

УДК 502,504: 631.6: 631.3: 626/627

**В.А. ФАРТУКОВ**

Закрытое акционерное общество ЗАО «Бюро сервиса и эксплуатации» BSM г. Москва, Российская Федерация

**М.В. ЗЕМЛЯНИКОВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

## СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАШИННОГО ПОЛИВА

*В статье приводится способ определения качества автоматизированного полива на основе спектрометрии состояния растения. Представлен анализ метода и способы определения качественного состава поливаемого растения. Определен характерный диапазон электромагнитных спектров для проведения исследований качества машинного полива сельскохозяйственных культур, регулирование работы насосов и насосных станций, объёма водоподачи. Выделены семь областей электромагнитного спектра воздействия на контролируемое растение, которые характеризованы длинами волн в диапазоне от 5,0 н.метров до 2000 н.метров. На основе определенного диапазона электромагнитных спектров воздействия на контролируемое растение, определен источник излучения электромагнитных волн –RGB светодиод, мощностью 1,0-1,5 ватт, с применением способа микроволновой спектроскопии для экспертной оценки количественного состава микроэлементов в растении. Техническая реализация рассмотренного способа осуществляется, созданными прототипами модулей сбора и обработки данных, поступающих от RGB светодиода, а также модуля управления подачей воды насосом.*

*Спектральный анализ, машинный полив растений, электромагнитный спектр, RGB светодиод, работающий на платформе «Ардуино».*

**Введение.** В основе дистанционных спектрометрических (оптических) методов изучения природных и антропогенных объектов лежат измерения и анализ физических параметров излучаемого и отраженного электромагнитного излучения. Исследуются параметры пространственно-временных и угловых структур, поляризационные характеристики энергетических и спектральных излучений.

В настоящее время имеется большой объем спектральной информации об объектах, при этом изученность оптических свойств еще недостаточно полна. Наблюдается большой разброс спектральных данных об одних и тех же объектах, что не позволяет производить сопоставление и анализ результатов измерений. Наряду с этим нет полного решения в вопросах методики обработки и интерпретации полученных экспериментальных результатов.

Обработка полученной информации, ее количественный анализ и достоверность результатов напрямую зависят от характеристики применяемой аппаратуры.

В целях получения достоверной интерпретации экспериментальных данных в настоящее время применяется огромный набор средств, при этом однозначного определения связи между исследуемыми параметрами

нет. Исходя из этого становится актуальным определение наиболее оптимальных способов и приемов, позволяющих получать всю необходимую информацию о сельскохозяйственной культуре находящейся под автоматизированным машинным поливом, коррекция объема водоподачи, регулирование режимов работы, как отдельных насосов, так и насосных станций в целом.

### **Материалы и метод исследований.**

Решения этой проблемы ставят следующие задачи: разработка и создание новых приборов на основе спектрометрии и методики обработки результатов в полевых условиях.

Среди различных физических методов, используемых для исследования строения вещества и определения его массовой доли, применяются спектральные или спектроскопические методы, которые основаны на измерениях в областях электромагнитного спектра. К таким методам относятся ультрафиолетовый метод (УФ), инфракрасная спектрометрия, фотоэлектроколориметрия и другие [1, 3]. Эти методы основаны на прямых измерениях области электромагнитного спектра, т.е. упорядоченном электромагнитном излучении по длине волны [2].

При направлении на изучаемое растение определенной величины энергии происходит изменение (поглощение) энергии

этим растением, которое формирует линии и полосы в спектре.

Электромагнитное излучение может быть охарактеризовано волновыми, энергетическими параметрами. Волновой параметр выражается длиной волны  $\lambda$  (единицы измерения Ангстрем, нм, ммк, мк, см, м) или частотой колебания,  $\gamma$  (единицы измерения герц). Связь между длиной волны и частотой определяется уравнением:

$$\lambda = 1/\gamma.$$

Энергия переходов между двумя энергетическими уровнями измеряется в электронвольтах (эВ) или калориях (кал).

Для принятия методики и способа экспертного определения качества автоматизированного машинного полива на основе спектроскопии, необходимо определить электромагнитный спектр и диапазон излучаемых волн. В таблице представлены характерные области электромагнитного спектра и её изменение при воздействии на исследуемую культуру.

Таблица

## Области электромагнитного спектра

№ п.п.	Область электромагнитного спектра	Частотный диапазон (длина волн)	Оптический материал (комментарии)
1	Область (область Лаймана)	5,0-120,0 нм	Исследуется при помощи дифракционных решеток, для нее не существует прозрачного материала. Эта область не имеет практического значения для исследования органических соединений.
2	Область (область Шумана)	120,0-185,0 нм	Для этой области используется флюоритовая оптика, источником излучения служат разрядные трубки высокого напряжения, наполненные водородом или гелием. Приемником излучения являются специальные фотопластинки. Для измерения спектров поглощения в области Шумана необходима вакуумная техника или работа в атмосфере азота (до 1450 А° азот прозрачен). Область Шумана имеет ограниченное применение для исследования органических соединений.
3	Область – средняя ультрафиолетовая область	185,0-400,0 нм	Материал оптики – кварц, источник излучения – водородная лампа, приемник излучения – фотоэлементы. Применяется при изучении строения и свойств органических соединений
4	Область – видимая область	400,0-800,0 нм	Применяется при исследовании неорганических и органических соединений. В качестве материала оптики используется стекло или кварц, имеющий меньшую дисперсию. В качестве источника излучения применяется вольфрамовая лампа, приемником излучения служит фотоэлемент.
5	Область – ближняя инфракрасная область	800,0-2000 нм	Материалом оптики могут служить стекло и кварц, источником излучения -лампа накаливания и тепловые источники, приемниками – фотосопротивления, термоэлементы и болометры.
6	Область – фундаментальная инфракрасная область	2000-40000 нм	Используется солевая оптика. Источником излучения служит селитровый стержень, приемником излучения- термоэлементы, болометры, оптико-акустические приемники. Имеет большое практическое значение при исследовании органических соединений
7	Ультрафиолетовая область спектра	вакуумная (10-185 нм), дальняя (185-230 нм), ближняя (230-400 нм), видимая часть спектра (400-750 нм)	Для оптических спектров имеются общие законы поглощения излучения, дающие соотношение между величиной поглощения и количеством поглощающего вещества. Фиолетовый (390-420 нм), синий (424-455 нм), голубой (455-494 нм), зеленый (494-565 нм), желтый (565-595 нм), оранжевый (595-640 нм), красный (640-723 нм) и их оттенки.

В результате проведенного анализа характерных диапазонов электромагнитных спектров нами предварительно был определен метод для проведения исследования качества автоматизированного полива сельскохозяйственных культур.

В качестве основного источника излучения был принят мощный RGB светодиод, а в качестве приемника отраженного сигнала фотодиод и ПЗС матрица. Поступающий сигнал с фотоприемников проходит усиление и разложение на спектральные области.

В результате обработки спектров отраженного излучения от растения определяются спектральные гармоники и энергонесущие частоты, по результатам которых может быть определена массовая доля тех или иных микроэлементов в растении. На основании этих и иных данных принимается решение об изменении работы автоматизированного полива растений (регулирование работы насосов, изменение объёма подачи воды).

Наряду с принятым «RGB» способом исследования может быть применен способ микроволновой спектроскопии, т.е. излучения находящегося в инфракрасной области [1]. Микроволновое поглощение связано с изменением энергии вращения атомов в молекуле и с колебаниями атомов в кристаллической решетке [3].

Исследования спектров поглощения любых длин волн проводятся при наличии следующих основных составляющих:

1. источник света (излучения);
2. ёмкость для помещения, исследуемого растения,
3. источник монохроматического излучения;
4. приемник, измеряющий интенсивность излучения, прошедшего через образец;
5. регистрирующее устройство;
6. программное обеспечение, необходимое для обработки и анализа результатов и её архивации.

При исследовании растений в диапазоне оптических спектров применяются общие законы поглощения излучения, определяющие соотношение между величиной поглощения и количеством поглощающего вещества. К этим законам относится закон Ламберта [1,2,3], который определяет зависимость между поглощаемой способностью и толщиной слоя вещества. Поток параллельных лучей монохроматического света при прохождении через исследуемую (поглощающую) среду ослабляется по экспоненциальному закону. Однако применяется логарифмическая форма записи:

$$D = \lg \frac{I_0}{I} = kd,$$

где  $I_0$  – интенсивность падающего монохроматического излучения;  $I$  – интенсивность прошедшего монохроматического излучения;  $d$  – толщина поглощающего слоя;  $k$  – коэффициент поглощения, который является индивидуальной характеристикой вещества для каждой длины волны.

То есть, поглощающая способность вещества (оптическая плотность) пропорциональна толщине поглощающего слоя.

Для реализации метода контроля качества полива нами разработаны прототипы модулей сбора и обработки отраженного и поглощённого сигнала контролируемого растения поступающего от ПЗС матрицы (рис. 1) и прототипа модуля управления подачей расхода воды центробежным насосом (рис. 2). Регулирование подаваемым насосом расхода осуществляется путем изменения числа оборотов вращения вала насоса. Изменение числа оборотов вала электродвигателя насоса осуществляется путем частотного преобразования электропитания.



Рис. 1. Модуль сбора и обработки данных

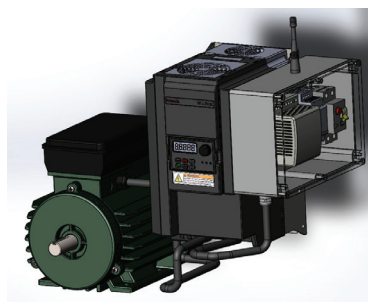


Рис. 2. Модуль управления работой насоса (монтаж на электромоторе)

### Выводы

На основе изложенного анализа нами был применен оптический способ с применением в качестве излучателя RGB светодиод, работающий на платформе «Ардуино» [4,5]. По полученным результатам мы разработали специальный модуль, являющийся дополнительным оборудованием к машинным системам орошения, позволяющий экспертно анализировать качество полива и управлять работой насосов и насосных станций. На рис. 1 и 2 представлены модули, управляющие работой насосов по результатам обработки данных спектрофотометрической детекции растения.

### Библиографический список

1. Гуревич М.М. Фотометрия (теория, методы и приборы). 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с., ил.

2. **Гуревич М.М.** Введение в фотометрию. – Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1968. – 244 с.

3. **Сапожников Р.А.**, Теоретическая фотометрия – 2-е изд., перераб. – Л.: Энергия, 1967. – 268 с.

4. [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) Официальный сайт производителя микропроцессора Arduino

5. [www.wiring.org](http://www.wiring.org). Интернет он лайн платформа для создания прототипов электроники с открытым исходным кодом, состоящая из языка программирования, интегрированной среды разработки (IDE) и одноплатного микроконтроллера.

Материал поступил в редакцию 29.01.2018 г.

### V.A. FARTUKOV

LLC «Bureau of service and operation», Moscow, Russian Federation

### M.V. ZEMLYANNIKOVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy», Moscow, Russian Federation

## SPECTROMETRIC CONTROL OF MACHINE IRRIGATION QUALITY

*The article gives a method for determining the quality of automated irrigation on the basis of the plant state spectrometry. The analysis of the method and methods for determining the qualitative composition of the plant being irrigated is presented. There is determined a characteristic range of electromagnetic spectra for conducting research on the quality of crops machine irrigation, regulation of the operation of pumps and pumping stations and the volume of water supply. Seven areas of the electromagnetic spectrum of influence on the controlled plant are singled out which are characterized by wave lengths in the range from 5.0 Nm to 2000 Nm. Based on a certain range of electromagnetic spectra of the effect on the plant under control the electromagnetic radiation source is determined to be a RGB LED with a power of 1.0-1.5 watts using the microwave spectroscopy method for expert evaluation of the quantitative composition of microelements in the plant. The technical implementation of the considered method is carried out by created prototypes of the modules for data collection and processing coming from the RGB LED, and also the module for controlling water supply by the pump.*

*Spectral analysis, machine irrigation of plants, electromagnetic spectrum, RGB LED operating on the platform «Arduino».*

### References

1. **Gurevich M.M.** Fotometriya (teoriya, metody i pribory). 2-e izd., pererab. i dop. – L.: Energoatomizdat, 1983. – 272 s., il.

2. **Gurevich M.M.** Vvedenie v fotometriyu. – L.: Energiya. Leningradskoe otdelenie, 1968. – 244 s.;

3. **Sapozhnikov R.A.** Teoreticheskaya fotometriya. – 2-e izd., pererab. – L.: Energiya, 1967. – 268 s.

4. [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) Ofitsialjny sait proizvoditelya mikroprotssessora Arduino.

5. [www.wiring.org](http://www.wiring.org). Internet on lain platform dlya sozdaniya prototipov elektroniki s otkryтым iskhodnym kodom, sostoyashchaya iz yazyka programmirovaniya, integrirovannoj sredy razrabotki (IDE) i odnoplattного mikrokontrolera.

### Сведения об авторах

**Фартуков Василий Александрович**, кандидат технических наук, доцент, генеральный директор ЗАО «Бюро сервиса и эксплуатации» «BSM», г. Москва, ул. Мосфильмовская, д. 17<sup>б</sup> тел.: 8(916)6531759, e-mail: [vasfar@mail.ru](mailto:vasfar@mail.ru)

**Земляникова Марина Владимировна**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел.: 8(910)4048421, e-mail: [vasfar@mail.ru](mailto:vasfar@mail.ru)

The material was received at the editorial office 29.01.2018

### Information about the authors

**Fartukov Vasilij Aleksandrovich**, candidate of technical sciences, associate professor, general director of ZAO «Bureau of service and operation» «BSM»; Moscow, ul. Mosfiljmovskaya, d. 17b tel.: 8(916)6531759, e-mail: [vasfar@mail.ru](mailto:vasfar@mail.ru)

**Zemlyannikova Marina Vladimirovna**, candidate of technical sciences, professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and runoff regulation», FSBEI HE RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev»; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d. 19, tel.: 8(910)4048421, e-mail: [vasfar@mail.ru](mailto:vasfar@mail.ru)