

## УНІВЕРСАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ОПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Червінський Л. С., Терновик В. Я., Романенко О. І.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Обґрунтовано і представлено універсальну установку для визначення спектральних оптичних характеристик біологічних об'єктів різних розмірів та описано методику їх вимірювання.*

**Постановка проблеми.** Основними показниками, що характеризують взаємодію оптичного випромінювання із опромінюваним біологічним об'єктом є спектральні оптичні коефіцієнти: поглинання  $\alpha(\lambda)$ , відбивання  $\rho(\lambda)$  і пропускання  $\tau(\lambda)$ . Їх вимірювання, наприклад, при дослідженні взаємодії оптичного випромінювання із покривом тварин, птиці чи насіння рослин пов'язане із труднощами науково-методичного і експериментально-технічного напрямку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** По-перше, вимірювання спектральних оптичних коефіцієнтів біологічних об'єктів різних розмірів і форми пов'язано з труднощами великої різниці в геометричних розмірах досліджуваних зразків: площа перерізу окремої шерстини становить близько  $0,01 \text{ мм}^2$ , площа ділянки шкіри між шерстинами вимірюється в  $\text{мм}^2$ , а площа опромінювання шкіряно-шерстинного покриву тіла регламентується розмірами тварини і вимірюється десятками  $\text{см}^2$ .

Такі дослідження, як правило, реалізуються на різних оптичних установках

По-друге, постерігається велика розбіжність у величині отриманих значень спектральних оптичних коефіцієнтів. На підставі аналізу літератури [2-4] і результатів власних досліджень [5] було встановлено, що величина коефіцієнтів відбивання оптичного випромінювання для покриву тварин знаходиться в межах  $0,10 \dots 0,60$  від величини падаючого випромінювання, а величина коефіцієнтів пропускання в десятки і сотні разів менша (у залежності від товщі та пігментації покриву).

На практиці для їх вимірювання використовуються різні методики і технічні засоби.

По-третє, в послідовних дослідженнях виникає необхідність у змінних оптичних системах. З метою збільшення потоку інтенсивності падаючого або вимірюваного випромінювання (таким чином досягається збільшення значення показів вимірювального приладу і, відповідно, точності вимірювання) в дослідженнях використовуються коригуючі оптичні системи із різною прозорістю для ділянок спектру оптичного випромінювання.

Так для вимірювання ультрафіолетового випромінювання використовується оптика із кришталевого скла, для видимого випромінювання – із "звичайного" скла, а для ІЧ випромінювання – із високо температурного кварцового скла.

**Мета статті.** Для підвищення точності і достовірності результатів вимірювання оптичних характери-

стик та потоку випромінювання від джерела запропонована оригінальна оптична система з використанням фотоелектронного помножувача, електричний сигнал із якого сприймається через підсилювач на чутливий гальванометр, або відповідним інтерфейсом через аналого-цифровий перетворювач подається для математичної обробки на ЕОМ.

При цьому показники вимірюваного сигналу прямо пропорційні потоку оптичного випромінювання, що надходить на сприймаюче вікно фотоелектронного помножувача. Для цього витримується умова, щоб інтенсивність потоку випромінювання поступаючого на сприймаюче вікно фотопомножувача була в межах лінійної ділянки його характеристики чутливості. Ця умова дозволяє при обчисленні оптичних коефіцієнтів визначати потоки випромінювання через покази гальванометра, а не в енергетичних одиницях і сприяє підвищенню достовірності отриманих результатів.

**Основні матеріали дослідження.** Багаторічна дослідницька робота в даному напрямку дозволила виробити методику визначення спектральних коефіцієнтів шкіряно-вовняного покриву тварин та шкіряно-пір'яного покриву птиці та створити універсальну установку для вимірювання спектральних оптичних коефіцієнтів складеній на основі універсального люмінесцентного мікроскопу "ЛЮОММ-ІЗ".

Структурна оптична схема універсальної установки для дослідження оптичних характеристик на рис.1. Універсальність запропонованої установки полягає у тому, що зміна коригуючих оптичних систем (об'єктивів) дозволяє фокусувати промінь заданої інтенсивності (виділеного з повного потоку оптичного випромінювання від джерела системою із кварцових та інтерференційних світлофільтрів) на опромінюєму поверхню досліджуваного об'єкту площею перерізу від долей міліметра до десятка сантиметрів.

При цьому чутливість фотоприймача коригуючою оптичною системою також регулюється в межах від  $0,01 \text{ мВт/мм}^2$  до  $10 \text{ Вт/мм}^2$  та враховується селективність його чутливості до спектру падаючого випромінювання.

Тим самим, одержується можливість на одній установці виконувати дослідження оптичних характеристик тварин або птиці за наступними напрямками:

- дослідження оптичних характеристик ділянок шкіри з шерстю або пір'ям;
- дослідження оптичних характеристик ділянок шкіри між шерстинами або пір'їнами;

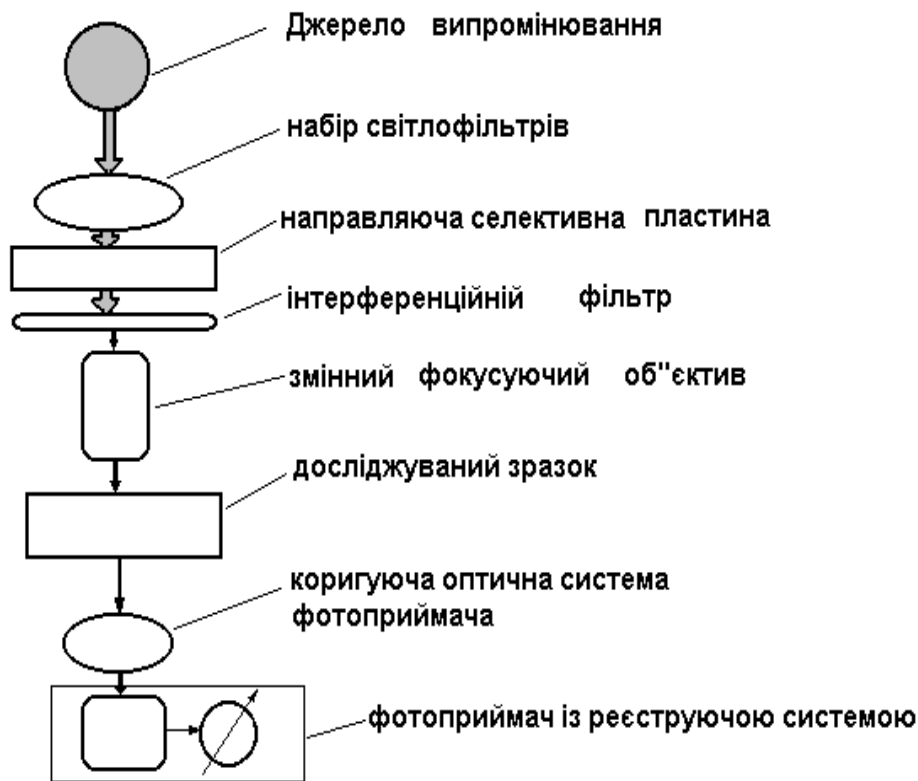


Рисунок 1 – Структурна схема установки для дослідження спектральних оптичних характеристик

- дослідження оптичних характеристик окремих шерстин у тварин різного віку та виду.

- дослідження оптичних характеристик об'єктів рослинного походження (насіння, зерна, листя і т.п.).

Згідно із запропонованою методикою коефіцієнти пропускання оптичного випромінювання у дослідних зразків визначаються за формулою:

$$\tau_{\lambda} = \xi_{\tau} \cdot \frac{I_{\lambda}}{I_{O\lambda}} \quad (1)$$

де  $I_{\lambda}$  - фотострум при вимірі потоку випромінювання із довжиною хвилі  $\lambda$ , що пройшов крізь досліджуваний зразок,  $\mu\text{A}$ ;

$I_{O\lambda}$  - фотострум при вимірі потоку випромінювання із довжиною хвилі  $\lambda$  від джерела, що надходив на фотопомножувач без зразка,  $\mu\text{A}$ ;

$\xi_{\tau}$  - коефіцієнт, що враховує втрати випромінювання на розсіювання у захисному кожусі фотопомножувача (приймається 0,98).

У випадках, коли  $I_{\lambda}$  - фотострум при вимірі потоку випромінювання із довжиною хвилі  $\lambda$ , що пройшов крізь досліджуваний зразок значно менший за сигнал безпосередньо від джерела випромінювання ( $I_{\lambda} \ll I_{O\lambda}$ ), що спостерігається в дослідженнях із випромінюванням від потужних джерел ультрафіолетового випромінювання при довжині хвилі менше 365 нм (внаслідок сильного поглинання в опроміню-

ваному об'єкті), у вимірі вноситься похибка за рахунок перезбудженні сприймаючої поверхні фотоприймача випромінюванням  $I_{O\lambda}$  і, відповідно, зниженні його чутливості (спостерігається вихід за межі лінійної ділянки характеристики чутливості, тобто перехід в нелінійну зону насичення кривої чутливості).

У таких випадках інтенсивність збуджуючого випромінювання визначається за умови використання послаблювачів випромінювання (неселективних нейтральних світлофільтрів типу НС) із відомими коефіцієнтами ослаблення.

Вираз для визначення коефіцієнтів пропускання в даних дослідах має вигляд:

$$\tau_{\lambda} = \xi_{\rho} \cdot \frac{I_{\lambda} \cdot \tau_{\lambda\phi}}{I_{O\lambda\phi}} \quad (2)$$

де  $\tau_{\lambda\phi}$  - коефіцієнт пропускання нейтрального світлофільтру;

$I_{O\lambda\phi}$  - фотострум при вимірі випромінювання, що пройшло на фотоприймач крізь послаблюючий світлофільтр,  $\mu\text{A}$ .

Визначення коефіцієнтів відбивання від поверхні досліджуваного зразка виконується за виразом:

$$\rho_{\lambda} = \xi_{\rho} \cdot \frac{I_{\lambda} - I'_{\lambda}}{I_{\lambda\phi} - I'_{\lambda}} \cdot \rho_{\lambda\phi} \quad (3)$$

де  $I_\lambda$  - фотострум при вимірі випромінювання, відбитого від досліджуваного зразка,  $\mu\text{A}$ ;

$I_{\lambda_0}$  - фотострум при вимірі випромінювання, із довжиною хвилі  $\lambda$ , відбитого від еталону,  $\mu\text{A}$ ;

$I_\lambda$  - покази гальванометру при відсутності зразка й еталона,  $\mu\text{A}$ ;

$\rho_{\lambda_0}$  - коефіцієнт відбивання випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda$ , для еталона;

$\xi_p$  - коефіцієнт, враховуючий втрати випромінювання на розсіювання в кожусі фотопомножувача, приймається  $\xi_p = 0,98$ .

У якості порівнювального еталону використовується металева пластина з напиленим прошарком сірчаноокислого барію.

Сірчаноокислий барій має коефіцієнт відбивання для випромінювання в діапазоні 250 – 640 нм рівним 0,96...0,98.

Коефіцієнт поглинання оптичного випромінювання досліджуванним зразком визначається з виразу:

$$\alpha_\lambda = 1 - \rho_\lambda - \tau_\lambda \quad (4)$$

Слід зазначити, що при вимірюванні спектральних коефіцієнтів відбивання в УФ області поряд із відбитим випромінюванням можлива реєстрація випромінювання люмінесценції збудженої цим ультрафіолетовим випромінюванням.

Це вноситиме додаткову похибку в величину значення коефіцієнтів відбивання, але вона не матиме суттєвого впливу (враховуючи те, що інтенсивність люмінесценції в десятки разів менше інтенсивності відбитого випромінювання).

**Висновки.** Приведена установка і методика визначення оптичних характеристик досліджуваних об'єктів дозволили одержати нові наукові результати по вивченню шляхів і механізму дії оптичного випромінювання на тваринний організм [7-9].

Вона може бути використана в дослідженнях інших біологічних об'єктів з розмірами досліджуваної ділянки від 0.01мм до 1п см.

#### Список використаних джерел

1. Блюменфельд Л. А. Проблемы биологической физики / Л. А. Блюменфельд – М.: Наука, 1977. – 336 с.

2. Боярских Г. В. Степень проникновения лазерного излучения синей части спектра в ткани живого организма / Г. В. Боярских // В кн.: Применение методов и средств лазерной техники в биологии и медицине. – К.: Наукова думка, 1981. – С.274-276.

3. Бутов Г. П. Оптические свойства шерстного, перьевого и кожного покровов животных и птицы. - Тр. Бел. СХИ. // Автоматизация и электрификация сельскохозяйственного производства. - Горки, 1980. - Вып. 63. – С. 68-72.

4. Гамалея Н. Ф. Актуальные вопросы механизма биологического действия излучения лазеров / Н. Ф. Гамалея // В кн.: Материалы Всесоюзной научной конференции "Применение метода и средств ла-

зерной техники в биологии и медицине". – К.: 1981, С.5-11.

5. Мартыненко И. И. Исследование световодных свойств щетины / И. И. Мартыненко, С. С. Шевель, Л. С. Червинский // Науч. тр. УСХА "Повышение продуктивности сельскохозяйственных животных полей и лесостепи УССР". –К.: 1981. – С.63-66.

6. Соколов М. В. Унификация УФ-фотометрии / М. В. Соколов // В кн.: Биологическое действие ультрафиолетового излучения. - М.: Наука, 1975. –С.232-235.

7. Шевель С. С. Действие ОИ на кожно-шерстный покров сельскохозяйственных животных / С. С. Шевель, Л. С. Червинский // В кн.: Механизмы и оценка эффективности действия оптического излучения на биологические системы. – Пушино: изд. АН СССР, 1985. – С.77-85.

8. Червинський Л.С. Світлопровідність щетини свиней при лазерному опроміненні / Л. С. Червинський // Вісник ХДТУСГ "Питання електрифікації сільського господарства". -Харків, 2000. – Вип. 3. – С.187-193.

9. Chervinsky L. S. Investigation of the light-conductivity of the separate animals hair and skins translucence.// Матер. міжнар. конф. The European Biomedical Optics Week, BIOS Europe'97, September 4-8. - 1997, San Remo, Italy. [3194-58].

#### Аннотация

### УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Червинский Л. С., Терновик В. Я.,  
Романенко О. И.

*Обоснована и представлена универсальная установка для определения спектральных оптических характеристик биологических объектов разных размеров и описана методика их измерения.*

#### Abstract

### UNIVERSAL INSTALLATION FOR RESEARCHES OF THE SPECTRAL OPTICAL CHARACTERISTICS BIOLOGICAL OBJECTS

L. Chervinsky, V. Ternovik,  
O. Romanenko

*The analysis of techniques of research of the optical characteristics micro and macro biological subject of inquiry is made. The flexible unit and technique of research of optical reflection coefficients, absorption and passing about biological subject is developed.*