ЕКОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЧНА КІБЕРНЕТИКА ТА ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 681.518.3: 535.243.22

С. М. Кватернюк[1]

АНАЛІЗ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ПЛОЩІ УШКОДЖЕНИХ ДІЛЯНОК НЕОДНОРІДНИХ БІОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИМ МЕТОДОМ

[1]Вінницький національний технічний університет

В прикладних задачах екологічного контролю, біомедичної діагностики та контролю якості продукції необхідно вимірювати площу ушкодженої ділянки об'єкта дослідження. В роботі проаналізовано оптичну схему засобу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю параметрів неоднорідних біологічних середовищ з використанням дифузного освітлення об'єкта дослідження за допомогою інтегрувальної сфери та лінійки світлодіодів. Після вимірювання біофізичних та структурних параметрів неоднорідних біологічних середовищ та порівняння їх з нормою засіб визначає нормальні і ушкоджені ділянки об'єкта дослідження та вимірює їх площу. Наведено приклад розрахунку похибки вимірювань площі ушкодженої ділянки мультиспектральним методом.

Ключові слова: мультиспектральний контроль, неоднорідні біологічні середовища, засіб контролю, телевізійний вимірювальний контроль.

Вступ

Мультиспектральний телевізійний вимірювальний контроль часто використовується для вирішення прикладних задач екологічного моніторингу, біомедичних досліджень та контролю якості продукції [1—10]. При цьому здійснюється обробка масиву мультиспектральних зображень об'єкта дослідження, отриманих у певних спектральних діапазонах. На основі обробки масиву мультиспектральних зображень для кожного елемента зображення опосередковано вимірюються біофізичні та структурні параметри неоднорідних біологічних середовищ з використанням множинної регресії [11]. Для вибору оптимальної структури засобу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю вибираються робочі довжини хвиль та спектральні діапазони кожного з каналів таким чином, щоб відновити необхідні параметри середовища з мінімальною похибкою. На основі порівняння отриманих біофізичних та структурних параметрів досліджуваного середовища з параметрами нормального середовища визначають ушкоджені ділянки об'єкта дослідження. Для того, щоб зробити загальний висновок про стан об'єкта дослідження необхідно виміряти площу ушкодженої ділянки і порівняти її із площею поверхні всього об'єкта.

Актуальність постановки задачі зумовлена необхідністю забезпечення заданих метрологічних параметрів мультиспектральних вимірювальних засобів для вирішення прикладних задач екологічного моніторингу, біомедичних досліджень та контролю якості продукції [1—10].

Мета роботи — зменшення похибок вимірювання площі ушкоджених ділянок неоднорідних біологічних середовищ засобами методу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю.

Для розв'язання вказаних прикладних задач мультиспектральні вимірювальні засоби повинні відповідати певним критеріям ефективності, які дозволять досліджувати поверхню і приповерхневий шар неоднорідних біологічних середовищ різного походження. До цих критеріїв слід віднести:

— глибину різкості, що пов'язана з дослідженням об'єктів із нерівною поверхнею, зокрема, для екологічного моніторингу (вищі водні рослини, лишайники), біомедичної діагностики (наприклад, доброякісні та злоякісні пухлини шкіри), контролю якості продукції (яблука, томати). При цьому досліджувана мультиспектральними методами область об'єкта повинна потрапляти у зону між дальньою та ближньою границею за глибиною різкості, яка залежить від діаметра кола розсіюван-

© С. М. Кватернюк, 2017

ня та параметрів оптичної схеми первинного вимірювального перетворювача засобу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю;

— точність вимірювання площі ушкодженої ділянки об'єкта дослідження, що визначається розсіюванням випромінювання у приповерхневому шарі неоднорідного біологічного середовища та обмеженою роздільною здатністю фотоматриці.

Аналіз забезпечення критерію глибини різкості оптичною схемою первинного вимірювального перетворювача засобу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю

Для створення постійних умов роботи оптичного каналу засобу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю неоднорідних біологічних середовищ необхідно забезпечити:

- незмінну відстань від об'єкта дослідження (ОД) до об'єктиву камери (ОК);
- освітлення об'єкта дослідження дифузно розсіяним випромінюванням;
- розміщення фотоматриці (ФМ) камери на нормалі до поверхні;
- відсутність інших джерел освітлення об'єкта дослідження окрім джерела випромінювання засобу контролю, що працює у заданих спектральних діапазонах;
- подавлення дзеркальної компоненти відбитого випромінювання.

Такі умови роботи оптичного каналу засобу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю неоднорідних біологічних середовищ забезпечуються за допомогою первинного вимірювального перетворювача на основі інтегрувальної сфери. В основі первинного вимірювального перетворювача розміщено шкалу зразків з відомими значеннями коефіцієнта дифузного відбиття на робочих довжинах хвиль засобу контролю з робочим отвором в центрі. У верхній частині інтегрувальної сфери розміщено цифрову камеру з фотоматрицею КМОН-типу. Світлодіодні джерела випромінювання розміщені по периметру інтегрувальної сфери. За необхідності дослідження тонкого шару неоднорідного біологічного середовища в кюветі використовується підложка, вкрита дифузно відбиваючим покриттям на основі сульфату барію, ідентичним до покриття інтегрувальної сфери.

Інтегрувальна сфера первинного вимірювального перетворювача має такі робочі отвори:

— робочий отвір s_1, який прикладається до об'єкта дослідження (ОД), тобто неоднорідного біологічного середовища у неінвазивному дослідженні в умовах in vivo або у якому розміщується кювета з тонким шаром неоднорідного біологічного середовища та підложка з дифузно відбиваючим покриттям у дослідженні в умовах in vitro;

— робочий отвір s_2 на нормалі до поверхні об'єкта дослідження для підключення цифрової камери.

— робочі отвори s_3 по периметру інтегрувальної сфери для підключення джерел випромінювання.

Оптична схема формування зображень на фотоматриці (ФМ) камери показана на рис. 1. Використовується ахроматичний об'єктив (ОК), виготовлений з двох лінз зі скла з різною дисперсією, що компенсують хроматичні аберації.

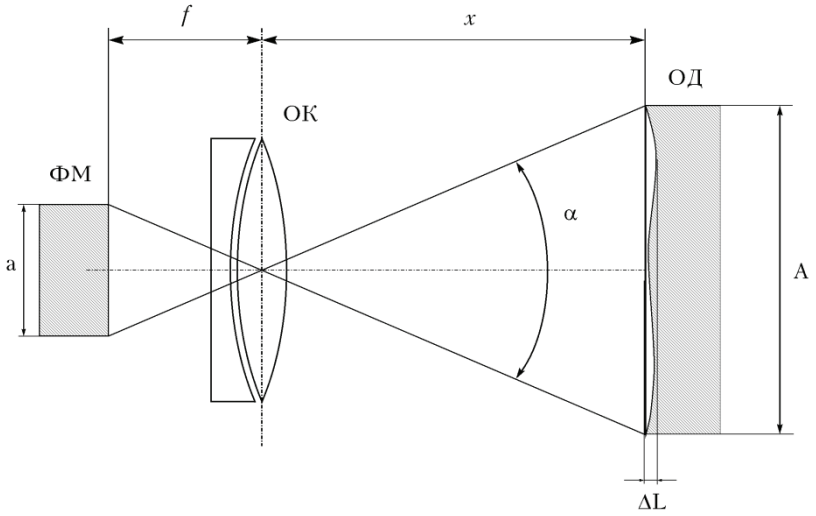

Рис. 1. Оптична схема формування зображень

Зв'язок між кутом поля зору і фокусною відстанню об'єктива визначається за формулами [12]

$$\alpha = 2\,\mathrm{arctg}\frac{f}{2a}; \tag{1}$$

$$\beta = 2\,\mathrm{arctg}\frac{f}{2b}; \tag{2}$$

$$\alpha' = \alpha\frac{180}{\pi} = \frac{360}{\pi}\mathrm{arctg}\frac{f}{2a}; \tag{3}$$

$$\beta' = \beta\frac{180}{\pi} = \frac{360}{\pi}\mathrm{arctg}\frac{f}{2b}, \tag{4}$$

де a, b — розмір фотоматриці камери по вертикалі й горизонталі; f — фокусна відстань об'єктива; α, β — кут поля зору по вертикалі й горизонталі в радіанах, α', β' — кут поля зору по вертикалі й горизонталі в градусах.

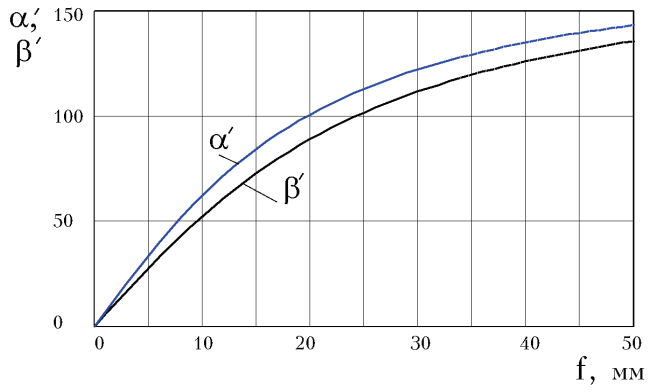

Рис. 2. Залежність кута поля зору від фокусної відстані об'єктива камери

Розрахована характеристика залежності кута поля зору від фокусної відстані об'єктива за використання камери типу MDC140BW з фотоматрицею Sony ICX285AL, що має розмір сенсора 2/3″ ($a = 8{,}3$ мм, $b = 10{,}2$ мм) та роздільову здатність 1360×1024 (1,4 Мп) [13], показана на рис. 2.

Під час пропускання через об'єктив камери випромінювання з різними довжинами хвиль можуть виникати хроматичні аберації, які полягають у зсуві зображення у різних спектральних діапазонах, за рахунок відмінностей у коефіцієнті заломлення лінз об'єктива на цих довжинах хвиль. У випадку мультиспектральних зображень це приводить до розшаровування зображення у різних спектральних діапазонах. Для уникнення хроматичних аберацій використаємо ахроматичний об'єктив Infinite Conjugate μ-Video Imaging Lenses з фокусною відстанню $f = 35$ мм, значенням діафрагми $F = 2{,}0$, який оптимізовано для роботи на відстані до об'єкта не менше 200 мм. Освітленість на об'єкті дослідження E_0 і площині фотоматриці E_1 за використання цього об'єктива буде у співвідношенні $E_0/E_1 = 5$ [12]. Крім того, для обраного об'єктива з фокусною відстанню $f = 35$ мм за використання камери MDC140BW за формулами (3) та (4) забезпечуються кути поля зору $\alpha' = 129{,}3°$, $\beta' = 119{,}5°$, що відповідає полю зору A = 843 мм, B = 686,8 мм.

Максимальна відстань (дальня границя) та мінімальна відстань (ближня границя) по глибині різкості залежить від діаметра кола розсіювання d, значення діафрагми F і фокусної відстані об'єктива f, а також від відстані x, на якій сфокусовано об'єктив [14]

$$L_{\max} = \frac{xf^2}{f^2 + F(x-f)d}; \tag{5}$$

$$L_{\min} = \frac{xf^2}{f^2 - F(x-f)d}, \tag{6}$$

де d — діаметр кола нерізкості; F — значення діафрагми; f — фокусна відстань об'єктива; x — відстань до об'єкта.

При цьому глибина різкості визначається різницею між максимальною і мінімальною відстанню до об'єкта [14]

$$\Delta L = L_{\max} - L_{\min}. \tag{7}$$

У засобі використовуємо фотоматрицю типу ICX285AL з розмірами сенсора 2/3″ та роздільною

здатністю 1360×1024 пікселів. При цьому максимально допустимий розмір кола нерізкості визначається геометричними параметрами матриці. Для фотоматриці, що встановлена в камері, згідно з технічними характеристиками діаметр кола нерізкості складає 6,45 мкм.

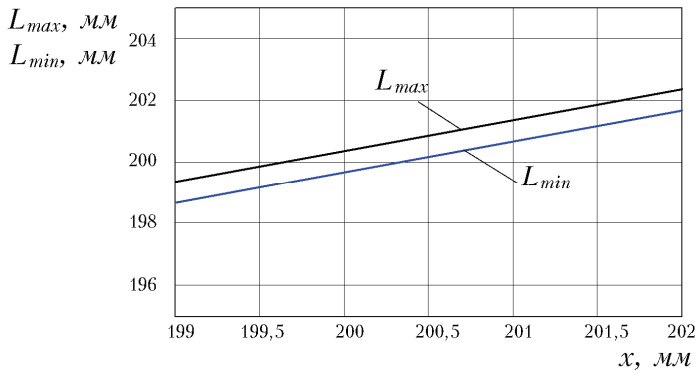

Рис. 3. Залежність максимальної та мінімальної відстані із забезпеченням заданого кола нерізкості від відстані до об'єкта дослідження

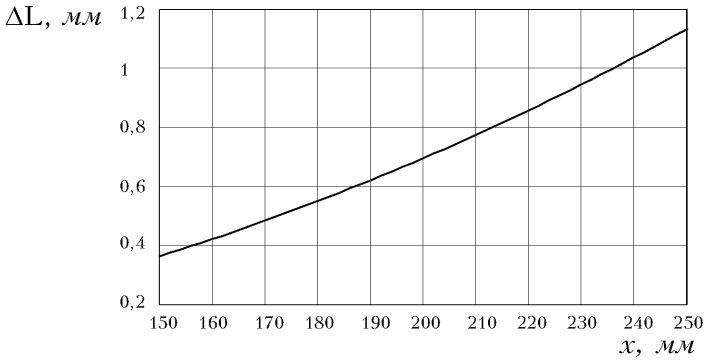

Рис. 4. Залежність глибини різкості від відстані до об'єкта дослідження

Розраховану характеристику залежності максимальної та мінімальної відстані із забезпеченням заданого кола нерізкості від відстані до об'єкта x, за умови використання об'єктива з фокусною відстанню $f = 35$ мм і значенням діафрагми $F = 2,0$ та камери з діаметром кола нерізкості $d = 6,45$ мкм показано на рис. 3.

Для значень максимальної та мінімальної відстані визначимо залежність глибини різкості від відстані до об'єкта (рис. 4).

За використання первинного вимірювального перетворювача, що забезпечує відстань від об'єктива до об'єкта досліджень 200 мм, максимальна та мінімальна відстань із забезпеченням заданого кола нерізкості складає $L_{\max} = 199,7$ мм, $L_{\min} = 200,3$ мм, що відповідає глибини різкості $\Delta L = 0,7$ мм. За використання первинного вимірювального перетворювача та оптичної схеми з відстанню від об'єктива до об'єкта досліджень 400 мм максимальна та мінімальна відстань із забезпеченням заданого кола нерізкості зростуть до $L_{\max} = 398,5$ мм, $L_{\min} = 401,5$ мм, що відповідає глибини різкості $\Delta L = 3$ мм. Отримане значення глибини різкості визначає необхідні параметри оптичної схеми засобу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю параметрів неоднорідних біологічних середовищ, що дозволяє досліджувати об'єкти з нерівностями поверхні не більше вказаного значення.

Аналіз забезпечення критерію точності вимірювання площі ушкодженої ділянки неоднорідного біологічного середовища

Визначення належності певної ділянки неоднорідного біологічного середовища до нормальної чи ушкодженої області здійснюється на основі опосередкованого вимірювання біофізичних та структурних його параметрів з використанням множинної регресії та мультиспектральних телевізійних вимірювань [11]. При цьому, за рахунок розсіювання світла у приповерхневій зоні неоднорідного біологічного середовища виникає розмиття світла, що дифузно розсіюється від багатошарового середовища. Зрозуміло, що світловий промінь, який проник глибше у об'єкт дослідження при дифузному відбиванні буде більше розмитим ніж промінь, який проник у шари ближчі до поверхні. Функція розмиття випромінювання на поверхні неоднорідного біологічного середовища залежить як від довжини хвилі випромінювання, так і від поглинаючих і розсіювальних характеристик кожного з шарів [15, 16]. За освітлення поверхні середовища пучком світла, що має у перетині форму кола радіусом r_0 (апертура джерела) та рівномірною освітленістю E_0 світло, яке дифузно відбилось від приповерхневого шару неоднорідного біологічного середовища і виходить з його поверхні, має освітленість E_1, яка радіально зменшується відповідно до функції розмиття $F(r) = E_1 / E_0$ зі збільшенням віддалі r від освітленої точки [15], що показано на рис. 5. У випадку використання фотоматриці важливо, щоб діаметр кола розмитого випромінювання, яке виходить із поверхні середовища, не перевищував на зображенні розмірів одного пікселя.

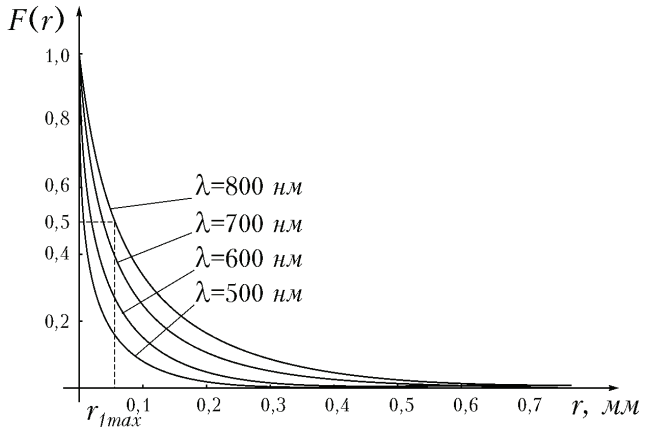

Рис. 5. Нормована функція розмиття точки

На якість зображення ушкодженої ділянки неоднорідного біологічного середовища, що формується за допомогою цифрової камери зображень, впливає роздільна здатність її фотоматриці. Розміри елемента зображення неоднорідного біологічного середовища, що відповідає одному пікселю, на зображенні цифрової камери становлять

$$l_{x\ ibm} = \frac{A}{N_x} = \frac{843}{1360} = 0,62 \text{ мм}; \quad (8)$$

$$l_{y\ ibm} = \frac{B}{N_y} = \frac{686,8}{1024} = 0,67 \text{ мм}, \quad (9)$$

де $l_{x\ ibm}$, $l_{y\ ibm}$ — геометричні розміри елемента зображення в площині об'єкта дослідження, що відповідає одному пікселю на зображенні цифрової камери; A, B — геометричні розміри зображення в площині об'єкта дослідження, що потрапляє у поле зору цифрової камери; N_x, N_y — розмірність матриці (1360×1024).

Перевіряємо умову перевищення розмірів геометричних розмірів елемента зображення в площині об'єкта дослідження діаметра кола розмитого випромінювання внаслідок розсіювання світла у приповерхневому шарі неоднорідного біологічного середовища

$$d_{1\max} = 2 \cdot r_{1\max} = 2 \cdot 0,055 = 0,11 \text{ мм} < \min\left(l_{x\ ibm}, l_{y\ ibm}\right) = 0,62 \text{ мм}. \quad (10)$$

Максимальна похибка квантування в обчисленні відстані на основі цифрового зображення складатиме половині кроку квантування, тобто відповідатиме половині розміру елемента зображення неоднорідного біологічного середовища, яке формує один піксель фотоматриці $\Delta_{quant.x\max} = 0,5 l_{x\ bt}$; $\Delta_{quant.y\max} = 0,5 l_{y\ bt}$.

Середньоквадратичне значення цієї похибки:

$$\varepsilon_{quant.x} = \frac{\Delta_{quant.x\max}}{\sqrt{3}} = \frac{l_{x\ ibm}}{2\sqrt{3}} = 0,18 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{quant.y} = \frac{\Delta_{quant.y\max}}{\sqrt{3}} = \frac{l_{y\ ibm}}{2\sqrt{3}} = 0,19 \text{ мм}. \quad (12)$$

На основі цього обчислимо відносну похибку визначення розмірів області неоднорідного біологічного середовища, що визначається роздільною здатністю фотоматриці. Похибка при цьому залежатиме від розмірів ушкодженої ділянки. Мінімальне її значення відповідатиме тому випадку, коли ділянка буде повністю закривати робочий отвір приладу. Розрахуємо середнє значення похибки у випадку, коли ушкоджена ділянка неоднорідного біологічного середовища буде закривати половину робочого отвору

$$\delta_{lx} = \frac{\varepsilon_{quant.x}}{L_{x_pat}} 100\,\% = \frac{\varepsilon_{quant.x}}{0,5 \cdot L_x} 100\,\% = 0,36\,\%; \quad (13)$$

$$\delta_{ly} = \frac{\varepsilon_{quant.y}}{L_{y_pat}} 100\,\% = \frac{\varepsilon_{quant.y}}{0,5 \cdot L_y} 100\,\% = 0,33\,\%, \quad (14)$$

де L_{x_pat}, L_{y_pat} — геометричні розміри ушкодженої ділянки неоднорідного біологічного середовища; L_x, L_y — геометричні розміри робочого вікна засобу контролю (100×120 мм).

Визначимо інструментальну складову похибки вимірювання площі ушкодженої ділянки.

$$\delta_{\text{instr.S}} = \sqrt{\delta^2_{lx} + \delta^2_{ly}} = \sqrt{0,36^2 + 0,33^2} = 0,48\,\%. \quad (15)$$

Висновки

Проаналізовано роботу лабораторного зразка засобу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю стану неоднорідних біологічних середовищ за критеріями забезпечення достатньої глибини різкості та точності вимірювання площі ушкодженої ділянки об'єкта дослідження. Лабораторний макет засобу має обмеження у розмірах робочого вікна 100×120 мм, відстані від об'єктива до об'єкта дослідження 400 мм та глибини різкості 3 мм, що вносить певні незручності у ході дослідження об'єктів, нерівномірність поверхні яких може перевищувати розраховане значення глибини різкості. Отримане значення похибки вимірювання площі ушкодженої ділянки об'єкта дослідження, що становить 0,48 %, достатнє для використання розробленого засобу для задач екологічного моніторингу, біомедичних досліджень та контролю якості продукції. Проведений аналіз забезпечення критерію точності вимірювання площі ушкодженої ділянки неоднорідного біологічного середовища дозволяє скласти рекомендації щодо побудови систем і засобів мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю стану неоднорідних біологічних середовищ. Зокрема, оскільки точність вимірювання площі ушкодженої ділянки визначається двома основними факторами, а саме розсіюванням випромінювання у приповерхневому шарі неоднорідного біологічного середовища та обмеженою роздільною здатністю фотоматриці, то подальше підвищення роздільної здатності фотоматриці не приведе до зменшення похибок вимірювання площі, оскільки вони будуть обмежуватись розмиттям зображення за рахунок розсіювання у приповерхневому шарі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент України № 99580 МПК (2006) G01N 21/21 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. ; заявл. 05.01.2015 ; опубл. 10.06.2015 , Бюл. № 11. — 5 с.

2. Патент України № 117337 G01N 21/25 (2006.01) G01N 33/48 (2006.01). Спосіб визначення дистанції пострілу на основі мультиспектрального дослідження вогнепальних пошкоджень шкіри людини / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк; О. Є. Кватернюк [та ін.] ; заявл. 27.12.2016 ; опубл. 26.06.2017, Бюл. № 12. — 5 с.

3. Спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю забруднення водних об'єктів за допомогою ряски малої (Lemna Minor L.) / В. Г. Петрук, С. М. Кватернюк, О.В. Бондарчук // Патент України №117336 G01N 21/25 (2006.01) G01N 33/18 (2006.01) ; заявл. 27.12.2016; опубл. 26.06.2017, Бюл. № 12. — 6 с.

4. 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 [et al.] // Proc. SPIE. — 2015. — Vol. 9816, 98161H (17 December 2015). — P. 98161H-1— 98161H-5 ; doi:10.1117/12.2229034.

5. The method of multispectral image processing of phytoplankton processing for environmental control of water pollution / V. Petruk, S. Kvaternyuk, V. Yasynska [et al.] // Proc. SPIE. — 2015. — Vol. 9816, 98161N (17 December 2015). — P. 98161N-1—98161N-5 ; doi: 10.1117/12.2229202.

6. Multispectral televisional measuring control of the ecological state of waterbodies on the characteristics macrophytes / V. Petruk, S. Kvaternyuk, A. Kozachuk [et al.] // Proc. SPIE. — 2015. — Vol. 9816, 98161Q (17 December 2015). — P. 98161Q-1—98161Q-4 ;. doi: 10.1117/12.2229343.

7. 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.

8. Multispectral control of water bodies for biological diversity with the index of phytoplankton / [V. Martsenyuk, V. G. Petruk, S. M. Kvaternyuk and others] // 2016 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2016), Oct. 16-19, 2016 in HICO, Gyeongju, Korea. — P. 988—993 ; doi: 10.1109/ICCAS.2016.7832429.

9. Experimental studies of phytoplankton concentrations in water bodies by using of multispectral images /[Petruk V., Kvaternyuk S., Pohrebennyk V. and others] // Water Supply and Wastewater Removal. Editors: Henryk Sobczuk, Beata Kowalska. — Lublin : Lublin University of Technology, 2016. — 229 p.

10. Multispectral Methods and Means of Water Pollution Monitoring by Using Macrophytes for Bioindication / [V. Petruk, S. Kvaternyuk, O. Bondarchuk and others] // Water Security. Editors: O. Mitryasova, C. Staddon. — Mykolaiv: PMBSNU — Bristol: UWE, 2016. — 308 p.

11. Кватернюк С. М. Метод та засоби мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю стану неоднорідних біологічних середовищ / С. М. Кватернюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2017. — № 1. — С. 15—22.

12. Никитин В. В. Телевидение в системах физической защиты / В. В. Никитин, А. К. Цыцулин. — Спб. : изд-во СПбГЭТУ, 2001. — 135 с.

13. ScopeTek Product Manual / ScopeTek. — 2015. — 116 p.

14. Jeff Conrad. Depth of Field in Depth. [Електронний ресурс] / Jeff Conrad. — Режим доступу : http://www.largeformatphotography.info/articles/DoFinDepth.pdf . — Дата звернення 29.06.2017.

15. Иванов А. П. Функция размытия света биотканью на поверхности кожи человека и ее использование для определения коэффициента отражения / А. П. Иванов, В. В. Барун // Лазерная физика и оптические технологии : материалы IX Международной конференции. — Гродно: ЛФиОТ, 2012. — С. 65—68.

16. Зеге Э. П. Перенос изображения в рассеивающей среде / Э. П. Зеге, А. П. Иванов, И. Л. Кацев. — Минск : Наука и техника, 1975. — 327 с.

Рекомендована кафедрою екології та екологічної безпеки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 19.07.2017

Кватернюк Сергій Михайлович — докторант, канд. техн. наук, доцент кафедри екології та екологічної безпеки, e-mail: serg.kvaternuk@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

S. M. Kvaterniuk[1]

Analysis of Errors in Measuring the Area of Damaged Sections of Heterogeneous Biological Media by the Multispectral Method

[1]Vinnytsia National Technical University

For applied problems of environmental control, biomedical diagnostics and quality control of products, it is necessary to measure the area of the damaged section of the research object. The optical scheme of the multispectral television measuring instrument for measuring the parameters of inhomogeneous biological media is analyzed using diffuse illumination of the object of investigation with the help of an integrating sphere and a ruler of light-emitting diodes. After measuring the biophysical and structural parameters of inhomogeneous biological media and comparing them with the norm, the tool determines the normal and pathological sections of the object of investigation and measures their area. The paper gives an example of calculating the error in measuring the area of a damaged section by the multispectral method.

Keywords: multispectral control, heterogeneous biological environment, control means, TV measurement control.

Kvaterniuk Serhii M. — Cand. Sc. (Eng.), Doctoral Student, Assistant Professor of the Chair of Ecology and Ecological Safety, Vinnytsia National Technical University, e-mail: serg.kvaternuk@gmail.com

С. М. Кватернюк[1]

Анализ погрешностей измерения площади поврежденных участков неоднородных биологических сред мультиспектральным методом

[1]Винницкий национальный технический университет

В прикладных задачах экологического контроля, биомедицинской диагностики и контроля качества продукции необходимо измерять площадь поврежденного участка объекта исследования. В работе проанализирована оптическая схема средства мультиспектрального телевизионного измерительного контроля параметров неоднородных биологических сред при использовании диффузного освещения объекта исследования с помощью интегрирующей сферы и линейки светодиодов. После измерения биофизических и структурных параметров неоднородных биологических сред и сравнения их с нормой средство определяет нормальные и поврежденные участки объекта исследования и измеряет их площадь. Приведен пример расчета погрешности измерений площади поврежденного участка мультиспектральным методом.

Ключевые слова: мультиспектральный контроль, неоднородные биологические среды, средства контроля, телевизионный измерительной контроль.

Кватернюк Сергей Михайлович — докторант, канд. техн. наук, доцент кафедры экологии и экологической безопасности, e-mail: serg.kvaternuk@gmail.com