схемами, представленными на рисунке 2. В данном случае важно выдерживать определенное расстояние между источником света и измерительным оборудованием в зависимости от габаритов источника света [5].

Исследуемые электрические источники света применяются для освещения улиц, промышленных зданий и помещений, общественных и жилых помещений, а также для досвечивания растений, выращиваемых в закрытом грунте и в технологиях светокультуры [4].

Важно то, что в каждом случае спектр излучения источника света должен быть различным.

Спектр излучения характеризуется энергией светового потока на определенных длинах волн (спектрограмма). Общее представление о спектре дает цветовая температура.

Так, например, по результатам исследований для уличного освещения наиболее приемлем желто-оранжевый, с температурой цвета около 1500–2000 °K, для офисных помещений – теплый белый, с температурой цвета около 3000 °K, а для досвечивания растений и освещения по технологиям светокультуры необходим комбинированный спектр.

Растения для фотосинтеза нуждаются в солнечном свете. Однако результаты научных исследований свидетельствуют, что не всякий свет полезен для растений [6].

Планируя освещение теплицы, важно различать основное освещение и досветку. Задача основного освещения – восполнить нехватку у растений естественного солнечного света с помощью искусственных источников и, конечно же, создать комфортные условия для работы растениевода. Досветка применяется для стимуляции развития растения на разных стадиях роста, например, с целью увеличения урожая или ускорения цветения [7, 8].

Объект	Пример установки	Величина измерения (модель СИ)
Тепловой источник света (электрические лампы накаливания), газоразрядные источники света (металлогалогенная, ксеноновая и люминесцентная лампы), светодиодные лампы и трубки (линейные светильники)		T_d [K]; (x, y) ; (u', v') Расчетные в ПО: λ_d ; p_e ; R_a («ТКА-ВД»/02)

Рисунок 2 – Схемы расположения спектроколориметра и источника света

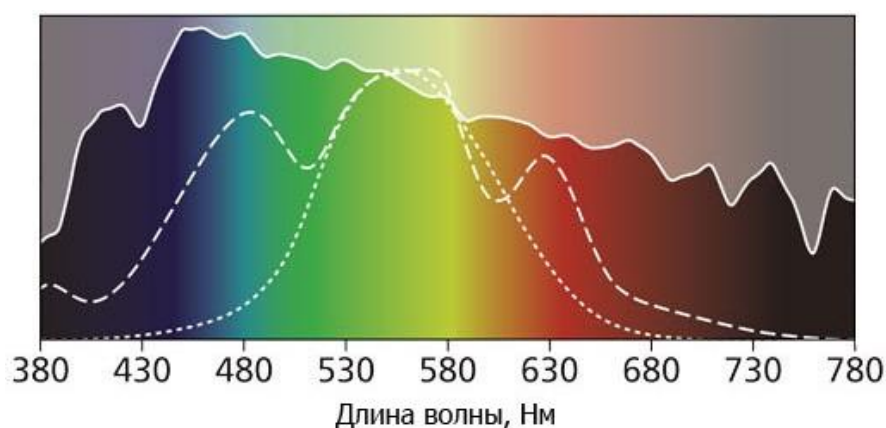


Рисунок 3 – Спектрограмма солнечного света

Недостаточно просто обеспечить яркое освещение – крайне важен состав света. Фотосинтез у растений способен протекать только под воздействием волн определенной длины в световом спектре. Солнечный свет содержит именно такой спектр. Соответственно, искусственный свет должен быть максимально близок по своему спектральному составу к солнечному, чтобы растения могли своевременно и правильно развиваться [9].

На рисунке 3 представлена спектрограмма солнечного света в относительных единицах, с указанием максимумов энергии, приходящихся на голубую (длина волны 400–500 нм) и фиолетовую (600–700 нм) части спектра. Данные максимумы энергии обозначены пунктирной линией [2].

В солнечном спектре преобладают голубые и фиолетовые оттенки. Красные цвета выражены не столь отчетливо.

Разные части спектра видимого света оказывают различное влияние на растение: красный стимулирует развитие корневой системы, образование соцветий, созревание плодов, синий и фиолетовый отвечают за рост вегетативной массы, зеленый и желтый практически не поглощаются и отражаются от поверхности – поэтому все растения зеленого цвета. Подсвечивая растение определенными спектрами света, можно управлять фотохимическими процессами его развития на разных стадиях роста, увеличивая эффективность теплицы. Для досветки растений применяются специальные фитосветильники. Широко распространены фитосветильники с люминесцентными лампами, металлогенными зеркальными лампами высокого

давления (ДРИЗ) и ДНаТ. Фитосветильники крепятся непосредственно над растениями. Наиболее эффективное излучение для растения находится в участках 400–450 и 650–700 нм. Именно эти длины волн – красный и синий цвета спектра – используются для фотосинтеза. Они имеют принципиальное значение для развития корневой системы и листьев [4].

Теоретически освещать растения можно разными источниками: лампами накаливания, люминесцентными, дуговыми ртутными и натриевыми лампами, а также светодиодными светильниками.

Для обоснования эффективности применения определенного источника света в зависимости от назначения были проведены экспериментальные исследования, результаты которых приведены ниже.

Результаты исследования и их обсуждение. Рассмотрим лампу накаливания. Она создает освещенность в точке установки спектроколориметра, равную $E = 56,2$ лк. При этом коррелированная цветовая температура составляет $T_c = 2380$ °К. Координаты цвета (в системе XYZ модели цветового пространства): $X = 115$; $Y = 100$; $Z = 15$.

Цветовая модель – математическая модель описания представления цветов в виде кортежей чисел (обычно из трёх, реже – четырёх значений), называемых цветовыми компонентами или цветовыми координатами. Все возможные значения цветов, задаваемые моделью, определяют цветовое пространство.

«XYZ» – это эталонная цветовая модель, заданная в строгом математическом виде организацией CIE (International Commission on

Illumination – Международная комиссия по освещению) в 1931 году. Модель CIE «XYZ» является мастер-моделью практически всех остальных цветовых моделей, используемых в технических областях.

Цветовая модель задаёт соответствие между воспринимаемыми человеком цветами, храняемыми в памяти, и цветами, формируемыми на устройствах.

На рисунке 4 представлена спектрограмма лампы накаливания. Анализируя ее и совмещая со спектрограммой солнечного света, очевидно, что в ней недостаточно выражена фиолетовая часть (около 55% от максимума энергии). А голубые оттенки, необходимые для фотосинтеза, практически отсутствуют (не более 5–10%).

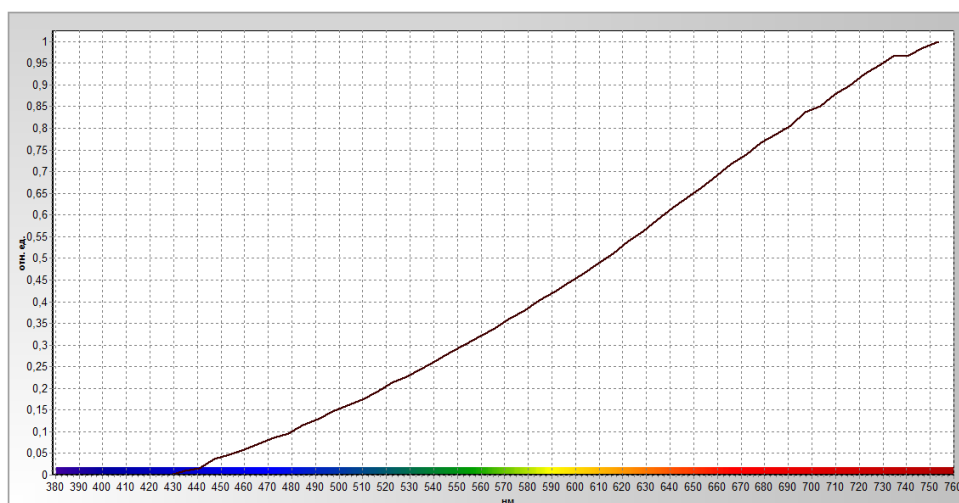


Рисунок 4 – Спектрограмма лампы накаливания

Дефицит синего цвета приводит к вытягиванию листьев и стеблей, растения становятся хрупкими и болезненными.

Основная энергия спектра лампы накаливания расположена в красной и инфракрасной части спектра.

Таким образом, освещение теплицы лампами накаливания – самый неэффективный способ – 98% энергии тратится не на освещение, а на нагрев самой лампы.

Освещение теплицы люминесцентными лампами. По сравнению с лампами накаливания, люминесцентные лампы более эффективны. Их коррелированная цветовая температура достигает $T_c = 3300 \text{ }^\circ\text{K}$, а освещенность $E = 81,4 \text{ лк}$.

Спектрограмма люминесцентной лампы представлена на рисунке 5.

Спектр люминесцентных ламп имеет синие оттенки, необходимые для фотосинтеза. Один из максимумов синей части приходится на длину волны, равную 490 нм, что положительно

для растений. Однако его интенсивность не высока, всего 0,28 относ.ед. Второй синий максимум выходит за пределы эффективной длины волны (длина волны 435 нм).

У люминесцентных ламп наиболее эффективно развита фиолетовая часть спектра, в ней наблюдается максимум при длине волны 615 нм, с интенсивностью до 0,85 относ.ед. Это положительно влияет не только на фотосинтез растений, но и на урожайность и скорость созревания.

Однако есть и существенный недостаток – основная часть спектра люминесцентных ламп приходится на зеленую область (зеленый максимум), в то время как зеленый цвет не усваивается растениями, а полностью отражается. Это приводит к недостаточной эффективности люминесцентных ламп для досвечивания растений и тем более для применения в технологиях светокультуры.

Анализ спектрограммы дает следующие координаты цвета: $X = 103$; $Y = 100$; $Z = 42$.

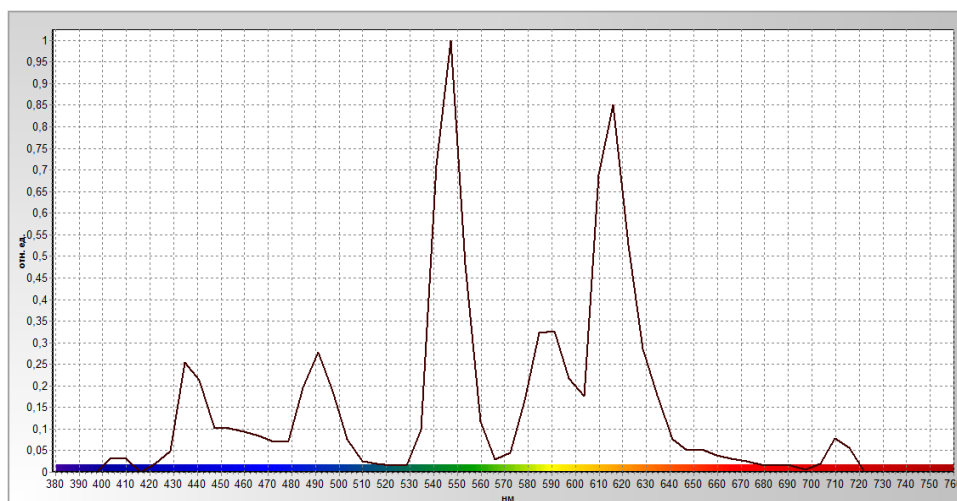


Рисунок 5 – Спектрограмма люминесцентной лампы

Светильники для теплиц с лампами ДНаТ. Светильники с натриевыми лампами могут похвастаться высокой эффективностью и большим световым потоком. Тем не менее, как и в случае с люминесцентными лампами и лам-

пами накаливания, спектру свечения ламп ДНаТ сильно недостает синих оттенков.

Спектрограмма лампы ДНаТ представлена на рисунке 6. Данные лампы создают большой световой поток и освещенность, достигающую (в данном эксперименте) $E = 374,4$ лк.

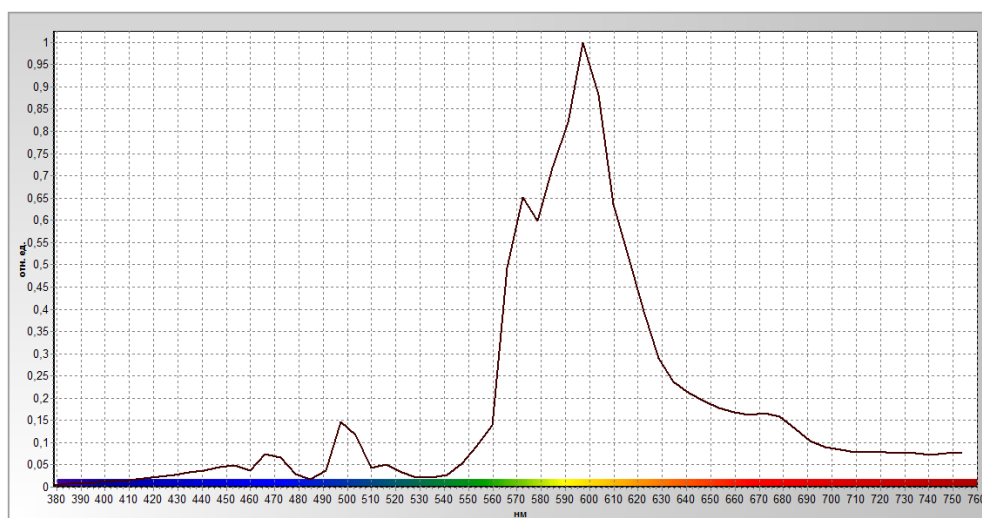


Рисунок 6 – Спектрограмма лампы ДНаТ

При анализе спектрограммы очевидно, что основная часть энергии излучается в зелено-желтой части, с длиной волны от 560 до 630 нм. Анализ спектра показывает, что коррелированная цветовая температура, в данном случае, составляет $T_c = 1860$ °К, координаты цвета: $X = 132$; $Y = 100$; $Z = 13$.

Фиолетовая часть спектра частично захватывается, это позволяет применять лампу ДНаТ для досвечивания растений, однако, оче-

видно, что из-за отсутствия синих оттенков их эффективность невысока.

В этом случае лампы ДНаТ наиболее эффективны для освещения улиц, зданий и сооружений, так как отзывчивость человеческого глаза на данную часть спектра (с длиной волны от 550 до 650 нм) наибольшая.

Светодиодное освещение. В настоящее время активно начинает развиваться светодиодное освещение различных объектов и помещений.

Возникает вопрос об эффективности и допустимости применения светодиодного освещения в сельскохозяйственном производстве, в частности для освещения и досвечивания растений.

Светодиодный свет больше всего похож по спектральному составу на солнечный (рисунок 7). Коррелированная цветовая температура белого светодиода составляет $T_c = 4100$ °K. Также светодиоды способны генерировать большой световой поток, в данном эксперименте освещенность в точке замера составила $E = 101,9$ лк. Анализируя спектрограмму светодиода, получаем координаты цвета: $X = 98$; $Y = 100$; $Z = 62$.

Особенно важно то, что спектрограмма светодиода имеет два приблизительно одинаковых по интенсивности (около 1 относ. ед.) ярко выраженных максимума. При этом максимум синей части приходится как раз на середину этой части – 450 нм. А второй максимум захватывает желто-фиолетовую часть спектра в интервале 550–650 нм.

Однако у белого светодиода также выражены и неэффективные (для досвечивания и освещения растений) области спектра: зелено-желтая (530–600 нм) и красная (свыше 650 нм). Это снижает его эффективность в тепличном производстве.

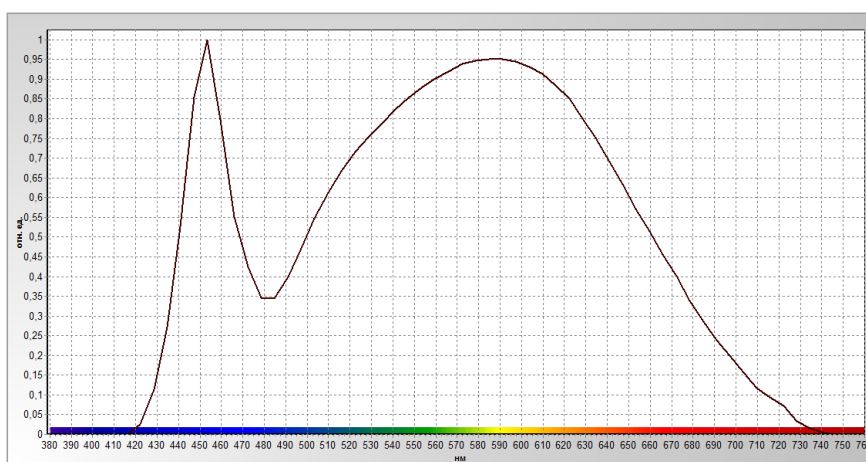


Рисунок 7 – Спектрограмма белого светодиода

Положительной особенностью светодиодного освещения является то, что подбор необходимой длины волны в составе светодиодного светильника – хорошо решаемая задача с комбинированием фиолетового и синего спектров. Производители светодиодов в настоящее время продвинулись еще дальше, освоив производство светодиодов с комбинацией красных, фиолетовых и синих кристаллов, такие диоды называются фитодиоды. Выпуск таких светодиодов значительно упростил производство фитосветильников – приборов нового поколения. Это, соответственно, уменьшило стоимость прибора освещения.

Фитосветильники и фитодиоды пока не нашли широкого применения в реальном производстве. Как следствие, возникают вопросы относительно их биологической и экономической эффективности, применимости.

В этой связи нами были проведены исследования спектрограммы фитосветодиода, который может входить в состав фитосветильника.

Получили, что светодиод с комбинированным (двойным) кристаллом излучает световой поток с выраженными синим и фиолетово-красным максимумами (рисунок 8).

В этом случае коррелированная цветовая температура составляет $T_c = 3900$ °K. Глазом человека воспринимается как теплый белый цвет. При этом фитодиод излучает большой световой поток, создавая освещенность, в точке замера равную $E = 297,6$ лк.

Анализ спектрограммы позволяет получить координаты цвета: $X = 110$; $Y = 100$; $Z = 83$.

Таким образом, комбинированный светодиод – фитодиод, имеет спектрограмму, наиболее близкую к спектрограмме солнечного света (см. рисунок 3).

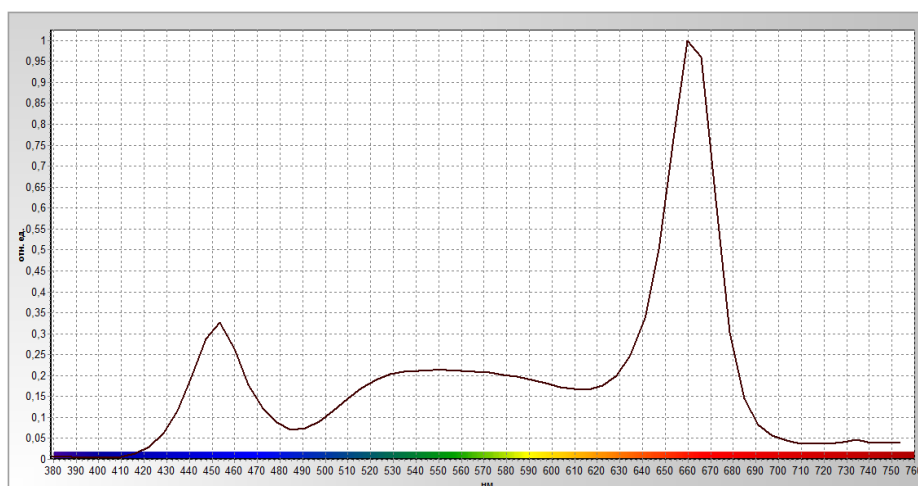


Рисунок 8 – Спектрограмма фитодиода

Световой поток, содержащий в основном фиолетовую и синюю части спектра, излучаемый фитодиодом, позволит наиболее эффективно осуществлять досвечивание растений. Это позволит активизировать фотосинтез, обменные процессы в целом, а следовательно, рост, развитие растений и созревание плодов.

Энергетическая и экономическая эффективность фитодиодов сопоставима со светодиодами. Следовательно, энергозатраты минимальны.

Заключение. В результате проведенных исследований были получены спектрограммы основных электрических источников света.

Анализ полученных спектрограмм позволяет заключить, что наименее эффективными для целей досвечивания и освещения растений являются лампы накаливания и натриевые лампы (ДНаТ). В составе их спектра почти отсутствуют синие части спектра, необходимые для фотосинтеза растений.

Более эффективными являются люминесцентные лампы и светодиоды белого цвета. В их спектрах достаточно хорошо выражены фиолетовые части спектра, но недостаточно — синие. Это снижает их эффективность, но тем не менее позволяет применять их для досвечивания растений.

Наиболее эффективными являются комбинированные светодиоды со сдвоенным кристаллом — фитодиоды. Сдвоенный кристалл генерирует преимущественно синий и фиолетовый цвета спектра. Спектр фитодиодов наиболее приближен к солнечному, имеет два ярко выраженных максимума.

Таким образом, досвечивание или технологии светокультуры с применением фитосветильников наиболее эффективны как в биологическом, так и в энергетическом аспектах.

Литература

1. Производственное светотехническое объединение / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <http://www.alb.ru/articles/dimming> (дата обращения 10.03.16).
2. Цветовая модель / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Цветовая_модель (дата обращения 19.05.16).
3. Бугров, В.Е. Оптоэлектроника светодиодов / В.Е. Бугров, К.А. Виноградов. — Санкт-Петербург: Национальный исследовательский университет, 2013. — 174 с.
4. Светодиодные светильники — шаг в будущее / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <http://www.diy.ru/post/6240> (дата обращения 15.02.16).
5. СНиП 23-05-2010. Естественное и искусственное освещение / Министерство регионального развития Российской Федерации. — Москва, 2010. — 76 с.
6. Тайны филаментных светодиодных ламп / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <http://market.elec.ru/nomer/56/tajny-filamentnyh-svetodiodnyh-lamp> (дата обращения 19.03.16).
7. Выращивание листового салата в светодиодной облучательной камере / И.В. Юдаев, Д.И. Чарова, А.С. Феклистов, И.Н. Воротников, Ш.Ж. Габриелян // Сельский механизатор. — 2017. — № 1. — С. 20–21.
8. Чарова, Д.И. Возможность применения технологии объемного облучения растений в сооружениях защищенного грунта / Д.И. Чарова, В.А. Петрухин, И.В. Юдаев // Инновации в сельском хозяйстве. — 2016. — №1(16). — С. 28–32.
9. Юдаев, И.В. Повышение урожайности овощных культур за счет использования СИД для электродосвечивания растений в сооружениях защищенного грунта / И.В. Юдаев, Д.И. Чарова // В сб. «Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях

ВТО»: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию образования ВолГАУ. – Волгоград, 2014. – С. 459–463.

References

1. Proizvodstvennoe svetotekhnicheskoe ob'edinenie [Industrial lighting association], available at: <http://www.alb.ru/articles/dimming> (Access date: 10.03.16).
2. Cvetovaja model' [Color model], available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Cvetovaja_model' (Access date: 19.05.16).
3. Bugrov V.E., Vinogradov K.A. Optoelektronika svetodiodov [Optoelectronics of LEDs], Saint-Petersburg, Nacional'nyj issledovatel'skij universitet, 2013, 174 p.
4. Svetodiodnye svetil'niki – shag v budushhee [LED lights are step into the future], available at: <http://www.diy.ru/post/6240> (Access date: 15.02.16).
5. SNiP 23-05-2010. Estestvennoe i iskusstvennoe osveshhenie [Natural and artificial lighting], Ministerstvo regional'nogo razvitiya Rossijskoj Federacii, Moscow, 2010, 76 p.
6. Tajny filamentnyh svetodiodnyh lamp [Secrets of filament light-emitting diode lamps], available at: <http://market.elec.ru/nomer/56/tajny-filamentnyh-svetodiodnyh-lamp> (Access date: 19.03.16).

7. Judaev I.V., Charova D.I., Feklistov A.S., Vorotnikov I.N., Gabrieljan Sh.Zh. Vyrashhivanie listovogo salata v svetodiodnoj obluchatel'noj kamere [Growing of lettuce in LED irradiation chamber], Sel'skij mehanizator, 2017, No. 1, pp. 20–21.

8. Charova D.I., Petruhin V.A., Judaev I.V. Vozmozhnost' primeneniya tehnologii ob'emnogo oblucheniya rastenij v sooruzhenijah zashhishennogo grunta [The possibility of applying the technology of volumetric irradiation of plants in constructions of protected ground], Innovacii v sel'skom hozjajstve, 2016, No. 1(16), pp. 28–32.

9. Judaev I.V., Charova D.I. Povyshenie urozhajnosti ovoshhnyh kul'tur za schet ispol'zovanija SID dlja jelektrodozvechivaniya rastenij v sooruzhenijah zashhishennogo grunta [Increase of productivity of vegetable crops by application of LEDs for electric supplementary lightening of plants in constructions of protected ground], V sbornike: Nauchnye osnovy strategii razvitiya APK i sel'skih territorij v uslovijah VTO: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhionnoj 70-letiju obrazovaniya VolGAU, Volgograd, 2014, pp. 459–463.

Сведения об авторах

Моргунов Денис Николаевич – директор ООО «ПТП ЭнергоСтандарт», аспирант кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта», ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» (Россия). Тел.: 8 (846) 231-03-62.

Васильев Сергей Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» (Россия). Тел.: 8 (84663) 46-3-46. E-mail: si_vasilev@mail.ru.

Information about the authors

Morgunov Denis Nikolaevich – Director of Ltd. «PTP EnergoStandart», postgraduate student of the Electricity supply of railway transport department, FSBEI HE «Samara State Transport University» (Russia). Phone: 8 (846) 231-03-62.

Vasiliev Sergey Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Electrification and automation of agroindustrial complex department, FSBEI HE «Samara State Agricultural Academy» (Russia). Phone: 8 (84663) 46-3-46. E-mail: si_vasilev@mail.ru.

УДК 629.039.58

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛИСТОВЫМ ПОЛИКАРБОНАТОМ

© 2017 г. О.С. Атрашенко, В.С. Галушак, А.Г. Сошинов, В.Д. Мушленко, В.Ш. Сулаберидзе

Проблемы поиска наиболее эффективных материалов для изготовления солнечных батарей являются предметом многих научных исследований. Широкое распространение поликарбоната в строительстве и промышленности сделало необходимым рассмотреть возможность его применения и в солнечной энергетике. Одной из важнейших характеристик при использовании поликарбоната для этих целей является оценка его поглощающей способности по отношению к солнечному излучению. В статье описан эксперимент по оценке потерь солнечного излучения при прохождении его через слои листового поликарбоната. Измерения проводились при изменении угла падения солнечных лучей от нуля до девяноста градусов. В результате получен ряд кривых для различных толщин и состояний листового поликарбоната, показавших, что поглощение солнечного излучения не превышает десяти процентов для углов падения солнечных лучей до сорока пяти градусов. Представленные результаты могут быть использованы при проектировании новых конструкций солнечных батарей, а также при строительстве теплиц, парников, сушилок. Защитное покрытие снижает выработку электроэнергии, но его применение оправдано. Из-за атмосферных воздействий солнечные батареи могут быстро выйти из строя, что потребует их замены или покупки новых панелей.