

# МЕТОДИ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вінницький національний технічний університет

***Анотація*** Досліджено використання мультиспектральних методів телевізійного екологічного моніторингу водних об'єктів. Запропоновано спосіб мультиспектрального телевізійного моніторингу екологічного стану водних об'єктів за параметрами фітопланктону з використанням мультиспектрального телевізійного вимірювання проточного аналізатора частинок.

**Ключові слова:** мультиспектральний контроль, засіб контролю, телевізійний вимірювальний контроль, спектральні характеристики.

***Abstract*** We reviewed the use of methods of multispectral television control applications for environmental monitoring of water bodies. Researchers have proposed a method of measuring multispectral television monitoring of the ecological state of water bodies by phytoplankton parameters using multispectral television flow measuring particle analyzer.

**Keywords:** multispectral control, control means, TV measurement control, spectral characteristics.

## Вступ

Проблема, на вирішення якої спрямовано роботу: вдосконалення та підвищення ефективності методів телевізійного вимірювального контролю та діагностування оптичних параметрів неоднорідних біологічних середовищ з використанням цифрової колориметрії та n-вимірного мультиспектрального подання інформації для кожного пікселя масиву цифрових зображень отриманих ПЗЗ-камерою, підвищення швидкодії та вірогідності контролю. Об'єкт дослідження: процес телевізійного вимірювального контролю та діагностування параметрів неоднорідних біологічних середовищ. Предмет дослідження: оптичні параметри неоднорідних біологічних середовищ та метрологічні характеристики засобів їх контролю і діагностування на основі методу цифрової колориметрії та вимірювання координат у n-вимірному мультиспектральному просторі. Мультиспектральний телевізійний вимірювальний контроль та діагностування займають важливе місце при вирішенні прикладних задач екологічного моніторингу, біомедицинської діагностики та контролю якості продукції. Проте, на даний час, вони розвинуті недостатньо і потребують продовження досліджень з метою підвищення точності діагностування, швидкодії та вірогідності контролю.

## Засіб телевізійного вимірювального контролю для екологічного моніторингу водних об'єктів

У роботі [1] мультиспектральний метод використано для дослідження судин у приповерхневому шарі шкіри. При цьому у якості фільтрів використовуються чотири змінних фільтри на основі періодичної наноструктури на золотій плівці з отворами, відстань між якими визначає довжину хвилі випромінювання, на якій коефіцієнт пропускання найбільший. Такий спосіб виконання фільтрів є найбільш високотехнологічним і дозволяє виготовити необхідний набір світлофільтрів з точно визначеними смугами пропускання. У роботі [2] мультиспектральний метод використовується для дистанційного супутникового екологічного контролю вмісту фітопланктону у водних об'єктах, що дозволило аналізувати просторовий розподіл концентрації фітопланктону у водних об'єктах з високою роздільною здатністю.

Авторами запропоновано пристрій для телевізійного вимірювального контролю та діагностики параметрів кольору неоднорідних середовищ, що дозволяє визначити координати кольору елементів зображення досліджуваного об'єкта у системі координат CIEXYZ та CIELAB за умови дифузного освітлення з наступним визначенням найближчих кольорів зі шкали зразків кольорів та визначення параметрів об'єкту з використанням експертної системи. Запропоновано спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю екологічного стану водних об'єктів за параметрами фітопланктону за допомогою проточного мультиспектрального телевізійного вимірювального аналізатора частинок неперервної дії, при якому порівнюють зображення частинок на характеристичних довжинах хвиль пігментів за допомогою ПЗЗ-камери з зображеннями з бази даних у режимі реального часу, визначають чисельність частинок фітопланктону та розраховують індекси біорізноманіття. Розроблено автоматизований метод та засіб контролю стану біотканин за їх спектрофотометричними параметрами, суть якого полягає у неінвазійному вимірюванні спектральних коефіцієнтів дифузного відбивання об'єктів контролю і порівнянні їх з нормою та використанні отриманих результатів як вхідного параметру експертної системи [3–15].

### Висновки

Мультиспектральний телевізійний вимірювальний контроль та діагностування параметрів неоднорідних біологічних середовищ здійснюється на основі обробки масиву мультиспектральних зображень досліджуваного об'єкту отриманих ПЗЗ камерою на  $n$  довжинах хвиль з вибраними діапазонами довжин хвиль у кожному з вимірювальних каналів. Вибір оптимальної кількості спектральних каналів, діапазону довжин хвиль кожного з каналів та необхідної роздільної здатності ПЗЗ-камери здійснюється при оптимізації структури вимірювального засобу на основі пошуку відмінностей при статистичній обробці спектральних характеристик коефіцієнту дифузного відбивання досліджуваних об'єктів, з апіорі відомим станом, що забезпечує необхідні параметри швидкодії, вірогідності контролю чи точності діагностування. Відмінність між придатним та непридатним об'єктом визначається, як відстань у  $n$ -вимірному мультиспектральному просторі для кожного пікселя з масиву мультиспектральних зображень. Крім того, координати у  $n$ -вимірному мультиспектральному просторі елементів зображення порівнюються з координатами шкали, що відповідають відомим станам досліджуваного об'єкту. Для опрацювання масивів мультиспектральних зображень буде використано експертну систему підтримки прийняття діагностичного рішення з використанням нечіткої логіки чи нейромережі. Планується розробка експериментальних методик мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю та діагностування параметрів неоднорідних біологічних середовищ для ряду прикладних задач.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bolus tracking with nanofilter-based multispectral videography for capturing microvasculature hemodynamics / M. Najiminaini, B. Kaminska, K. St. Lawrence et al. // *Scientific reports*. – 2014. – №4. – P.4737.
2. Application of hyperspectral remote sensing to cyanobacterial blooms in inland waters / R. M. Kudela, S. L. Palacios, D. C. Austerberry et al. // *Remote Sensing of Environment* – 2015. – №2. – P.1–10.
3. Спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю екологічного стану водних об'єктів за параметрами фітопланктону / [Петрук В.Г., Кватернюк С. М., Кватернюк О.Є., Петрук Р.В.] // Патент України №99580МПК (2006) G01N 21/21 / заявл. 05.01.2015; опубл. 10.06.2015; Бюл. № 11. – 5 с.
4. Petruk V. Multispectral Methods and Means of Water Pollution Monitoring by Using Macrophytes for Bioindication/ V. Petruk, S. Kvaternyuk, O. Bondarchuk et al. // *Water Security*. Editors: O. Mitryasova, C. Staddon. – Mykolaiv: PMBSNU – Bristol: UWE, 2016. – P.131-141.
5. Petruk V. The optical diagnostics of parameters of biological tissues of human intact skin in near-infrared range / V. Petruk, S. Kvaternyuk, B. Bolyuh et al. // *Proc. SPIE 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016, 100313C* (September 28, 2016). – P. 100313C-1–100313C-7.
6. Petruk V. G. Spectrophotometric Method for Differentiation of Human Skin Melanoma. II. Diagnostic Characteristics. / V. G. Petruk, A. P. Ivanov, S. M. Kvaternyuk, V. V. Barun // *Journal of Applied Spectroscopy*. – 2016. – Vol. 83, Issue 2. – P. 261–270.

7. Petruk V. G. Spectrophotometric Method for Differentiation of Human Skin Melanoma. I. Optical Diffuse Reflection Coefficient. / V. G. Petruk, A. P. Ivanov, S. M. Kvaternyuk, V. V. Barun // Journal of Applied Spectroscopy. – 2016. – Vol. 83, Issue 1. – P. 85–92.
8. Petruk R. V. Multispectral television monitoring of contamination of water objects by using macrophyte-based bioindication / R. V. Petruk, V. D. Pohrebennyk, S. M. Kvaternyuk et al. // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, SGEM2016 Conference Proceedings, June 28 – July 6, 2016, Book 5, Vol. 2. – P. 597–602.
9. Martsenyuk V. Multispectral control of water bodies for biological diversity with the index of phytoplankton / V. Martsenyuk, V. G. Petruk, S. M. Kvaternyuk et al. // 2016 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2016), Oct. 16-19, 2016 in HICO, Gyeongju, Korea. – P. 988–993.
10. Мультиспектральний вимірювальний контроль та діагностування стану неоднорідних біологічних середовищ на основі нечіткої логіки / Г. О. Черноволик, В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 147 с.
11. The method of multispectral image processing of phytoplankton for environmental control of water pollution / V. Petruk, S. Kvaternyuk, V. Yasynska, A. Kozachuk, A. Kotyra, R. S. Romaniuk, N. Askarova // Proc. SPIE, Optical Fibers and Their Applications, 2015. Vol. 9816, 98161N (17 December 2015). – P. 98161N-1–98161N-5; doi: 10.1117/12.2229202.
12. Multispectral televisional measuring control of the ecological state of waterbodies on the characteristics macrophytes / V. Petruk, S. Kvaternyuk, A. Kozachuk, S. Sailarbek, K. Gromaszek // Proc. SPIE, Optical Fibers and Their Applications, 2015. Vol. 9816, 98161Q (17 December 2015). – P. 98161Q-1–98161Q-4; doi: 10.1117/12.2229343.
13. Methods and means of measuring control and diagnostics of biological tissues in vivo based on measurements of color coordinates and multispectral image / V. Petruk, O. Kvaternyuk, S. Kvaternyuk, O. Mokanyuk, L. Yekenina, W. Wojcik, R. S. Romaniuk, I. Baglan // Proc. SPIE, Optical Fibers and Their Applications, 2015. Vol. 9816, 98161H (17 December 2015). – P. 98161H-1– 98161H-5; doi:10.1117/12.2229034.
14. The spectral polarimetric control of phytoplankton in photobioreactor of the wastewater treatment / V.G. Petruk, S. M. Kvaternyuk; Y. M. Denysiuk; K. Gromaszek // Proc. SPIE, Optical Fibers and Their Applications, 2012, Vol. 8698, 86980H. – P. 86980H-1–86980H-4.
15. Research of the spectral diffuse reflectance of melanoma in vivo / V.G. Petruk, S.M. Kvaternyuk, D.B. Bolyuh, Y.M. Denysiuk, A. Kotyra // Proc. SPIE, Optical Fibers and Their Applications, 2012, Vol. 8698, 86980F. – P. 86980F-1–86980F-6.

***Кватернюк Сергій Михайлович*** – докторант, к.т.н., доцент кафедри екології та екологічної безпеки;

***Петрук Василь Григорович*** – д.т.н., професор, директор Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля, e-mail: petrukvg@gmail.com;

***Kvaternyuk Sergei Mikhailovich*** – doctoral student, Ph.D., Associate Professor of the Department of Ecology and ecological safety, Vinnytsia National Technical University, e-mail: serg.kvaternuk@gmail.com;

***Petruk Vasyl Grygorovych*** – Dr. Sc., Professor, Director of the Institute of Environmental Security and Environmental Monitoring, Vinnytsia National Technical University, e-mail: petrukvg@gmail.com.