

**Н. М. ЗАЩЕПКИНА, О. А. НАКОНЕЧНИЙ****ВИБІР ЕКСПРЕС МЕТОДИК АНАЛІЗУ КІЛЬКІСНИХ ТА ЯКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УФ-ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Проаналізовано існуючі в даний час інструментальні методи діагностики інформативних параметрів органічних речовин, визначено їх переваги та недоліки. Проведено вибір методів та засобів аналізу органічних речовин, що мають найкращі показники по відношенню затрати/отриманий результат, та відповідають вимогам експрес діагностики, а саме – УФ-спектрофотометрія та люмінесцентна флуориметрія. Обґрунтовано доцільність використання засобів об'єктивного контролю, – телевізійних інформаційно-вимірювальних систем (ТІВС), в процесі визначення параметрів продуктів харчування, та діагностики змін в їх кількісному та якісному складі із застосуванням люмінесцентних методів аналізу.

**Ключові слова:** телевізійні інформаційно-вимірювальні системи, люмінесценція, продукти харчування, об'єктивний контроль, спектральна яскравість, експрес-метод, пороговий контраст, УФ-спектрофотометрія, люмінесцентна флуориметрія.

Проанализированы существующие в настоящее время инструментальные методы диагностики информативных параметров органических веществ, определены их преимущества и недостатки. Проведен выбор методов и средств анализа органических веществ, имеющих лучшие показатели по отношению затраты/полученный результат, и соответствуют требованиям экспрес диагностики, а именно – УФ-спектрофотометрия и люминесцентная флуориметрия. Обоснована целесообразность использования средств объективного контроля, – телевизионных информационно-измерительных систем (ТИИС), в процессе определения параметров продуктов питания, и диагностики изменений в их количественном и качественном составе с применением люминесцентных методов анализа.

**Ключевые слова:** телевизионные информационно-измерительные системы, люминесценция, продукты питания, объективный контроль, спектральная яркость, экспрес-метод, пороговый контраст, УФ-спектрофотометрия, люминесцентная флуориметрия.

The article considers review and description of existent presently chemical, physical and combined methods diagnostics of informing parameters of organic substances, determination of their advantages and defects. The choice of methods and facilities of analysis of organic substances that have the best indexes on the relation of expense/result is conducted, and answer requirements express of diagnostics, with providing of sufficient sensitiveness, selectivity, and exactness of measuring. Choice of requirements and technical aspects of application of photometric methods of analysis of organic substances with application of electromagnetic waves of different length, namely – UV-spectrophotometrys and fluorescent photometry, as methods that allow to conduct complex diagnostics of foods and fully answer requirements express of analysis. The expediency of use of objective control - television information and measurement systems (TIMS) in the process of determining the parameters of foods, and diagnostics changes in their quantitative and qualitative composition during using fluorescent methods of analysis.

**Keywords** television information and measurement systems, luminescence, food, objective control, spectral brightness, express method, threshold contrast, UV-spectrophotometrys and fluorescent photometry.

**Вступ.** Контроль інформативних параметрів органічних речовин (до яких відносяться усі без винятку продукти харчування), як природного так і штучного походження, включає три основні етапи: ідентифікація («випробування на справжність») – визначення сортової та видової приналежності досліджуваного зразка, якісний (визначення наявності певної компоненти) та кількісний (концентрація досліджуваної речовини у зразку) аналіз. Процедура контролю здійснюється на усіх етапах переробки і виробництва, та в процесі транспортування і подальшого зберігання придатного до споживання продукту харчування. Внаслідок наявності широкого спектру харчових продуктів як за хімічною природою, так і вимогами до чутливості, правильності, відтворюваності, тривалості методів їх аналізу, застосування тих чи інших методів та засобів визначення кількісних і якісних параметрів харчових продуктів можуть істотно відрізнятися. Ось чому в процесі контролю харчових продуктів використовують як хімічні, так і фізико-хімічні методи, переваги яких загальновідомі. Фізико-хімічні методи все ширше впроваджуються в фундаментальні дослідження органічних речовин і в практику якісного та кількісного аналізу.

Більшість хімічних та фізико-хімічних методик оперативного контролю кількісних і якісних параметрів органічних речовин дозволяє досить точно виявляти наявність та концентрацію включень різної

природи у досліджуваному зразку (молекул, бактерій, надмолекулярних структур), навіть при їх абсолютній концентрації порядку  $10^{-6}$ – $10^{-9}$  г/г [7].

Однак ці дані про мінімальні концентрації відносяться до речовин що знаходяться в чистому фізіологічному розчині. Для використання цих методів необхідно проводити відбір і очищення проб, що ускладнює їх застосування на практиці. Іншим фактором, що перешкоджає використанню більшості методик в промисловості та побуті, є контактність вимірювань, що призводить до зміни кількісних та якісних параметрів досліджуваного зразка, і відповідно неможливості проведення на ньому широкої серії різнопланових вимірювань.

У даний час найбільш доступними експрес методами для визначення інформативних параметрів органічних речовин є фотометричні методи, зокрема УФ-спектрофотометрія та люмінесцентна флуориметрія, які досліджують взаємодію речовини з електромагнітним випромінюванням в певному інтервалі довжин хвиль та появу внаслідок цього характерного відгуку [11].

**Локалізація задачі дослідження.** На підставі аналізу існуючих в даний час інструментальних методів та засобів дослідження складу і властивостей органічних речовин можна дійти висновку, що у більшості випадків вони ґрунтуються на застосуванні фізичних, хімічних, біохімічних та інших ефектів контактної взаємодії досліджуваного об'єкту з вимі-

речовинними засобами. У багатьох випадках визначення інформативних параметрів органічних речовин, потребує досить тривалої і затратної пробопідготовки (подрібнення, висушування, формування гелів, золів та суспензій, внесення реагентів та хімічних маркерів та ін.), особливо при визначенні їх якісного складу, та не може в повній мірі відповідати вимогам експрес діагностики. В той же час, до приладів, що використовуються для контролю якості харчових продуктів, пред'являються досить серйозні вимоги по стандартизації та сертифікації [9].

**Метою даної статті** є вибір і наукове обґрунтування ефективності застосування експрес методик визначення характеристик органічних речовин (а саме – харчових продуктів) із використанням фотометричних методів діагностики.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано та вирішено наступні задачі:

- огляд та характеристика існуючих в даний час хімічних, фізичних та фізико-хімічних методів діагностики інформативних параметрів органічних речовин, визначення їх переваг та недоліків;

- проведено вибір методів та засобів аналізу органічних речовин, що мають найкращі показники по відношенню затрати/отриманий результат, та відповідають вимогам експрес діагностики, із забезпеченням достатньої чутливості, селективності, та точності вимірів;

- аналіз вимог та технічних аспектів застосування фотометричних методів аналізу органічних речовин із застосуванням електромагнітного випромінювання різної довжини хвиль, а саме – УФ-спектрофотометрії та люмінесцентної флуориметрії, як методів, що дозволяють проводити комплексну діагностику харчових продуктів та повністю відповідають вимогам експрес аналізу.

#### **Результати розробки та досліджень.**

На підставі отриманих даних, зроблено висновок, що найбільш ефективним по відношенню затрати/результат, при визначенні характеристик органічних речовин, є застосування оптичних методів експрес аналізу (в лабораторних та виробничих умовах), з яких найбільш перспективними є саме люмінесцентні методи.

Дані методи застосовують для кількісного визначення органічних сполук, вітамінів, білків, нітратів, сульфідів, ціанідів, токсичних металів у складі харчових продуктів (а саме – у молоці, м'ясі та рибі), для діагностики псування овочів, плодів і виявлення в продуктах консервантів, лікарських препаратів, канцерогенних речовин та ін.

Люмінесцентний аналіз знайшов застосування в різних областях науки і техніки. Такий аналіз здійснюється, в основному, за допомогою візуальних спостережень (або із застосуванням телеметричних засобів). У випадку кількісного визначення компонентів харчових продуктів використовуються методи флуоресценції, які включають в себе різні операції з розділення, очищення складових, обробки продукту флуорохромами, та ін. Абсолютна чутливість люмінесцентного методу досить висока. Відносна концен-

трація речовини також може бути дуже малою, для яскраво люмінесціюючих речовин вона становить величину порядку  $10^{-10}$  г/г [10].

Усі органічні речовини неоднаково поглинають світло різних довжин хвиль. Зазвичай спектри поглинання молекул мають безперервний характер, але виявляють максимуми на тій довжині хвилі світла, де є максимальне поглинання його квантів. Вивчення спектрів поглинання і випромінювання будь-яких біологічних об'єктів, до яких відносяться і продукти харчування, дозволяє з'ясувати, яка речовина відповідає за процес поглинання і випромінювання світла. Крім цього, по розміщенню максимумів на шкалі довжин хвиль, можна визначити довжину хвилі світла, що переважно поглинається цією речовиною.

У загальному випадку, люмінесценцією називається світіння атомів, молекул, іонів та інших більш складних комплексів, що виникає в результаті електронного переходу в цих частинках при їх поверненні із збудженого стану – в стабільний. Схематично цей процес можна представити у вигляді діаграми А. Яблонського [5].

Так як частина збереженої при поглинанні світла енергії переходить в тепло, то енергія кванта люмінесценції завжди буде менше енергії поглиненого кванта. Вона буде менше на величину розтраченої в тепло енергії  $E_{\text{тепл.}}$  [5].

$$h\nu_{\text{люм.}} = h\nu_{\text{погл.}} - E_{\text{тепл.}}, \quad (1)$$

де  $\nu_{\text{люм.}}$  – частота світла, що випромінюється при люмінесценції.

Отже, світло що випромінюється, матиме меншу частоту і більшу довжину хвилі, ніж поглинене світло. Ця залежність носить назву закону Стокса: довжина хвилі, світла, що випускається при люмінесценції, завжди більше довжини хвилі світла, який її викликав:  $\lambda_{\text{люм.}} > \lambda_{\text{погл.}}$  [15].

Інтенсивність люмінесценції оцінюється за допомогою квантового виходу. Під квантовим виходом люмінесценції  $\phi$  розуміється відношення кількості квантів люмінесценції  $n$  – до кількості отриманих квантів  $N$  [19]:

$$\phi = n/N. \quad (2)$$

Речовини, здатні випромінювати люмінесценцію називаються люмінофорами. Найбільшого поширення на практиці отримала фотолюмінесценція – явище, при якому світіння виникає під дією кванта світла. Даний вид люмінесценції є найбільш придатним на практиці, так як є можливість контролювати умови проведення аналізу шляхом варіювання довжин хвиль збудження. Вибираючи певну довжину хвилі збуджуючого світла, можна підвести енергію до певного компоненту хімічної системи і позбутися, таким чином, від ускладнень, можливих в разі поглинання енергії всією системою [16].

При кімнатній температурі більшість молекул знаходиться на найнижчому коливальному рівні основного електронного стану. При дії на молекулу збуджуючого випромінювання, вона переходить на верхній коливальний рівень будь-якого збудженого

стану, однак, процес випромінювання надлишку енергії завжди відбувається з нижнього рівня першого збудженого стану і тому форма спектра люмінесценції не залежить від довжини хвилі збуджуючого світла. Це явище відоме як правило Вавілова М. І. [5, 14].

Існує кілька типів електронних переходів. Кожному типу електронного переходу відповідає положення смуги в спектрі [6].

Перехід  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  характерний для сполук з насиченими вуглець-вуглецевими зв'язками (алкани, циклоалкани). Для здійснення цього переходу потрібна найбільша енергія.

Значно меншою енергії вимагають  $\pi \rightarrow \pi^*$  переходи, які характерні для ненасичених сполук. Інтенсивність смуг цього електронного переходу максимальна.

Перехід  $\pi^* \rightarrow \pi^*$  характерний для кисень-, азот-, сірко- і галогеновмісних з'єднань, в ближній УФ області (~200–250 нм).

Перехід  $\pi \rightarrow \sigma^*$  є забороненим, тому його інтенсивність завжди мала (характерний для карбонільних сполук).

Довжина хвилі, на якій відбувається поглинання світла речовиною та інтенсивність характеристичного випромінювання, залежить від наявності в органічній речовині відповідних типів зв'язків і від їх відносної кількості (порівняно до загального об'єму речовини що приймає участь у поглинанні квантів світла) [12].

Групи атомів, що викликають поглинання в УФ і видимій областях спектра отримали назву хромофорних; вони містять кратні зв'язки або атом з вільною парою електронів ( $C=O$ ,  $NO$ ,  $N=NH$ ). Крім хромофорних груп, в протіканні люмінесценції беруть участі аукохроми групи – це функціональні групи, які не мають власного поглинання, проте їх введення в речовину з хромофорними групами може посилювати сигнал або приводити до зсуву сигналу вздовж осі довжин хвиль ( $OH$ ,  $-NH_2$ ,  $-SH$  і ін.) [1, 5].

Люмінесцентні методи аналізу включають в себе дослідження з використанням флуоресценції (флуориметрія) і фосфоресценції (фосфориметрія).

В аналітичних цілях люмінесцентний аналіз застосовується для ідентифікації речовин, для виявлення малих концентрацій речовин, для контролю змін, що зазнають речовини, для визначення ступеня чистоти речовин [20]. Висока чутливість методу дозволяє фіксувати малу ступінь перетворення речовин, а іноді по люмінесценції проміжних сполук стає можливим встановити механізм хімічної реакції.

Відомо, що інтенсивність флуоресценції біологічних об'єктів незначна через малу величину квантових виходів і низьку концентрацію флуоресціюючих компонентів. Щоб це компенсувати, потрібне збільшення чутливості вимірювальної апаратури, ретельне фокусування світла, вибір оптимальних умов реєстрації флуоресценції, що дозволяють виключити вплив можливих домішок, вібрації оптики і «засвітків» внаслідок дії сторонніх джерел світла [4].

Завдання якісного аналізу ускладнюється, коли суміш складається з декількох люмінесціюючих речовин; в цьому випадку застосовують світлофільтри або

поєднання люмінесцентного аналізу з хроматографічним. Найбільш інформативні методи аналізу засновані на спектральному розкладанні світла люмінесценції і вивченні спектральних характеристик люмінесценції спектрофотометричним методом.

Кількісний люмінесцентний аналіз заснований на залежності між інтенсивністю люмінесценції і концентрацією аналізованої речовини, тобто на пропорційності інтенсивності люмінесценції кількості поглинаючих і випромінюючих центрів і частці поглиненого світла. Флуометричні вимірювання виконуються як візуально, так і за допомогою апаратних методів реєстрації викликаного випромінювання [2].

Найбільш широко люмінесцентні вимірювання використовуються як методи аналізу швидко протікаючих хімічних реакцій, а також для кінетичних досліджень реакцій електронно-збуджених молекул. [3]. Особливу роль цей метод грає в дослідженні харчових продуктів. Відомо, що всі харчові продукти, як природного так і синтетичного походження, містять в своєму складі компоненти, здатні до флуоресценції в різних областях. В УФ області – це білки і нуклеїнові кислоти, в видимій області – цукри, природні та штучні барвники, в ближній ІЧ області – компоненти целюлозно-пектинової оболонки, ліпідні комплекси [8].

В той же час, головною проблемою більшості люмінесцентних методів аналізу органічних речовин (як і більшості фотометричних методів загалом) є залежність їх результатів від суб'єктивної оцінки спостерігачем процесу аналізу. Для вирішення даної проблеми доцільно використовувати засоби об'єктивного контролю, серед яких найбільш ефективними виявляються телевізійні інформаційно-вимірювальні системи (ТІВС).

Методики застосування ТІВС полягають в формуванні зображення, яке відображає об'єкт з певними лінійними розмірами, або діагностує в досліджуваному об'єкті зони, що відрізняються своїми оптичними характеристиками. Спектральний діапазон, в якому зазвичай проводяться вимірювання становить 0,3–0,8 мкм, що досить точно відповідає можливому діапазону довжин хвиль вимушеного випромінювання при збудженні люмінесценції УФ-випромінюванням [18].

Особливістю даного методу контролю, є можливість реєстрації ділянок на поверхні досліджуваного зразка з певними геометричними розмірами, які складаються з точок, що мають різну спектральну яскравість  $L_\lambda(x,y)$ , тобто, випромінюють світловий потік у певному діапазоні довжин хвиль [17]:

$$L_\lambda(x,y) = \rho_\lambda(x,y) \cdot E_\lambda(x,y), \quad (3)$$

де  $\rho_\lambda(x,y)$  – спектральний коефіцієнт відбиття поверхні;

$E_\lambda(x,y)$  – освітленість поверхні зразка;

$x, y$  – відповідні координати точок на поверхні досліджуваного об'єкту.

Таким чином, можна із заданою роздільною здатністю виділити ділянки що мають різні значення спектральної яскравості і використовувати явище

порогового контрасту ( $K_{\Pi}$ ) визначити їх відносний чи абсолютний геометричний розмір.

В системах формування зображення елементом, який визначає пороговий рівень сигналу що формується на основі відгуків від ділянок із різною спектральною яскравістю, як правило, є світло електричний перетворювач (СЕР). Для кількісної оцінки даного показника необхідно ввести поняття вхідного контрасту ( $K_{BX}$ ), що характеризує відносний рівень освітленості довільних ділянок певних геометричних розмірів [17]:

$$K_{BX} = (E_{max} - E_{min}) / (E_{max} + E_{min}), \quad (4)$$

де  $E_{max}$  і  $E_{min}$  – відповідно максимальне і мінімальне значення освітленості точок на поверхні досліджуваного зразка що формують певні ділянки з однаковою середньою спектральною яскравістю.

Враховуючи, що пороговий контраст визначається для заданого значення ймовірності реєстрації сигналу з врахуванням вхідного контрасту, ( $K_{BX}$ ) та показника ступеня нелінійності робочої ділянки світлосигнальної характеристики СЕР –  $\gamma(E)$ , можна вважати, що [17]:

$$K_{BX} \cdot \gamma(E) \cdot q(E) \cdot K_{\Pi} = q_{\Pi}, \quad (5)$$

де  $q(E)$  та  $q_{\Pi}$  – відповідно відношення сигнал/шум при освітленості  $E$ , та порогове;

Для кількісних оцінок порогового контрасту в реальних виробничих або лабораторних умовах можливе використання виразу [17]:

$$K_{\Pi} = (q_{\Pi}(P)) / (K_{BX} \cdot \gamma(E) \cdot q(E)), \quad (6)$$

де  $K_{BX}$  – вхідний контраст;

$q(E)$  та  $q_{\Pi}(P)$  – відповідно відношення сигнал/шум при освітленості  $E$  та порогове, при якому забезпечується задана ймовірність при реєстрації сигналу  $P$ ;

$\gamma(E)$  – показник ступеня нелінійності робочої ділянки світлосигнальної характеристики СЕР.

Якщо СЕР працює в діапазоні лінійності, то  $\gamma(E)=1$ , тоді значення порогового контрасту можна визначити за формулою [17]:

$$K_{\Pi} = (q_{\Pi}(P)) / (K_{BX} \cdot q(E)) \quad (7)$$

В окремих випадках такий підхід не приводить до значних похибок, але пороговий контраст у вихідному різницевого зображенні може залежати від просторової частоти. В той же час літературні джерела, де використовуються просторово-частотний підхід до визначення найменшої роздільної здатності світло-електричного перетворювача, не враховують особливості формування порогового контрасту та умов проведення вимірів [17].

Враховуючи залежність спектральної яскравості  $L_{\lambda}$  від довжини хвилі збуджуючого світла, можна досить точно діагностувати просторове розміщення на поверхні тонких зрізів (субміліметрової товщини) зразків продуктів харчування включень певної природи, що відрізняються спектрами поглинання та вимушеного випромінювання при дії УФ-випромінювання. Це дозволяє визначити природу даних

компонентів та вирахувати їх абсолютні і відносні концентрації в зразках. Подібна методика може бути застосована і при роботі з подрібненими продуктами харчування у вигляді гелів, золів суспензій та емульсій розміщених субміліметровим шаром на скляній пластинці.

До того, ж дані вимірювання можуть проводитися із значно меншими затратами часу, людських та виробничих ресурсів, та повністю відповідають умовам експрес-діагностики. Також, у випадку застосування комплексних автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем, що містять засоби об'єктивного контролю, є можливим розробка та впровадження технологічних карт для дослідження параметрів певних груп продуктів харчування, що дозволить автоматизувати процес вимірювань та надасть можливість проводити процес вимірювань користувачами без спеціальної технічної підготовки, що є економічно доцільним.

**Висновки.** Таким чином, можна дійти висновку, що ТІВС, як засіб об'єктивного контролю у поєднанні з УФ-спектрофотометрією та люмінесцентною флуориметрією мають досить цікаві перспективи для застосування в експрес-діагностиці органічних речовин, а саме – природних та синтетичних продуктів харчування. Дане поєднання дозволяє швидко і точно проводити оцінку якості як готових продуктів харчування, так і сировини в умовах лабораторій під час виробничого процесу.

1. Серед досліджених методів визначення характеристик органічних речовин, тільки оптичні методи, а саме – методи спектрально-флуоресцентного аналізу, дозволяють проводити безконтактний контроль. З викладеного можна зробити висновок, що найбільш перспективними методами дистанційного визначення інформативних параметрів продуктів харчування, є прямі оптичні методи, а саме метод, заснований на використанні ефекту люмінесценції. Незважаючи на окремі переваги інших методів, в даний час лише оптичні методи є єдиною можливою основою для створення як портативних приладів експрес-контролю, так і багатокомпонентних інформаційно-вимірювальних систем (із власними базами даних і можливістю прийняття рішень), що можуть проводити експрес-контроль під час усіх ланок виробничих процесів прийому, переробки, транспортування та передпродажного зберігання харчової продукції та її складових.

2. Промисловий зразок засобу вимірювань що базується на описаних в даному дослідженні люмінесцентних методах діагностики, може бути виконаним у вигляді окремих компактних герметичних модулів та переносним. Програмне забезпечення такого приладу дозволить проводити комплексний попередній аналіз інформативних параметрів продуктів харчування із виводом попередніх результатів в графічному вигляді, а також зберігати отримані дані про певний продукт та умови проведення дослідів у власну базу даних, з подальшою можливістю обробки та аналізу інформації за допомогою сторонніх електронних обчислювальних засобів.

3. Інформаційно-вимірвальна система, принцип дії якої базується на основі люмінесцентних методів аналізу, при наявності інтегрованого блоку автокорекції, відповідно до умов проведення вимірювань, дозволяє економити ресурси, зазвичай необхідні для первинного налаштування вимірвальних засобів в виробничих умовах. У випадку застосування даних методик, блок автокорекції формується на основі даних калібрувальних графіків, і тому може бути включений в базову комплектацію промислового зразка вимірвального засобу без значних додаткових фінансових затрат, що повинно сприяти здешевленню ціни готового промислового виробу.

Таким чином, люмінесцентні методи діагностики продуктів харчування та їх комбінація із засобами об'єктивного контролю та методами обробки отриманих результатів відповідають вимогам експрес-методу та мають економічні перспективи у випадку подальших досліджень.

#### Список літератури

1. Анисимова Н.А. Идентификация органических соединений: учебное пособие (для студентов, обучающихся по специальности «химия»). – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2009. – 95 с.
2. Аранович Г.И., Коршунов Ю.Н., Ляликов Ю.С. Справочник по физико-химическим методам исследования объектов окружающей среды. – Л.: Судостроение, 1979. – 648 с.
3. Барковский В.Ф. и др. Физико-химические методы анализа, Учебник для техникумов. – М.: Высшая школа, 1972. – 344 с.
4. Булычев А.А., Верхотуров В.Н., Гуляев Б.А. и др. Современные методы биофизических исследований: Практикум по биофизике: Учеб. пособие для биол. спец. вузов / под ред. А. Б. Рубина. – М.: Высш. шк. 1988. – 359 с.
5. Булычева Е.В. Определение общего содержания бактерий в природных водах методом флуориметрии. Дис. на получение науч. ступ. канд. тех. наук: спец. 02.00.02 – «Аналитическая химия» / Булычева Елизавета Владимировна; Гос. высш. учебн. зав. «Томский государственный университет». – Томск. – 2015 – 164 с. – рус.
6. Долгов В.В., Ованесов Е.Н., Щетникович К.А. Фотометрия в лабораторной практике. – М.: Российская медицинская академия последипломного образования, 2004. – 142 с.
7. Евелев С.А., Новоселов Н.П. Сравнительный анализ спектров люминесценции избранных органических соединений /С.А. Евелев, Н.П. Новоселов// Сборник трудов Института холодильной промышленности М.: «Локус». – 2008. – С. 35–44.
8. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия, изд. 2-е. – М.: Эдиториал, 2001. – 896 с.
9. Зацепкина Н.М., Наконечный О.А. Перспективы застосування телевізійних засобів вимірювань в сучасних оптичних методах експрес контролю продуктів харчування. /Н.М. Зацепкина, О.А. Наконечний// Міжн. наук. інт. конф. «Інформація суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» / 36. тез та доповідей: вип. 16. Тернопіль. – 2016. – С. 86–89.
10. Зацепкина Н.М., Наконечный О.А. Удосконалення люмінесцентних методів контролю якості продуктів харчування із застосуванням телевізійних засобів вимірювань. /Н.М. Зацепкина, О.А. Наконечний// «Технічна творчість»: Зб. наук. праць / Укл.: Скиба М.Є., Поліщук О. С., Онофрійчук В.І., Хмельницький: ХНУ, 2016. – №2. – С. 53–56.
11. Земский В.И., Клим О.В., Кафтырева Л.А., Флуоресцентный метод дистанционного контроля качества пищевых продуктов /В.И. Земский, О.В. Клим, Л.А. Кафтырева, // Известия вузов. Приборостроение. 2002. – Т. 45. – №1. – С. 60–62.
12. Лакочич Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. – М.: Мир, 1986. – 488 с.
13. Лёвшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения: молекулярная люминесценция. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 272 с.

14. Константинова-Шлезингер М.А. Люминесцентный анализ / под ред. М.А. Константиновой-Шлезингер. – государственное изд.-во физ.-мат. лит., Москва, 1961. – 400 с.
15. Мандельберг Е.М. В мире холодного света. – М.: Наука, 1968. – 107 с.
16. Паркер С. Фотолуминесценция растворов, перевод с англ. к.х.н. Н.Л. Комиссаровой, к.х.н. Б.М. Ужинов / под ред. д.ф.-м.н. Р.Ф. Васильева. – изд. «Мир», Москва 1972. – 512 с.
17. Порев В.А. Телевізійні інформаційно-вимірвальні системи. Монографія. / В. А. Порев. – К. 2015. – 218 с.
18. Порев, В.А. Імовірнісний підхід до визначення роздільної здатності телевізійних засобів контролю /В.А. Порев, Г.В. Порев, Р.І. Кісіль// Методи та прилади контролю якості. – 2002. – №8. – С. 40–43.
19. Степанов Б.И. Люминесценция сложных молекул. Часть 1. Изд. академии наук БССР, Минск, 1961. – 328 с.
20. Степанов Б.И., Грибовский В.П. Введение в теорию люминесценции. – Изд. академии наук БССР, Минск, 1963. – 444 с.

#### References (transliterated)

1. Anisimova N.A. Identifikacija organicheskikh soedinenij: uchebnoe posobie (dlja studentov, obuchajushhhsja po specialnosti «himija»). – Gorno-Altajsk: RIO GAGU, 2009. – 95 p.
2. Aranovich G.I., Korshunov Ju.N., Ljalikov Ju.S. Spravochnik po fiziko-himicheskim metodam issledovanija objektov okruzhajushhej sredy. – L.: Sudostroenie, 1979. – 648 p.
3. Barkovskij V.F. i dr. Fiziko-himicheskie metody analiza, Uchebnik dlja tehnikumov. – Moscow.: Vysshaja shkola, 1972. – 344 p.
4. Bulychiev A.A., Verhoturov V.N., Guljaev B.A. i dr. Sovremennye metody biofizicheskikh issledovanij: Praktikum po biofizike: Ucheb. posobie dlja biol. spec. vuzov / pod red. A. B. Rubina. – Moscow: Vyssh. shk. 1988. – 359 p.
5. Bulycheva E.V. Opredelenie obshhego sodержaniya bakterij v prirodnyh vodah metodom fluorimetrii. Dis. na poluchenie nauch. stup. kand. teh. nauk: spec. 02.00.02 – «Analiticheskaja himija» / Bulycheva Elizaveta Vladimirovna; Gos. vyssh. uchebn. zav. «Tomsnij gosudarstvennyj universitet». – Tomsk. – 2015 – 164 p. – rus.
6. Dolgov V.V., Ovanesov E.N., Shhetnikovich K.A. Fotometrija v laboratornoj praktike. – Moscow.: Rossijskaja medicinskaja akademija posleddiplomnogo obrazovanija, 2004. – 142 p.
7. Evelev S.A., Novoselov N.P. Sravnitelnyj analiz spektrov ljuminescencii izbrannykh organicheskikh soedinenij /S.A. Evelev, N.P. Novoselov// Sbornik trudov Instituta holodilnoj promyshlennosti M.: «Lokus». – 2008. – pp. 35–44.
8. Eljashevich M.A. Atomnaja i molekularnaja spektroskopija, izd. 2-е. – Moscow: Jeditorial, 2001. – 896 p.
9. Zashhepkina N.M., Nakonechnij O.A. Perspektivi zastosuvannja televizijnih zasobiv vimirjuvan' v suchasnih optichnih metodah ekspres kontrolju produktiv harchuvannja. /N.M. Zashhepkina, O.A. Nakonechnij// Mizhn. nauk. int. konf. «Informacine suspilstvo: tehnologichni, ekonomichni ta tehnični aspekti stanovlennja» / Zb. tez ta dopovidej: vip. 16. Ternopil. – 2016. – pp. 86–89.
10. Zashhepkina N.M., Nakonechnij O.A. Udосконалення ljuminescentnih metodiv kontrolju jakosti produktiv harchuvannja iz zastosuvannjam televizijnih zasobiv vimirjuvan. /N.M. Zashhepkina, O.A. Nakonechnij// «Tehnichna tvorchist'»: Zb. nauk. prac / Ukl.: Skiba M.Є., Polishhuk O. S., Onofrijchuk V.I., Hmelnickij: HNU, 2016. – No. 2. – pp. 53–56.
11. Zemskij V.I., Klim O.V., Kaftyreva L.A., Fluorescentnyj metod distancionnoho kontrolja kachestva pishhevyh produktov /V.I. Zemskij, O.V. Klim, L.A. Kaftyreva, // Izvestija vuzov. Priporostroenie. 2002. – Vol.45. – No.1. – pp. 60–62.
12. Lakovich Dzh. Osnovy fluorescentnoj spektroskopii. – Moscow: Mir, 1986. – 488 p.
13. Ljovshin L.V., Saleckij A.M. Ljuminescencija i ee izmerenija: molekularnaja ljuminescencija. – Moscow: Izd-vo MGU, 1989. – 272 p.
14. Konstantinova-Shlezinger M.A. Ljuminescentnyj analiz / pod red. M.A. Konstantinovoju-Shlezinger. – gosudarstvennoe izd.-vo fiz.-mat. lit., Moscow, 1961. – 400 p.
15. Mandel'berg E.M. V mire holodnogo sveta. – Moscow: Nauka, 1968. – 107 p.
16. Parker S. Fotoljuminescencija rastvorov, perevod s angl. k.h.n. N.L. Komissarovoju, k.h.n. B.M. Uzhinov/pod red. d.f.-m.n. R.F. Vasileva. – izd. «Mir», Moscow 1972. – 512 p.

17. Porev V.A. Televizijni informacijno-vimirjuval'ni sistemi. Mono-grafija. / V. A. Porev. – Kiev. 2015. – 218 p.
18. Porev, V.A. Imovirnosnij pidhid do viznachennja rozdil'noї zdatnosti televizijnih zasobiv kontrolju /V.A. Porev, G.V. Porev, R.I. Kisil// Metodi ta priladi kontrolju jakosti. – 2002. – No. 8. – pp. 40–43.
19. Stepanov B.I. Ljuminescencija slozhnyh molekul. Chast 1. Izd. akademii nauk BSSR, Minsk, 1961. – 328 p.
20. Stepanov B.I., Gribovskij V.P.. Vvedenie v teoriju ljuminescencii. – Izd. akademii nauk BSSR, Minsk, 1963. – 444 p.

Надійшла (received) 22.05.2017

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Вибір експрес методик аналізу кількісних та якісних параметрів продуктів харчування із застосуванням УФ-випромінювання / Н. М. Защепкіна, О. А. Наконечний** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 4 (1226). – С. 51–56. – Бібліогр.: 20 назв. – ISSN 2079-4525.

**Выбор экспрес методик анализа количественных и качественных параметров продуктов питания с применением УФ-излучения / Н. М. Защепкина, О. А. Наконечный** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 4 (1226). – С. 51–56. – Бібліогр.: 20 назв. – ISSN 2079-4525.

**The choice of express analysis techniques of quantitative and qualitative parameters of food products using ultraviolet radiation / N. M. Zashchepkina, O. A. Nakonechniy** // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Elektroenergetika i preobrazovatel'naya tehnika. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 4 (1226). – P. 51–56. – Bibliogr.: 20. – ISSN 2079-4525.

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Защепкіна Наталія Миколаївна** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», професор кафедри інформаційних вимірювальних технологій екологічного моніторингу, м. Київ; тел.: +38(044) 204-95-43; e-mail: [nanic1604@gmail.com](mailto:nanic1604@gmail.com)

**Защепкина Наталья Николаевна** – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», профессор кафедры информационных измерительных технологий экологического мониторинга, г. Киев; тел.: + 38(044) 204-95-43; e mail: [nanic1604@gmail.com](mailto:nanic1604@gmail.com)

**Zashchepkina Natalia Mykolajivna** – Doctor of Technical Sciences, Professor, National technical university of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute”, Professor at the Department of Information Measuring Technologies for Environmental Monitoring, Kyiv; tel. +38 (044) 204-95-43; e mail: [nanic1604@gmail.com](mailto:nanic1604@gmail.com)

**Наконечний Олександр Анатолійович** – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», асистент кафедри інформаційних вимірювальних технологій екологічного моніторингу, м. Київ; тел.: +38(044) 204-95-43; +38(099) 202-21-16; e-mail: [alexandr.nackonechny@yandex.ua](mailto:alexandr.nackonechny@yandex.ua).

**Наконечный Александр Анатольевич** – аспірант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», ассистент кафедры информационных измерительных технологий экологического мониторинга, г. Киев; тел.: +38(044) 204-95-43; +38(099) 202-21-16; e mail: [alexandr.nackonechny@yandex.ua](mailto:alexandr.nackonechny@yandex.ua).

**Nakonechniy Oleksandr Anatolijovich** – PhD student, National technical university of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute”, Assistant of the Department of Information Measuring Technologies of Environmental Monitoring, Kyiv; tel. +38 (044) 204-95-43; +38(099) 202-21-16; e mail: [alexandr.nackonechny@yandex.ua](mailto:alexandr.nackonechny@yandex.ua).