

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»



RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ІНФОРМАЦІЙНА ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНКИ СТАНУ БЕЗПЕКИ

Б. Б. Бандурян¹, В. В. Ковалевський²

¹Інститут електрофізики і радіаційних технологій Національної академії наук України, Харків, Україна

²ГО «Національна асоціація кібербезпеки», Київ, Україна

УДК 614.8:504.06:519.87

DOI: 10.52363/2522-1892.2022.1.1

Отримано: 10 лютого 2022

Прийнято: 7 квітня 2022

Cite as: Bandurian B., Kovalevskiy V. (2022). Information measuring system for safety state assessment. Technogenic and ecological safety, 11(1/2022), 3–7. doi: 10.52363/2522-1892.2022.1.1

Анотація

Стаття є продовженням серії статей, об'єднаних єдиною темою удосконалення організації системи управління безпекою країни. Використані матеріали попередніх статей. В статті викладено принципи побудови апаратної складової системи отримання об'єктивної інформації, яка забезпечить єдиний підхід до удосконалення організації системи управління, викладений в попередніх статтях.

Акцентовано увагу на інфрачервоних спектрометрах і авторській методиці спектрометрії, як пріоритетному напрямку розвитку систем отримання об'єктивної інформації. Наведено розробку методології та конкретного прикладу використання інфрачервоних систем і технологій.

Ключові слова: оцінка стану безпеки, інформаційні системи, мультиспектральна ідентифікація, інфрачервоний спектрометр.

Постановка проблеми

Актуальність тематики, удосконалення системи національної безпеки, визначена головними законодавчими актами України. В попередніх роботах [1, 2] в якості відпрацювання перспективних напрямків удосконалення організації системи управління безпекою країни було:

- обґрунтовано можливість та доцільність оцінки безпеки об'єктів за допомогою оцінки позитивних $S_{pos}(t)$ та негативних $S_{neg}(t)$ потенціалів;

- запропоновано схему організації управління безпекою;

- визначено доцільність оцінки безпеки через порівняння поточних значень потенціалів з пороговими значеннями потенціалів $S_{n|saf}$ та $S_{p|saf}$;

- показано можливість та доцільність оцінки безпеки за комплексним критерієм оцінки безпеки;

Однак, зазначені напрямки розвитку системи оцінки стану безпеки передбачають відповідну інформаційну вимірвальну систему (ІВС).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Удосконалення системи збору об'єктивної інформації стосовно стану безпеки техногенної діяльності є поширеним напрямком досліджень.

Вирішення проблеми ефективного збору об'єктивної інформації з питань безпеки, стосовно всіх сегментів техногенної діяльності, є єдиним та універсальним. Для всіх сегментів техногенної діяльності є актуальним висновок про необхідність комплексного використання методологічних, апаратних та програмних засобів об'єднаних в ІВС.

В статті використано підхід авторів при розгляді напрямків удосконалення систем антитерористичного моніторингу і контролю [3]. В цієї роботі констатовано, що сучасні технічні засоби мають високі ступені ефективності, але призначені для

вирішення локальних завдань, не об'єднані в єдину систему, що не дозволяє утворювати єдине інформаційне поле. Поза увагою знаходиться і значна частина технічних засобів, які здатні ідентифікувати загрози, але задіяні на інші завдання. Існують потенціальні можливості суттєвого удосконалення технологій отримання об'єктивної інформації про стан безпеки при мінімальних витратах за рахунок залучення до ІВС структур отримання інформації з вже існуючих технічних засобів іншого локального призначення, які знаходяться в стадії розробки.

Правильне формулювання головних принципів побудови технічної частини системи, відпрацювання принципів взаємодії відомств і залучених в ІВС підрозділів визначають ефективність перспективної ІВС і, відповідно, ефективність системи безпеки в цілому.

Постановка завдання та його вирішення

Технічні параметри та демаскуючі ознаки загроз, які фіксуються за допомогою технічних засобів у процесі моніторингу, властиві практично всім видам техногенної діяльності.

Ці ж технічні параметри визначають стан безпеки об'єкту моніторингу і характеризуються сукупністю потенціалів – кількісних характеристик, або об'єктивних якісних ознак процесів, значимих для техногенної діяльності об'єкту.

Схема оцінки безпеки об'єктів через оцінку позитивних $S_{pos}(t)$ та негативних $S_{neg}(t)$ потенціалів визначає і побудову схеми ІВС.

Відповідно, схема організації управління безпекою [1] та діаграма зон безпеки об'єкту захисту за нормованими значеннями потенціалів [2] формують схему ІВС (рис. 1).

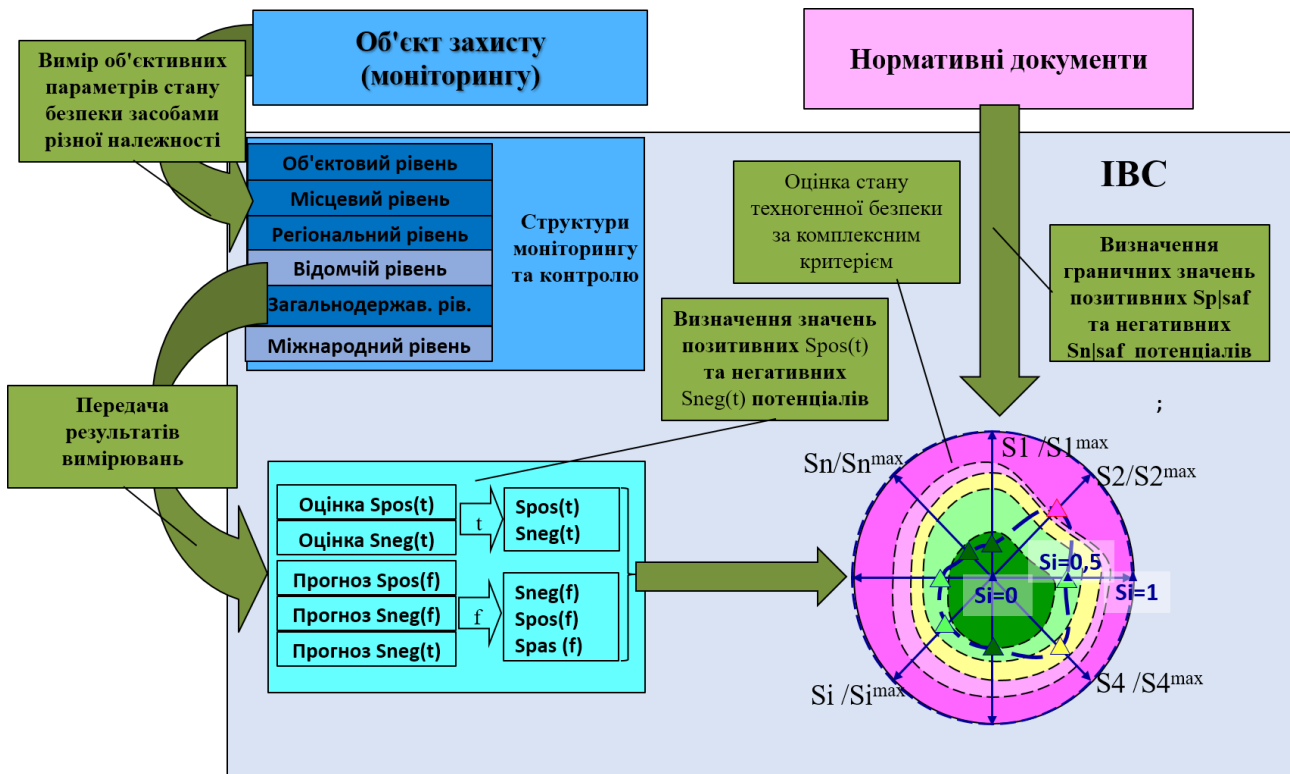


Рисунок 1 – Схема побудови інформаційної вимірювальної системи (IBC)

IBC розглядається як сукупність функціонально зв'язаних технічних засобів, методик, програмного забезпечення, підрозділів та процедур, призначених для вирішення завдань отримання об'єктивної інформації задля визначення комплексного критерію безпеки та потенціалів безпеки. Кінцевим результатом IBC є зниження техногенної загрози в країні за рахунок своєчасного надання в систему техногенної безпеки країни найбільш повної об'єктивної інформації щодо комплексного критерію оцінки безпеки та потенціалів, які складають цей критерій. Це передбачає надання оперативним силам інформації з метою:

- своєчасного виявлення загроз;
- виключення можливості виникнення на об'єкті захисту надзвичайної ситуації в нормативи гарантованого попередження;
- максимізації вірогідності запобігання і ліквідації надзвичайних ситуацій та загроз;

– інформаційного забезпечення щодо стану техногенної безпеки в межах повної групи умов функціонування об'єкта захисту згідно матриці, представленій у [2];

– прогнозування стану техногенної безпеки.

В залежності від умов функціонування IBC (видів організації моніторингу та контролю) змінюється розподіл завдань та пріоритети отримання інформації, однак, вкрай важливим постійно залишається потреба в можливості обстеження максимально ефективного та максимально широкого діапазону контролю фізичних параметрів.

Усі матеріальні об'єкти макро- та мікросвіту пронизані інформаційними каналами електромагнітного поля з різними співвідношеннями між коефіцієнтами відбивання, поглинання, пропускання у різних спектральних діапазонах [4], представлених на рис. 2.

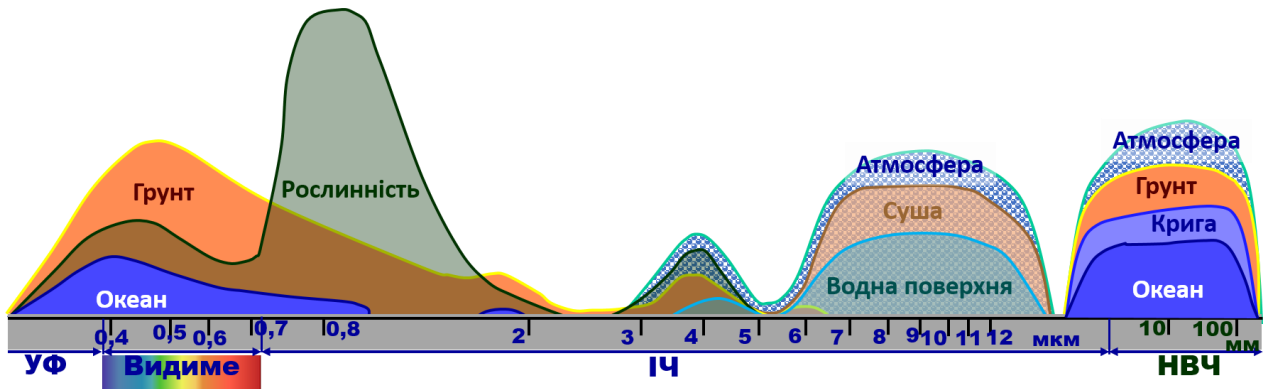


Рисунок 2 – Розподіл спектрів відбивання та поглинання різними компонентами довкілля

Закони електромагнітного випромінювання, отримані в результаті досліджень Л. Больцмана, І. Стефана, М. Планка, Г. Кірхгофа, А. Ейнштейна, І. Ламберта, В. Віна та багатьох інших, добре вивчені, зрозумілі та доступні як у рамках хвильової так і квантової фізики. Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання нічим не відрізняється від видимого чи радіохвильового, за винятком довжини хвилі. При рівноважному тепловому випромінюванні енергія випромінюється лише за рахунок теплового запасу тіл, не викликаючи у ньому жодних залишкових змін. Відмінності виявляються лише у різних способах генерації та реєстрації випромінювання у різних ділянках спектра [5].

Інтегральну енергетичну світимість об'єктів можна визначити із закону Стефана-Больцмана:

$$W(T) = \varepsilon(T) \cdot \sigma \cdot T^4,$$

де $\varepsilon(T)$ – випромінювальна здатність;

$\sigma = 5,6686 \cdot 10^{-12} \text{ Вт}/(\text{см}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постійна Стефана-Больцмана.

Спектральна енергетична світимість об'єктів описується формулою Планка:

$$W(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda, T) \cdot \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1},$$

де λ – довжина хвилі; $h = 6,626 \cdot 10^{-27} \text{ ерг} \cdot \text{с}$ – постійна Планка; c – швидкість світла у вакуумі; $k = 1,3807 \cdot 10^{-16} \text{ ерг}/\text{К}$ – постійна Больцмана.

Виходячи з розподілу спектрів відбивання та поглинання різними компонентами довкілля (рис. 2) та можливостей технічних засобів, одним з найбільш інформативних напрямків визначення значень складових комплексного критерію безпеки та потенціалів є отримання мультиспектральних або гіперспектральних зображень, в яких об'єкти досліджень фіксуються у діапазонах довжин хвиль електромагнітного випромінювання від ультрафіолетового (УФ) до надвисокочастотного (НВЧ) [6]. До того, ж спектральна візуалізація надає додаткову інформацію, яку не можна отримати безпосередньо прямим спостереженням, що є дієвим інструментом виявлення демаскуючих ознак виникаючих загроз та попередження надзвичайних ситуацій в умовах виключно високої різноманітності фонових характеристик стану безпеки та поступового зростання параметрів загроз.

Інтегральні радіометричні системи (у тому числі тепловізійні) використовуються в системах як спеціального, так і цивільного призначення [7].

У Земних умовах при рівноважній температурі 300 К максимальна спектральна щільність випромінювання $W(\lambda, 300 \text{ К})$ досягається при довжині хвилі $\lambda \sim 10 \text{ мкм}$. Отже, найбільш інформативний спектральний діапазон 7,5...14 мкм («діапазон відбитків пальців») збігається з максимальним пропусканням атмосфери.

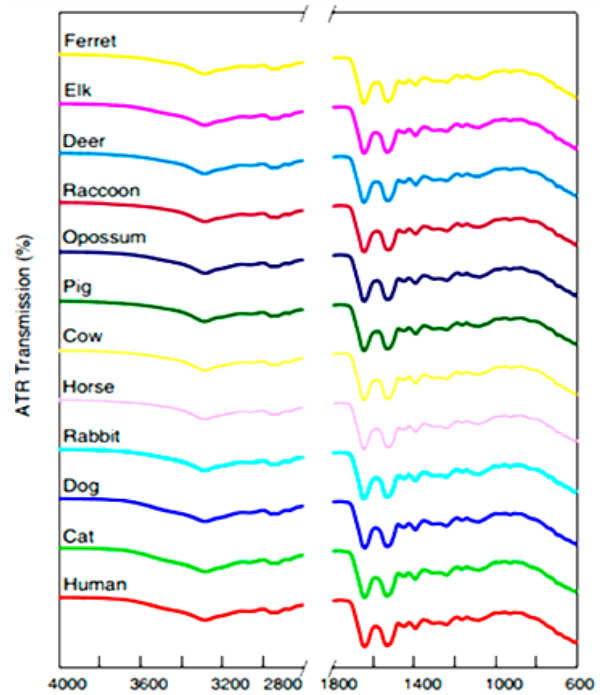


Рисунок 3 – Спектральні властивості зразків крові людини та тварин

Деякі спектральні властивості органічних речовин, а також біологічних об'єктів у діапазоні від УФ до ІЧ наведені у монографії [8].

Результати порівняння спектрів близьких за складом зразків у видимому, ближньому ІЧ-діапазоні та в ІЧ-діапазоні 7,5...14 мкм наведені у роботі [9]. На прикладі зразків крові людини та тварин розроблено модель класифікації за інфрачервоним спектром з перетворенням Фур'є.

Аналіз результатів, наведених на рис. 3, показав, що відмінності у зразках реєструвалися тільки в ІЧ-діапазоні 7,5...14 мкм. У цих дослідженнях було використано модель ІЧ-Фур'є спектрометра.

Однак, у Фур'є-спектрометрах принципово необхідні прецизійні оптико-механічні системи, тому вони далекі за масовими та габаритними характеристиками, енергоспоживанням, основними параметрами від значень, близьких до фундаментальних обмежень.

За результатами досліджень розроблено диспергуючий ІЧ-спектрометр з просторовою роздільною здатністю, вільний від зазначених недоліків. В якості засобів вимірювання в ІВС пропонується використовувати прилади мультиспектральної ідентифікації джерел ІЧ-випромінювання [1, 2, 10]. В розроблених технічних рішеннях особливу увагу приділено проблемі підвищення інформативності вимірювань спектральних складових ІЧ-діапазону, визначено умови застосування повномасштабних матриць в фокальних площинах FPA (Focal Plane Arrays) в диспергуючих ІЧ-спектрометрах з просторовим розділенням. Найбільш перспективним напрямком є реєстрація ІЧ-спектрів випромінювання у діапазоні 7,5...14 мкм [9, 10]. Розроблений спосіб реєстрації спектра адаптовано саме під цей діапазон.

Принцип функціонування диспергуючого ІЧ-спектрометра з просторовою роздільною здатністю наведено на рис. 4.

З джерела ІЧ-випромінювання 1, через ІЧ-оптичну систему 2, дисперсійний блок 3, подається на ІЧ-оптичну систему з тороїдальним дзеркалом і скануючим пристроєм 4. ІЧ-оптична система 4 забезпечує передачу кожної спектральної складової на приймальні елементи неселективної матриці спектровізора 5 по горизонтальним та вертикальним рядкам стовбців.

При такому конструктивному рішенні, ІЧ-випромінювання перетворюється в електричні сигнали, які залежать, як від довжин хвиль спектральних складових, так і від просторово-частотного розподілу ІЧ-випромінювання. Наведене технічне рішення забезпечує підвищення чутливості і роздільної здатності при вимірюванні спектра ІЧ-випромінювання [8, 9, 10].

На підставі попередніх робіт [3, 11, 12] запропоновано чотири рівня організації ІЧ-сканування для завдань контролю та моніторингу природного середовища в країні, наведено приклади використання ІЧ-діапазону для виявлення загроз, попередження та контролю ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, а також використання спектрально-аналітичних систем для проведення відповідних експертиз.

Висновки

Діяльність по захисту об'єктів не може бути ефективною без сучасних технічних засобів, технологій і організаційних рішень об'єднаних в єдину загальнодержавну систему.

У рамках єдиної ІВС необхідно доповнення спеціалізованого сегменту системи технічною підтримкою систем моніторингу, контролю та чергування всіх суб'єктів господарювання.

Збір та обробку інформації для забезпечення необхідного рівня безпеки необхідно проводити комплексно зі створенням постійно поновлюваного інформаційного поля країни.

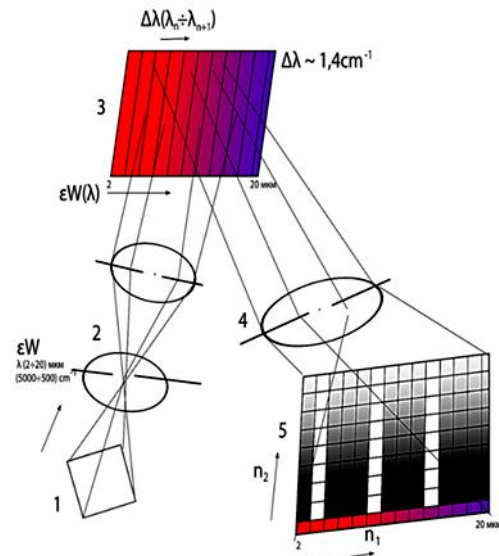


Рисунок 4 – Схема реєстрації та візуалізації спектра ІЧ-випромінювання

Особливостями, обов'язковими для ІВС, є можливості:

- забезпечення об'єктивними даними, достатніми для визначення потенціалів та комплексного критерію безпеки;
- вимірів для забезпечення завдань повної групи умов функціонування об'єкту захисту;
- організаційного та структурного самовдосконалення в залежності від змін загроз, завдань та умов діяльності.

Найбільш раціональним шляхом удосконалення ІВС є розгортання на початковому етапі базового комплексу ІВС відкритої конфігурації з послідовним удосконаленням відповідно загроз, що виникають. Вважаємо, що базовий комплект ІВС повинен включати ІЧ-радіометри та ІЧ-спектрометри, як найбільш інформативні засоби вимірювання для попереджувального виявлення загроз різного походження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бандурян Б. Б., Ковалевський В. В., Цвайгов Д. Л. Формалізація оцінки та управління станом безпеки. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2021. Вип. 9(1/2021). С. 26–30. DOI: 10.52363/2522-1892.2021.1.4.
2. Бандурян Б. Б., Ковалевський В. В., Цвайгов Д. Л. Критерії оцінки стану безпеки. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2021. Вип. 10(2/2021). С. 10–16. DOI: 10.52363/2522-1892.2021.2.2.
3. Забулонов Ю. Л., Лисиченко Г. В., Ковалевський В. В. Принципи удосконалення системи антитерористичного моніторингу і контролю САТМ. Київ: Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України, 2008.
4. Загальна екологія (Online курс лекцій). URL: <https://ecologyknu.wixsite.com/ecologymanual/10-4-4> (дата звернення 15.09.2021).
5. Сизов Ф. Ф. Фотоелектроніка для систем видення в «невидимих» частках спектра. Київ: Академперіодика. 2008. 458 с.
6. Попов М. А., Станкевич С. А., Молдован В. Д. Гиперспектральная аэрокосмическая информация в обнаружении и наблюдении объектов. *Наука і оборона*. 2006. № 3. С. 31–38.
7. Бандурян Б. Б., Бут А. А. Тепловизоры отечественного производства – энергетикам Украины. *Новости энергетики*. 2001. № 1–2. С. 34–35.
8. Пьезобиосинтез: предпосылки, гипотезы, факты: монография. В 4 т. Т.4. / В. В. Бойко и др; общ. ред.: В. В. Бойко, Е. И. Сокол, П. Н. Замятин. Харьков: Изд-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2017. 656 с.
9. Mistek-Morabito E., Lednev I. K. Discrimination between human and animal blood by attenuated total reflection Fourier transform-infrared spectroscopy. *Communications Chemistry*. 2020. No. 3. Article 178. P. 1–6.
10. Спосіб реєстрації інфрачервоного випромінювання: пат. 115934 Україна: МПК G01J 5/20 (2006.01), G01J 3/28 (2006.01), G01N 21/35 (2014.01), G01C 11/02 (2006.01). № a201605738; заявл. 27.05.2016; опубл. 10.01.2018, Бюл. № 22.
11. Застосування інфрачервоного сканування для вирішення завдань екологічної та техногенної безпеки / Ковалевський В.В. та ін. *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. 2008. Вип. 15. С. 32–40.
12. Аварія з фосфором у Львівській області: факти, проблеми, екологічні наслідки / Соботвич Е.В. та ін. *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. 2007. Вип. 14. С. 8–18.

Bandurian B., Kovalevskij V.**INFORMATION MEASURING SYSTEM FOR SAFETY STATE ASSESSMENT**

The article is a continuation of a series of articles united by a single theme of improving the organization of the country's security management system. Materials from previous articles were used. The article outlines the principles of building the hardware component of the system of obtaining objective information, which will provide a unified approach to improving the organization of the management system, set out in previous articles.

Emphasis is placed on infrared spectrometers and the authors' method of spectrometry, as a priority area for the development of objective information systems. The development of methodology and a specific example of the use of infrared systems and technologies is given.

Key words: safety state assessment, information systems, multispectral identification, infrared spectrometer.

REFERENCES

1. Bandurian, B., Kovalevskij, V., & Tsvaigov, D. (2021). Formalizacija ocinky ta upravlinnja stanom bezpeky [Formalization of safety assessment and management]. *Technogenic and ecological safety*, 9(1/2021), 26–30. DOI: 10.52363/2522-1892.2021.1.4. [in Ukrainian].
2. Bandurian, B., Kovalevskij, V., & Tsvaigov, D. (2021). Kryterii' ocinky stanu bezpeky [Criteria of safety condition assessment]. *Technogenic and ecological safety*, 10(2/2021), 10–16. DOI: 10.52363/2522-1892.2021.2.2. [in Ukrainian].
3. Zabolonov, Ju. L., Lysyenko, G. V., & Kovalevskij, V. V. (2008). *Pryncypy udoskonalennja systemy antyterrorystychnogo monitoryngu i kontrolju SATM [Principles of improving the anti-terrorist monitoring and control system]*. Kyi'v: Instytut geohimii' navkolyshn'ogo seredovysshha NAN Ukraï'ny. [in Ukrainian].
4. *Zagal'na ekologija (Online kurs lekcij) [General ecology (Online lecture course)]*. <https://ecologyknu.wixsite.com/ecologymanual/10-4-4> [in Ukrainian].
5. Sizov, F. F. (2008). *Fotoelektronika dlja sistem videnija v "nevidimyh" uchastkah spektra [Photoelectronics for vision systems in the "invisible" parts of the spectrum]*. Kiev: Akadempriodika. [in Russian].
6. Popov, M. A., Stankevich, S. A., & Moldovan, V. D. (2006). Giperspektral'naja ajerokosmicheskaja informacija v obnaruzhenii i nabljudenii ob'ektov [Hyperspectral aerospace information in object detection and observation]. *Nauka i oborona*, 3, 31–38. [in Russian].
7. Bandurjan, B. B., & But, A. A. (2001). Teplovizory otechestvennogo proizvodstva – jenergetikam Ukrainy [Thermal imagers of domestic production - to power engineers of Ukraine]. *Novosti jenergetiki*, 1–2, 34–35. [in Russian].
8. Bojko, V. V., Sokol, E. I., & Zamjatin, P. N. (Eds.). (2017). *P'ezobiosintez: predposylki, gipotezy, fakty [Piezobiosynthesis: background, hypotheses, facts]: monograph (Vol. 4)*. Kharkov: Izd-vo "Pidruchnyk NTU "KhPI". [in Russian].
9. Mistek-Morabito, E., & Lednev, I. K. (2020). Discrimination between human and animal blood by attenuated total reflection Fourier transform-infrared spectroscopy. *Communications Chemistry*, 3, Article 178, 1–6.
10. Sposib rejestracij' infrachervonogo vyprominjuvannja [Method of registration of infrared radiation] (UA Patent 115934). (10.01.2018). UA Patent. [in Ukrainian].
11. Kovalevskij, V. V., Lysyenko, O. G., Ivashhenko, T. G., & Shago, Je. P. (2008). Zastosuvannja infrachervonogo skanuvannja dlja vyrishennja zavdan' ekologichnoi' ta tehnogennoi' bezpeky [Infrared scanning for the implementation of environmental and industrial safety]. *Tehnogenno-ekologichna bezpeka ta cyvil'nyj zahyst*, 15, 32–40. [in Ukrainian].
12. Sobotovych, E. V., Lysyenko, G. V., Zabolonov, Ju. L., Kovalevskij, V. V., Bondarenko, M. G., & Slipchenko, B. V. (2007). Avarija z fosforom u L'vivs'kij oblasti: fakty, problemy, ekologichni naslidky [Phosphorus accident near Lviv region: facts, problems, environmental findings]. *Tehnogenno-ekologichna bezpeka ta cyvil'nyj zahyst*, 14, 8–18. [in Ukrainian].