

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

УДК 504.054:528.8+519.23

**Mykyta L. Myrontsov**, D. S. (Physics and Mathematics), Senior Researcher  
ORCID ID 0000-0002-2830-8803 *e-mail*: myrontsov@ukr.net

**Vyacheslav O. Okhariyev**, PhD  
ORCID ID 0000-0001-6270-6293 *e-mail*: okhariyev.vo@gmail.com

Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

### INFORMATION SYSTEM OF DECISION MAKING SUPPORT FOR SUSTAINABLE NATURAL RESOURCE MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL SAFETY

**Abstract.** *An approach to the integration of data on man-caused impact and environmental situation within the system of information support for decision-making in the area of environmental management and territorial environmental safety was proposed. A method to calculate the coefficient of dynamic correlation of elements of multi-parameter systems was developed. It expands the possibilities of Pearson's correlation linear analysis by introducing the possibility to study the change of correlation coefficients by the "window" approach. The program implementation of the developed methodology and its approbation with the use of data on the ecological condition of water resources in Ukraine, in particular, in the territories of Rivne and Chernivtsi regions was performed. As part of the integration of contact and remote methods of obtaining environmental information, the thematic analysis of space images of Ukrainian Polissya region with the subsequent localization of places of unauthorized amber mining. The realization model of ecological decisions information support system based on the integrated geographic information platform of regional level was proposed. Elements of the system should include, in particular, such components as the collection of heterogeneous environmental information by contact and remote methods, interpretation of monitoring data, evidence-based determination and ranking man-caused impact key factors within relevant geomodels development, assessment and classification scales and the level of man-caused impact on the environment with the subsequent formation of a system of recommendations for management, which makes decisions in the area of nature management and environmental safety.*

**Keywords:** *man-caused impact; dynamic correlation coefficient; remote sensing technologies; amber mining sites localization; geographic information technologies*

М.Л. Миронцов, В.О. Охарєв

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України,  
м. Київ, Україна

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАВДАНЬ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

***Анотація.** Запропоновано підхід до інтеграції даних про антропогенне навантаження та стан навколишнього природного середовища в рамках системи інформаційної підтримки прийняття рішень в сфері управління раціональним природокористуванням та екологічною безпекою територій. Розроблено методика дослідження коефіцієнта динамічної кореляції елементів багатопараметричних систем, що розширяє можливості кореляційного лінійного аналізу за Пірсоном за допомогою введення можливості досліджувати зміну коефіцієнтів кореляції методом «вікна». Здійснено програмну реалізацію розробленої методики та її апробацію з використанням даних про екологічний стан водних ресурсів України, зокрема, на територіях Рівненської та Чернівецької областей. В рамках інтеграції контактних та дистанційних методів отримання екологічної інформації проведено тематичне дешифрування космічних знімків території Українського Полісся з подальшою локалізацією місць несанкціонованого видобутку бурштину. Запропоновано модель реалізації системи інформаційної підтримки екологічних рішень на базі інтегрованої геоінформаційної платформи регіонального рівня. Елементи такої інформаційної системи мають містити, зокрема, такі складові, як збір різномірної екологічної інформації контактними та дистанційними методами, інтерпретація даних моніторингу, науково обґрунтоване детермінування та ранжування ключових чинників антропогенного навантаження та синтезування відповідних геомоделей, розробка шкали оцінювання та класифікації, а також проведення комплексної оцінки рівня антропогенного навантаження на довкілля із подальшим формуванням системи рекомендацій для управлінської ланки, що приймає рішення в сфері природокористування та екологічної безпеки.*

***Ключові слова:** антропогенне навантаження; коефіцієнт динамічної кореляції; дистанційне зондування Землі з космосу; локалізація місць видобутку бурштину; геоінформаційні технології*

### Вступ

Сучасні виклики, що постають перед ланкою державного управління в сфері природокористування та екологічної безпеки територій, вимагають максимальної оперативності та повноти від процесів інформаційного забезпечення установ, що приймають рішення в сфері екологічного управління. Відповідно, постає необхідність розробки комплексного підходу, що має забезпечити інформаційну підтримку таких рішень за рахунок надання інформації про інтенсивність та специфіку техногенного навантаження, а також кількісної та якісної оцінки стану навколишнього середовища. Ключовою вимогою до системи, заснованої на запропонованому підході, є обґрунтованість інтерпретації екологічних даних, отриманих з різних сегментів системи моніторингу довкілля, з сучасних позицій науки

про екологічну безпеку, актуальних інформаційних технологій та підходів до математичного моделювання та статистичних методів обробки даних [1, 2].

Оцінка техногенного навантаження заснована в першу чергу на інтерпретації статистичних даних моніторингу довкілля, розподілених в просторі та часі. Вирішення даного завдання суттєво полегшує синтез контактних (наземних) та дистанційних методів моніторингу, що набули високої точності завдяки розвитку технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та засобів тематичного дешифрування отриманих зображень [3]. При цьому, просторово-розподілений характер даних моніторингу дозволяє використовувати функціонал сучасних технологій геоінформаційних систем (ГІС), що надають потужні інструменти багатовимірного просторового аналізу впливовості різних факторів забруднення. Отже, метою даної роботи є розробка та обґрунтування комплексного підходу до створення інформаційної системи підтримки рішень в сфері раціонального природокористування та екологічної безпеки територій.

### **Теорія, методика та результати дослідження**

Всі складові антропогенного навантаження на атмосферу та земельні ресурси тісно пов'язані між собою. З цієї причини їх часто розглядають разом, на відміну від навантаження на гідросферу, де специфіка суттєво відрізняється. Особливо це виражено в контексті хімічного забруднення, яке і для атмосфери, і для ґрунтів відбувається з одних і тих самих джерел, і забруднюючі речовини є однаковими або ж близькими за хімічним складом. Головними факторами антропогенного навантаження на атмосферу та ґрунти є радіаційне забруднення, забруднення техногенним пилом та забруднення хімічними речовинами. Окремо на екологічний стан земель впливають такі чинники, як наявність сільськогосподарської діяльності та її інтенсивність, антропогенні порушення ландшафтів [4–6], зокрема, внаслідок видобутку природних ресурсів [7, 8], будівництва водосховищ, великих автомагістралей тощо [9]. Також впливовим компонентом антропогенного навантаження є розміщення відходів – побутових та промислових. Нарешті, важливо згадати про транскордонний перенос забруднюючих речовин з інших регіонів, відповідно, необхідно враховувати кліматичні особливості та метеорологічні умови на конкретній території. За просторовим розподілом джерела антропогенного навантаження можна класифікувати як точкові, лінійно-протяжні та площинні. За походженням їх розрізнятимемо як промислові та побутові (рис. 1).

Одним із завдань екологічної безпеки є пошук та детермінація нових чинників техногенного навантаження або неврахованих подій, що призвели до змін динаміки забруднення довкілля. Всі показники, що фіксуються в рамках системи моніторингу довкілля, фактично є параметрами моделі техногенного навантаження. За допомогою дослідження коливань таких показників можна дослідити та визначити тенденцію, яка свідчить про наявність додаткової складової. Так можна удосконалити процеси оперативного моніторингу довкілля та попередження надзвичайних екологічних ситуацій.

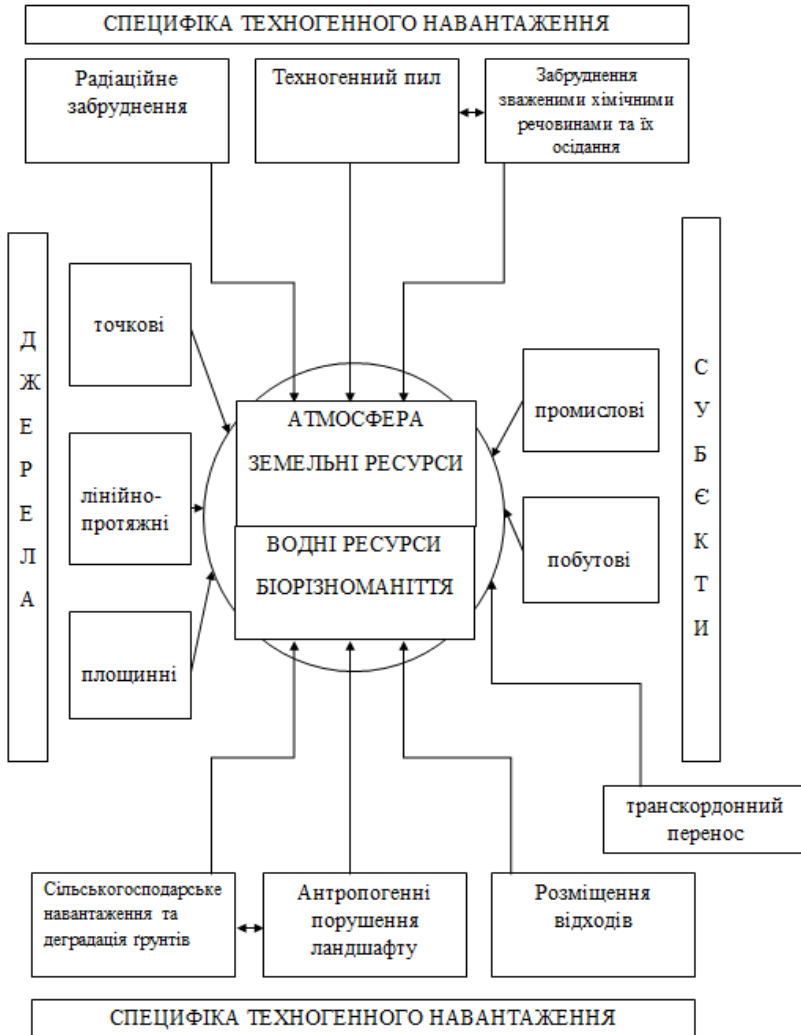


Рис. 1 – Структура техногенного навантаження на довкілля

Для цього авторами запропоновано методика дослідження статистичних зв'язків між даними моніторингу довкілля. В основу алгоритму дослідження динамічної кореляції покладено можливість розширити можливості кореляційного лінійного аналізу за Пірсоном [10]. Розширення можливостей відбувається за допомогою введення можливості досліджувати зміну коефіцієнта Пірсона методом «вікна», тобто досліджувати динаміку його зміни впродовж значного часу при наявності відповідних даних спостережень (параметрів багатопараметричної системи).

$$r_{XY} = \frac{cov_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum(\bar{X}-X)(\bar{Y}-Y)}{\sqrt{\sum(\bar{X}-X)^2 \sum(\bar{Y}-Y)^2}}, \quad (1)$$

де  $r$  – коефіцієнт кореляції для значень  $\bar{X}$  та  $\bar{Y}$ ;  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_t$  та  $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_t$  – середнє значення вибірок.

Для опису процесу будемо використовувати кількісну міру ступеня взаємного зв'язку:

$$DC_m^l(X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{\sum_{j=m-l}^m \prod_{i=1}^n (X_i^j - \sum_{k=m-l}^m X_i^k)}{\sqrt{\prod_{i=1}^n \sum_{j=m-l}^m (X_i^j - \sum_{k=m-l}^m X_i^k)^2}} \quad (2)$$

де  $X_i$  – досліджувані функції,  $x_i^j$  – їх миттєві значення у  $j$ -й момент спостереження. Будемо називати (2) коефіцієнтом динамічної кореляції (за Миронцовим).

Програмну реалізацію алгоритму дослідження коефіцієнта динамічної кореляції багатопараметричних систем було здійснено у програмному середовищі Delphi у вигляді динамічної бібліотеки dll, що в перспективі робить її універсальною для інтеграції у будь-яку аналітичну систему підтримки прийняття екологічних рішень незалежно від програмної мови реалізації останньої.

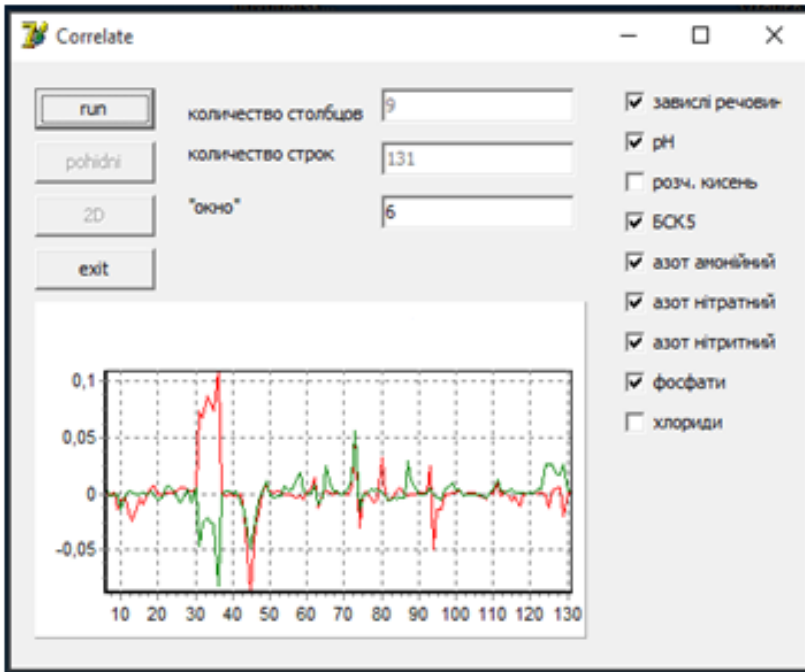


Рис. 2 – Вікно розрахунку коефіцієнтів динамічної кореляції для групи показників забруднення водних ресурсів

На рисунках 3, 4 показано результати розрахунку коефіцієнта динамічної кореляції (КДК) для різних наборів показників техногенного забруднення на ділянці р. Прут біля пункту Ленківці (Чернівецька область) на основі багаторічного масиву даних моніторингу водних ресурсів.

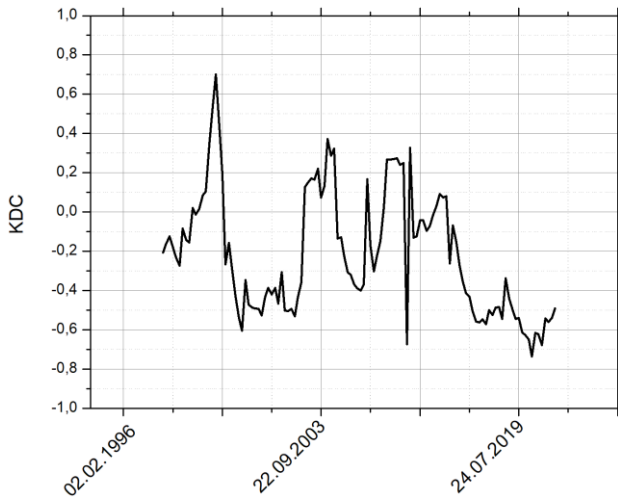


Рис. 3 – Коефіцієнт динамічної кореляції для індикаторів забруднення на р. Прут (Ленківці, Чернівецька область) в період 1996–2019 рр. (розчинений кисень та нітрати)

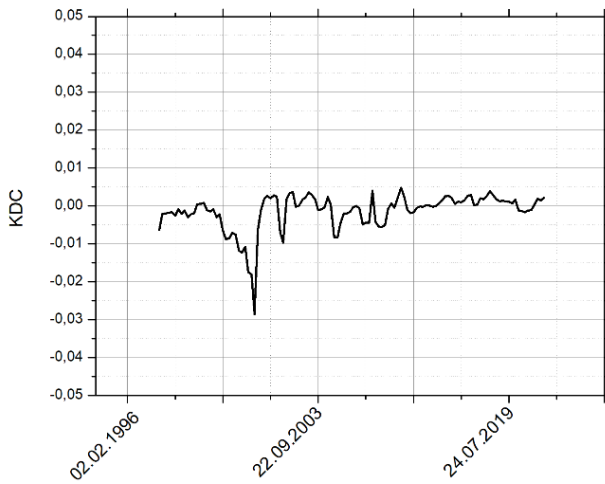


Рис. 4 – Коефіцієнт динамічної кореляції для індикаторів забруднення на р. Прут (Ленківці, Чернівецька область) в період 1996–2019 рр. (амоній, БСК<sub>5</sub>, завислі речовини, розчинений кисень, нітрати, сульфати, фосфати)

Для проведення більш глибокого аналізу значення конкретного джерела техногенного забруднення в підсумковій оцінці екологічного стану довкілля запропоновано модифікувати методику, апробовану вище. Для цього необхідно порівняти динамічну кореляцію показників забруднення в двох просторово визначених точках, тісно пов'язаних між собою характером техногенного забруднення. Пункти відбору проб води на річці відповідають таким умовам, якщо між ними за течією розташовано джерело техногенного забруднення (наприклад, промислове підприємство), оскільки є можливість порівняти кореляцію між показниками в обох точках і, відповідно, детермінувати незафіксовані в процесі моніторингу тенденції.

Для проведення аналізу обрано ділянку на р. Устя, відповідно, на 500 м вище та нижче скидів комунальних підприємств водокористування і набір показників з 2004 по 2014 роки.

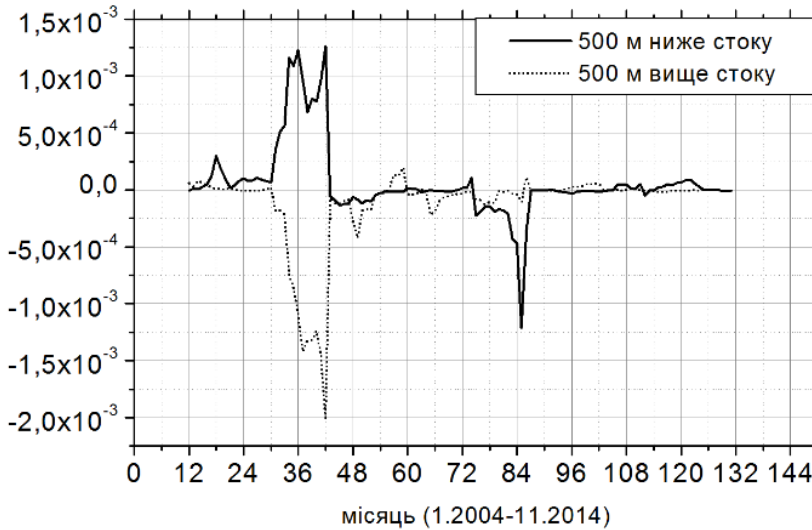


Рис. 5 – Динаміка коефіцієнтів кореляції для показників забруднення р. Устя на території м. Рівне (завислі речовини, кислотність, біохімічне споживання кисню, азот амонійний, азот нітратний, азот нітритний, фосфати)

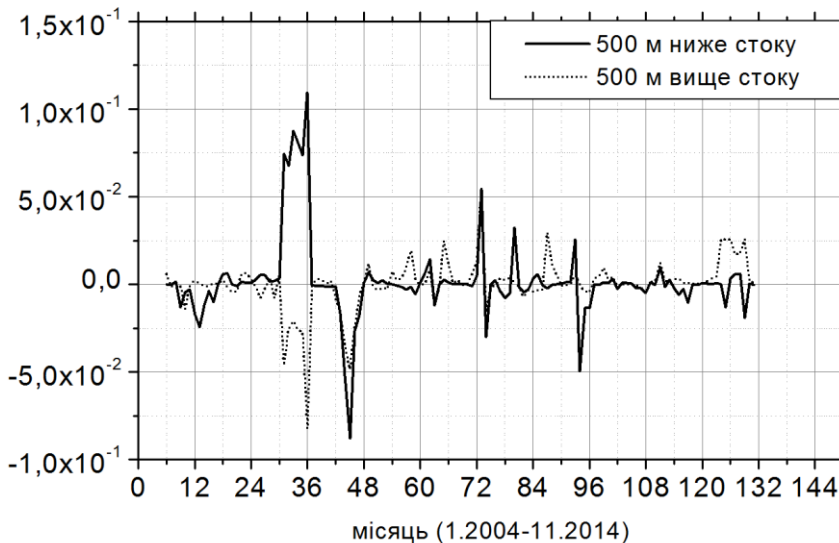


Рис. 6 – Динаміка коефіцієнтів кореляції для показників забруднення р. Устя на території м. Рівне (завислі речовини, кислотність, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню, азот амонійний, азот нітратний, азот нітритний, фосфати, хлориди)

Різкі зміни кореляції в короткі моменти часу показали високу вірогідність скиду забруднюючих речовин в даний період, який може мати несанкціонований характер. Відповідно, програмний продукт може бути використаний в задачах оперативного моніторингу та запобігання надзвичайним ситуаціям. Дані аналізу свідчать про наявність неврахованих чинників забруднення, що знижує кореляцію, а також про складність процесів техногенного забруднення. Також можна вважати, що використання кореляційного аналізу дає можливість оперативної діагностики динаміки антропогенного навантаження та детермінації нових, неврахованих джерел забруднення.

Для реалізації запропонованого в статті підходу необхідна наявність великих масивів даних моніторингу, отриманих шляхом контактних вимірів, що дає можливість застосовувати математичні методи, як-то запропонований авторами вище. Водночас, доцільно доповнити польові методи дослідження технологіями дистанційного (аерокосмічного) моніторингу територій. Доцільно виділити два основних завдання, які можна вирішити за допомогою методів ДЗЗ:

- локалізація джерел забруднення для їх подальшої інвентаризації в складі екологічних моделей;
- визначення просторових ареалів забруднення довкілля та диференціація інтенсивності забруднення в межах цих ареалів [3, 11, 12].

Розглянемо застосування запропонованого авторами підходу для вирішення завдань інвентаризації та оцінки антропогенного впливу на довкілля, викликаного несанкціонованим видобутком мінеральних ресурсів засобами ДЗЗ. Для цього в якості прикладу буде використано проблему видобутку бурштину на території Українського Полісся. Пропонується наступний алгоритм інвентаризації місць незаконного видобутку бурштину методами ДЗЗ:

- вибір характеристик, яким мають відповідати космічні знімки, що аналізуються;
- проведення класифікації підстильної поверхні;
- створення бази космічних знімків за певний проміжок часу;
- побудова геоделей антропогенно пошкоджених екосистем (лісів та сільськогосподарських земель).

На рис. 7 показано програмну реалізацію інформаційної технології дешифрування космічних знімків для вирішення поставленого завдання.

Місця несанкціонованого видобутку бурштину можуть бути локалізовані на космічних знімках за наступними ознаками (рис. 8, 9):

- на підстильній поверхні утворюються воронкоподібні структури;
- зменшення густоти лісових масивів;
- рівень вологості збільшується через вихід води з підземних водоносних горизонтів на денну поверхню;
- коефіцієнт спектральної яскравості збільшується через процеси змиву гумусу.



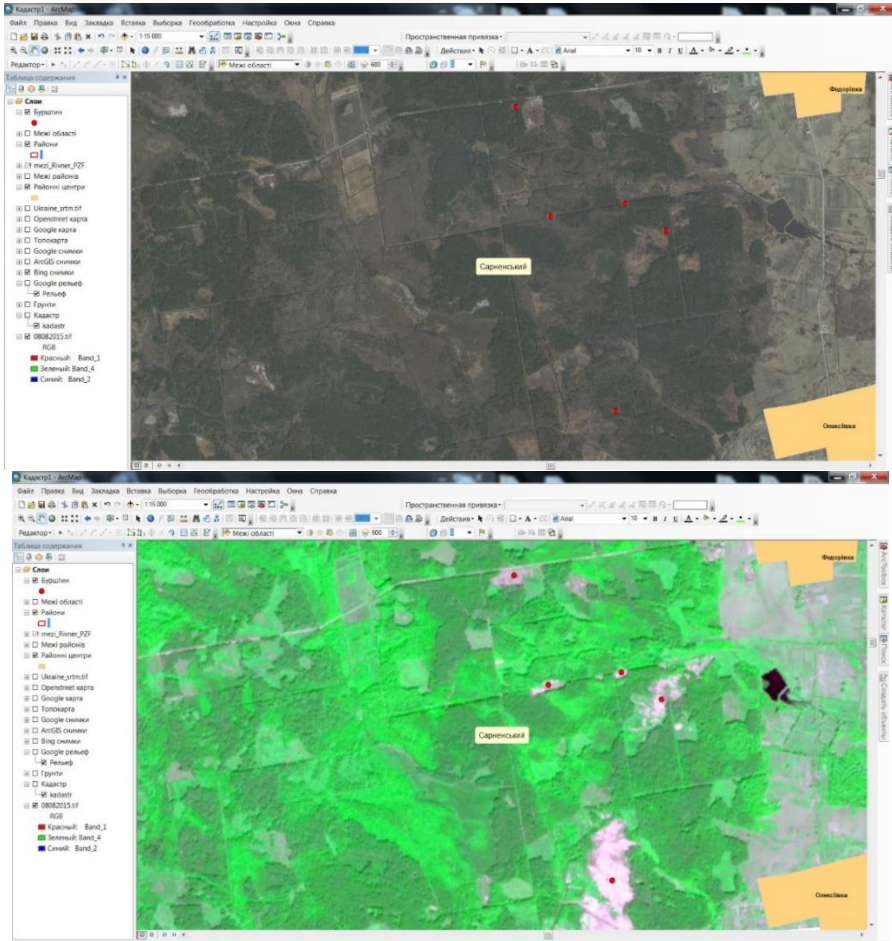


Рис. 7 – Локалізація місць несанкціонованого видобутку бурштину засобами ГІС/ДЗЗ (Сарненський район Рівненської області)



Рис. 8 – Динаміка антропогенного порушення земель сільськогосподарського призначення (ділянка біля с. Новаци Володимирецького р-ну Рівненської обл.) внаслідок несанкціонованого видобутку бурштину 19.03.2012 та 08.08.2013



Рис. 9 – Динаміка антропогенного порушення лісових екосистем (4 км на південь від смт Володимирець Володимирецького р-ну Рівненської обл.) внаслідок несанкціонованого видобутку бурштину: 19.03.2012 та 08.08.2013

Показана на знімках динаміка беззаперечно доводить шкідливість несанкціонованого видобутку бурштину для земель будь-якого призначення. Слід зазначити, що наведені приклади динаміки є невеликою часткою тих процесів, що в найближчий час можуть призвести до незворотної втрати великої частки земельного фонду як для будь-якого господарського використання, так і для задач охорони природи.

Інтеграція технологій контактного та дистанційного моніторингу антропогенного навантаження на довкілля, екологічної інтерпретації його результатів із застосуванням актуальних методів математичного моделювання, математичної статистики, інформаційних технологій дешифрування даних космічного моніторингу та комплексної оцінки екологічного стану територій є можливою на основі геоінформаційної платформи, що є ядром інформаційної системи підтримки управлінських рішень в сфері раціонального природокористування та екологічної безпеки [13–15]. Запропонована структура такої системи представлена на рис. 10.

Робота є продовженням багаторічної праці, основні результати якої наведено в [16, 17]. Одним із можливих напрямків роботи визнано доцільним додати до об'єктової бази досліджуваних систем – антропогенне навантаження екологічних систем вугільновидобувних родовищ [18, 19].

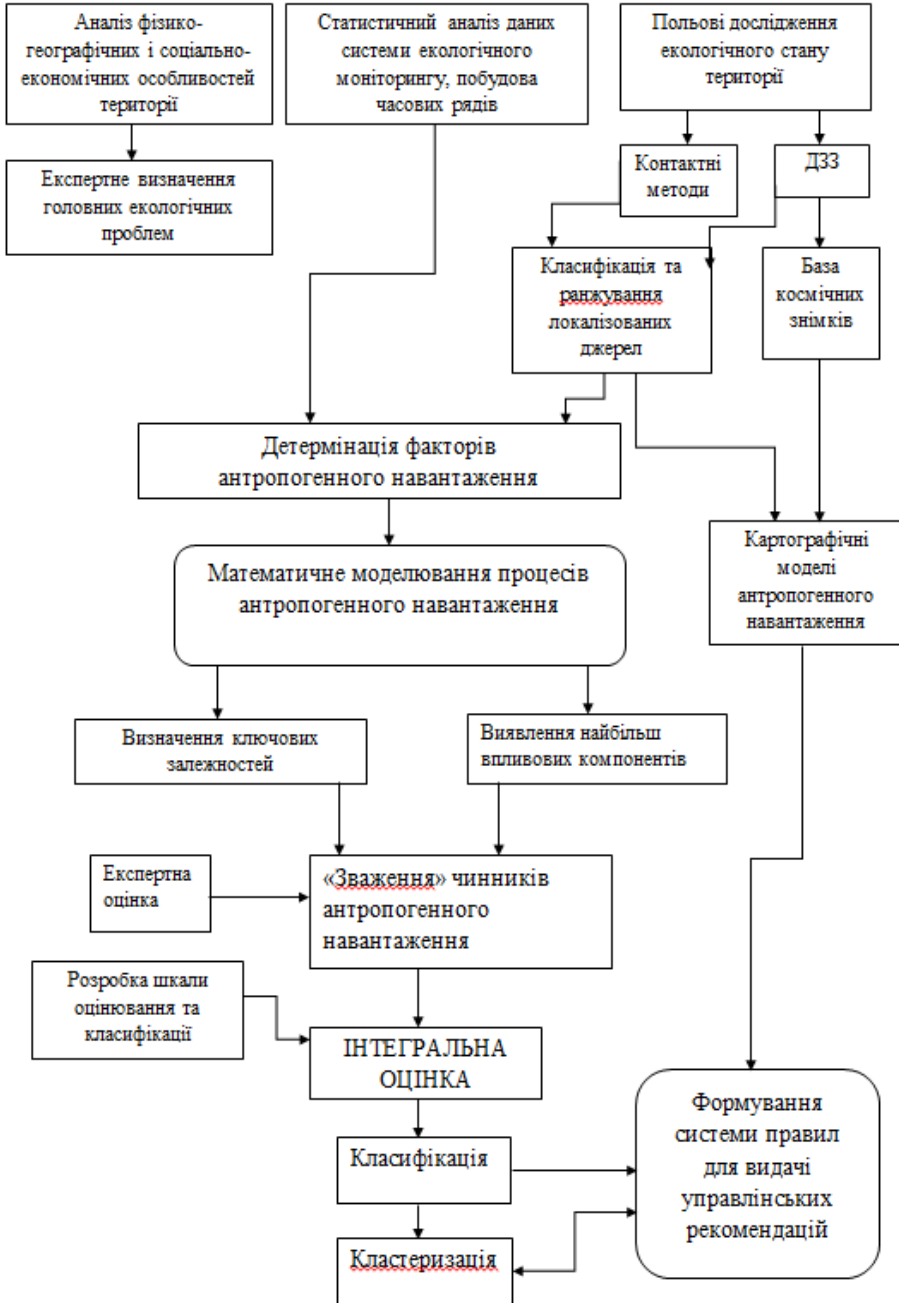


Рис. 10 – Структура інформаційної системи підтримки управлінських рішень в сфері раціонального природокористування та екологічної безпеки

## Висновки і пропозиції

Запропоновано підхід до створення інформаційної системи підтримки управлінських рішень в сфері раціонального природокористування та екологічної безпеки на засадах геоінформаційної платформи, інтегрованої в територіальну систему екологічного моніторингу. Для цього розроблено та реалізовано в програмному середовищі методику алгоритму дослідження коефіцієнта динамічної кореляції багатопараметричних систем з його апробацією на прикладі аналізу антропогенного навантаження на гідроєкосистеми України. Обґрунтовано доцільність інтеграції контактних та дистанційних методів моніторингу антропогенного навантаження на прикладі інтерпретації даних космічного моніторингу несанкціонованого видобутку бурштину на території Українського Полісся.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Довгий С.О., Бідюк П.І., Трофимчук О.М., Савенков О.І. (2011) Методи прогнозування в системах підтримки прийняття рішень. Київ. Наукова думка. 608 с.
2. Довгий С.О., Бідюк П.І., Трофимчук О.М. (2014) Системи підтримки прийняття рішень на основі статистично-ймовірнісних методів. Київ. Логос. 420 с.
3. Греков Л.Д., Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. (2007) Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом. Київ. Наукова думка. 219 с.
4. Trofymchuk, O., Kalyukh, Yu., Trofimova, I., Hlebchuk, H. (2013). Modelling of Landslide Hazards in Kharkov Region of Ukraine Using GIS. *Landslides: Global Risk Preparedness*. Springer, Berlin, Heidelberg. 267-276.
5. Baum, R.L., Miyagi, T., Lee, S., Trofymchuk, O. (2014). Introduction: Hazard mapping. *Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Volume 2: Methods of Landslide Studies*, Springer, Cham. 395-396.
6. Trofymchuk, O., Kolodyazhnyy, O., Yakovlev, E. (2014). Hazardous activation of landslides within Western Carpathian region (Ukraine). *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*. Springer, Cham. 533–536.
7. Миронцов Н.Л. Импульсный боковой каротаж с повышенным пространственным разрешением // *Допов. Нац. акад. наук Укр.* – 2010. – № 5. – С. 120-122.
8. Миронцов Н.Л. Метод распознавания "ошибочных" коллекторов и коллекторов остаточного нефтенасыщения при геофизическом исследовании скважин // *Допов. Нац. акад. наук Укр.* – 2012. – № 4. – С. 100-105.
9. Lukianova, V., Trofymchuk, O., Anpilova, Y. (2020). Environmental safety of motor transport enterprises within the urban areas. *Journal of Ecological Engineering*, 21(4), 231–236. <https://doi.org/10.12911/22998993/119799>
10. Trofymchuk, O., Kreta, D., Myrontsov, M., Okhariev, V., Shumeiko, V., Zagorodnia, S. (2015). Information Technology in Environmental Monitoring for Territorial System Ecological Assessment // *Journal of Environmental Space and Engineering A1*. – Vol. 4, № 2. – P. 79–84.
11. Trofymchuk, O., Yakovliev, Y., Klymenko, V., Anpilova, Y. (2019). Geomodeling and monitoring of pollution of waters and soils by the Earth remote sensing. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, Extended Abstracts, 19, (1.4), 197-204. <https://doi.org/10.5593/sgem2019V/1.4/S02.025>.
12. Триснюк В.М. Система управління екологічною безпекою природних і антропогенно-модифікованих геосистем. Системи обробки інформації. – 2016. – №12. – С. 185-188.

13. Trysnyuk, V., Trysnyuk, T., Okhariev, V., Shumeiko, V., Nikitin, A. (2018). Cartographic model of Dniester river basic probable flooding // *Geology and Environmental Engineering*. Ser. D. Vol. XXXII, No.1 – P. 51-55.
14. Триснюк В.М., Охарев В.О., Триснюк Т.В., Голован Ю.М. Система екологічного моніторингу забруднення педосфери нафтопродуктами // *Екологічна безпека та природокористування*, №2 (34), 2020 – С. 22–29.  
doi: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2020.2.22-29>
15. Триснюк В.М., Охарев В.О., Триснюк Т.В., Сметанін К.В., Курило А.В. Створення системи мобільного екологічного моніторингу. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ); Івано-Франківськ: Симфонія форте. – 2018, №2 (18) – С. 120-128.
16. Трофимчук О.М., Миронцов М.Л. Сучасні дисертаційні дослідження Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору: екологічна безпека // *Математичне моделювання в економіці*. – 2018. – Vol.3. – С. 7-25.
17. Миронцов М.Л. Аналіз довгострокових біржевих трендів кореляційними методами // *Математичне моделювання в економіці* – 2015 – Vol.3. – С. 86-90.
18. Korchenko, O., Pohrebennyk, V., Kreta, D., Klymenko, V., Anpilova, Y. (2019). GIS and remote sensing as important tools for assessment of environmental pollution. 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, Extended Abstracts, Vol. 19, – №2.1, – 297-304. DOI:10.5593/sgem2019/2.1/S07.039
19. Anpilova, Y., Yakovliev, Y., Drozdovych, I. (2020). Landscape and Geological Factors of Water and Ecological Conditions Technogenesis of Donbas at the Post-Mining Stage. 19<sup>th</sup> International Conference Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Extended Abstracts. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo136>

Стаття надійшла до редакції 13.10.2020 і прийнята до друку після рецензування 21.01.2021

## REFERENCES

1. Dovhyi, S.O., Bidyuk, P.I., Trofymchuk, O.M., & Savenkov. O.I. (2011). *Methods of forecasting in decision making support systems*. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
2. Dovhyi, S.O., Bidyuk, P.I., & Trofymchuk, O.M. (2014). *Decision making support systems based on statistic and probabilistic methods*. Kyiv: Logos (in Ukrainian).
3. Grekov, L.D., Krasovsky, G.Y., & Trofymchuk, O.M. (2007). *Space monitoring of land pollution by man-made dust*. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
4. Trofymchuk, O., Kalyukh, Yu., Trofimova, I., & Hlebchuk, H. (2013). Modelling of Landslide Hazards in Kharkov Region of Ukraine Using GIS. In *Landslides: Global Risk Preparedness* (pp. 267-276). Springer, Berlin, Heidelberg.
5. Baum, R.L., Miyagi, T., Lee, S., & Trofymchuk, O. (2014). Introduction: Hazard mapping. *Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Volume 2: Methods of Landslide Studies* (pp. 395-396). Springer, Cham.
6. Trofymchuk, O., Kolodyazhnyy, O., & Yakovlev, E. (2014). Hazardous activation of landslides within Western Carpathian region (Ukraine). In *Landslide Science for a Safer Geoenvironment* (pp. 533-536). Springer, Cham.
7. Myrontsov, N.L. (2010). Pulse lateral logging with high spatial resolution. *Dopov. Nac. akad. nauk. Ukr.*, 5, 120-122 (in Russian).
8. Myrontsov, N.L. (2012). Investigation method for “wrong” formations and the relict oil content under the well. *Dopov. Nac. akad. nauk. Ukr.*, 4, 100-105 (in Russian).
9. Lukianova, V., Trofymchuk, O., & Anpilova, Y. (2020). Environmental safety of motor transport enterprises within the urban areas. *Journal of Ecological Engineering*, 21(4), 231-236. doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/119799>

10. Trofymchuk, O., Kreta, D., Myrontsov, M., Okhariev, V., Shumeiko, V., & Zagorodnia, S. (2015). Information Technology in Environmental Monitoring for Territorial System Ecological Assessment. *Journal of Environmental Space and Engineering AI.*, 4(2), 79-84.
11. Trofymchuk, O., Yakovliev, Y., Klymenko, V., & Anpilova, Y. (2019). Geomodeling and monitoring of pollution of waters and soils by the Earth remote sensing. In *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, Extended Abstracts*, (Vol. 19 (1.4), pp. 197-204). doi:<https://doi.org/10.5593/sgem2019V/1.4/S02.025>
12. Trisnyuk, V.M. (2016). Environmental safety management system for natural and anthropogenically modified geosystems. *Information processing systems*, 12, 185-188 (in Ukrainian).
13. Trisnyuk, V., Trisnyuk, T., Okhariev, V., Shumeiko, V., & Nikitin, A. (2018). Cartographic model of Dniester river basic probable flooding. *Geology and Environmental Engineering*, Ser. D. XXXII(1), 51-55.
14. Trisnyuk, V. M., Okharev, V. O., Trisnyuk, T. V., & Holovan, Y. M. (2020). System of ecological monitoring of pedosphere pollution by petroleum products. *Environmental Safety and Natural Resources*, 34(2), 22–29. doi:<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2020.2.22-29> (in Ukrainian).
15. Trisnyuk, V.M., Okhariev, V.O., Trisnyuk, T.V., Smetanin, K.V., & Kurylo, A.V. (2018). Development of the mobile environmental monitoring system. *Environmental Safety and Sustainable Natural Resource Management: scientific and technical journal*, 2(18), 120-128 (in Ukrainian).
16. Trofymchuk, O.M., & Myrontsov, M.L. (2018). Modern dissertation researches of the Institute of Telecommunications and Global Information Space: Environmental safety. *Mathematical modeling in economy*, 3, 7-25 (in Ukrainian).
17. Myrontsov, M.L. (2015) Analysis of long-term exchange trends for the correlation methods. *Mathematical modeling in economy*, 3, 86-90 (in Ukrainian).
18. Korchenko, O., Pohrebennyk, V., Kreta, D., Klymenko, V., & Anpilova, Y. (2019). GIS and remote sensing as important tools for assessment of environmental pollution. In *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, Extended Abstracts*, (Vol. 19 (2.1), pp. 297-304). doi:10.5593/sgem2019/2.1/S07.039
19. Anpilova, Y., Yakovliev, Y., & Drozdovych, I. (2020). Landscape and Geological Factors of Water and Ecological Conditions Technogenesis of Donbas at the Post-Mining Stage. In *19th International Conference Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Extended Abstracts*, (Vol. 2020, pp. 1-5). doi:<https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo136>

*The article was received 13.10.2020 and was accepted after revision 21.01.2021*

#### **Миронцов Микита Леонідович**

доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

**Адреса робоча:** 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID 0000-0002-2830-8803 **e-mail:** myrontsov@urk.net

#### **Охарєв Вячеслав Олександрович**

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

**Адреса робоча:** 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID 0000-0001-6270-6293 **e-mail:** okhariev.vo@gmail.com