

УДК 004.4-047

**Evgeny Nagorny**, postgraduate

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7050-9310> **e-mail:** [rhbz777@ukr.net](mailto:rhbz777@ukr.net)

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

## **INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION OF THE FIELD OF RADIATION POLLUTION OF THE LOCALITY AND FORECASTING**

**Abstract.** *The article examines the improvement of information technologies in the construction of the field of radiation contamination of the area based on the measured values of the impact factors of a nuclear explosion. Forecasting uses summaries of radioactive contamination centers and meteorological information. This process is quite well formalized and its practical implementation does not present great difficulties in automated systems for monitoring the radiation environment.*

*Studies have shown that with a large heterogeneity of the source data by location (the presence of significant zones in which measurements were not carried out), this approach can unjustifiably overestimate or underestimate the calculated values in these zones. The local interpolation method was used to correct this effect. It is based on the assumption of the presence of local linear dependencies in the source data.*

*In automated radiation monitoring systems, interpolation methods are used in the presence of a widespread network of stationary sensors connected to communication channels.*

*The interpretation of radiation reconnaissance data using interpolation methods does not allow using a priori information about the parameters of the cell and the conditions for the formation of radiation contamination of the area. Joint accounting in the processing of these data allows you to combine the stages of forecasting and detection of the actual situation into a single process.*

**Key words:** *radiation situation; radiation situation monitoring systems; the field of radiation pollution of the area; mapping; contaminated territory; radioactive pollution; radiation situation forecast; radioactive substances.*

### **Є.І. Нагорний**

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

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПОБУДОВІ ПОЛЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЦЕВОСТІ І ПРОГНОЗУВАННІ**

**Анотація.** *В статті розглянуто вдосконалення інформаційних технологій при побудові поля радіаційного забруднення місцевості по вимірних значеннях уражаючих факторів ядерного вибуху. При прогнозуванні використовуються зведення про осередки радіоактивного забруднення і метеорологічна інформація. Цей процес досить добре формалізований і його практична реалізація не представляє великих труднощів в автоматизованих системах контролю радіаційної обстановки.*

Дослідження показали, що при великій неоднорідності вихідних даних по місцезональному розподілу (наявність значних зон, в яких вимірювання не проводилися) такий підхід може невиправдано завищувати або занижувати розрахункові значення в цих зонах. Для корекції цього ефекту був застосований метод локальної інтерполяції. Він заснований на припущенні про наявність у вихідних даних локальних лінійних залежностей.

У автоматизованих системах контролю радіаційної обстановки інтерполяційні методи використовуються за наявності широко розгалуженої мережі стаціонарних датчиків, зв'язаних з каналами зв'язку.

Інтерпретація даних радіаційної розвідки за допомогою інтерполяційних методів не дозволяє використати апріорну інформацію про параметри осередку і умови формування радіаційного забруднення місцевості. Спільний облік в обробці цих даних дозволяє поєднати етапи прогнозування і виявлення фактичної обстановки в єдиний процес.

**Ключові слова:** радіаційна обстановка; системи моніторингу радіаційної обстановки; поле радіаційного забруднення місцевості; картографування території забруднення; радіоактивне забруднення; прогноз радіаційної обстановки; радіоактивні речовини.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.1.155-160>

## Вступ

Радіоактивне забруднення місцевості є потужним фактором, що робить істотний вплив на життєдіяльність населення, роботу адміністративних структур і органів державного управління в цілому. Осередками радіоактивного забруднення в мирний час можуть бути:

- аварії ядерних енергетичних установок з викидом продуктів реакції;
- руйнування сховищ (контейнерів) з радіоактивними речовинами;
- руйнування активної зони або системи теплоносія ядерних енергетичних установок в результаті терористичних актів;
- руйнування могильників радіоактивних відходів.

Усім структурам управління пропонується при оцінці обстановки вивчати її радіаційну складову [4, 5].

У низці законів України, таких як «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про охорону земель», «Про моніторинг», «Про державний контроль за використанням та охороною земель», йдеться про охорону земель, водних об'єктів, що потребують особливої уваги з боку держави, чому сприяють дані ДЗЗ. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) охоплюють систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковим в політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Україні основними науковцями в області радіаційної безпеки територій являються: Д.М. Гродзинський – спектральні характеристики рослинного покриву [1]; В.Г. Бар'яхтар – дослідження аварії на Чорнобильській АЕС [2]; О.М. Трофимчук, І.П. Ковальчук, Є.О. Яковлев, М.П. Константінов, Г.Д. Коваленко – моніторинг радіаційного забруднення земель [3, 5, 7].

**Мета роботи.** Мета роботи полягає у вдосконаленні інформаційних технологій при побудові поля радіаційного захисту місцевості в автоматизованих системах контролю радіаційної обстановки.

## Виклад основного матеріалу дослідження

У результаті Чорнобильської катастрофи в навколишнє природне середовище потрапило близько 3% радіонуклідів, які на момент катастрофи були накопичені в четвертому енергоблоці, що становить, за підрахунками різних авторів, понад 300 Мкі, або  $1,3 \cdot 10^{19}$  Бк радіонуклідів [6]. В атмосферу під час Чорнобильської катастрофи було викинуто до 100% радіоактивних благородних газів, 20–50% ізотопів йоду, 12–30% цезію і 3–4% інших важких радіонуклідів від їхнього вмісту в реакторі [1]. В перші години після аварії найбільший вплив на довкілля мали радіонукліди – йоду-131 ( $^{131}\text{I}$ ), йоду-133 ( $^{133}\text{I}$ ), а також телуру-132 ( $^{132}\text{Te}$ ), барію-140 ( $^{140}\text{Ba}$ ), лантану-140 ( $^{140}\text{La}$ ) і нептунію-239 ( $^{239}\text{Np}$ ). Через декілька місяців після аварії рівень забруднення визначали радіонукліди стронцію-89 ( $^{89}\text{Sr}$ ) і цирконію-95 ( $^{95}\text{Zr}$ ), а два роки по тому – рутенію-106 ( $^{106}\text{Ru}$ ), цезію-134 ( $^{134}\text{Cs}$ ) і  $^{137}\text{Cs}$ . Рух хмар, з яких радіонукліди у складі опадів потрапляли на земну поверхню, спричинив формування радіоактивних слідів (рис. 1). Найчіткіше виявився західний слід, який являє собою досить вузьку смугу, що тягнеться через Польщу аж до Німеччини і Франції. Набагато ширшим і найінтенсивнішим є північний слід – це забруднення радіонуклідами Білорусі і країн Скандинавії (особливо Швеції і Фінляндії). Широким, віялоподібним є південний слід, який досягає Австрії і Швейцарії, а також Румунії, Болгарії і Греції.

Для вирішення задач моніторингу територій використовуються дані космічних зйомок у видимому (Visible), ближньому (Near Infrared, NIR), середньому (Short-Wave Infrared, SWIR) і далекому (Thermal Infrared, TIR) інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра. До сенсорів, що забезпечують збір даних теплових зйомок середньої просторової роздільної здатності, слід віднести ETM+ (супутник Landsat-7), ASTER (супутник Terra), TIRS (супутник Landsat-8), MODIS (супутники Terra, Aqua), AVHRR (супутники NOAA) та ін. Дані супутників застосовуються для вирішення задач температурного картографування: визначення температури земної поверхні. Ці технології орієнтовані на розробку програм та алгоритмів, які забезпечують обробку растрових зображень, отриманих з космічних зйомок. Вони включають методи сегментації, класифікації, фільтрації, покращення якості зображень та інші техніки обробки зображень.

Питання про необхідну щільність точок контролю радіаційної обстановки заслуговує окремого розгляду. Так, дослідження, проведені в [9], показали, що оптимальний об'єм інформації про фактичну радіаційну обстановку (РО) забезпечується за наявності одного виміру на 3–6 км<sup>2</sup> на регіональному рівні і на 25–30 км<sup>2</sup> – в державних органах управління. Ці дослідження проводилися на слідах тих, що повністю відповідають модельним, і не враховували похибки роботи датчиків. Інші дослідження в цій області [6], проведені вже з урахуванням похибок виміру ПДВ, показали, що на регіональному рівні необхідна щільність складе 2,3–2,9 км<sup>2</sup>, а в масштабі держави – 3,2–4,0 км<sup>2</sup> на одну точку.

Сьогодні прийнято, що при веденні радіаційної розвідки один вимір повинен проводитися на площі 3–6 км<sup>2</sup>. Слід зазначити, що визначення необхідної щільності точок контролю проводилося з розрахунку на використання методу інтерполяції. Застосування інших методів [8] для відновлення характеристик радіаційного поля, топологія якого близька до

модельного, показало можливість виявлення фактичного РЗМ за наявності одного виміру на 10 км<sup>2</sup>. До таких методів відноситься метод лінійної оптимальної інтерполяції (МЛОІ), що дозволяє підвищувати достовірність інформації в процесі обробки.

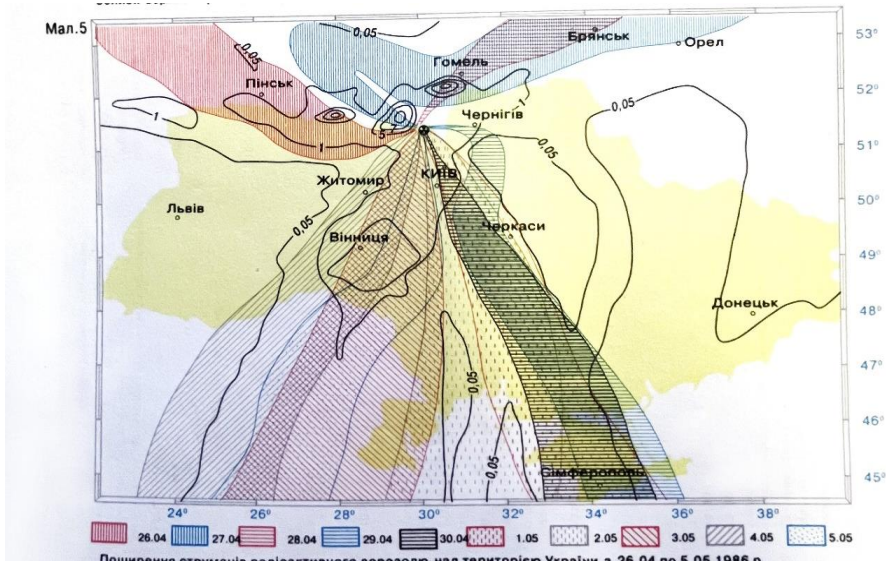


Рис. 1. Поширення радіоактивних хмар після Чорнобильської катастрофи (Атлас Чорнобильської зони відчуження, 1996 р.)

Таким чином, при оцінці достовірності інформації, виявленої за даними радіаційної розвідки, необхідно враховувати не лише похибки виміру ПДВ і щільність точок контролю, але також топологію поля РЗМ і метод, який використовується для обробки даних.

Застосування структурної функції в якості функції зв'язку не передбачає використання апріорної інформації про структуру поля РЗМ. Відновлення характеристик в перерізах поля робиться на основі обробки усієї вибірки значень ПДВ, причому об'єм обчислень збільшується в геометричній прогресії по відношенню до кількості точок вимірювань. Тому, реалізація такого підходу потребуватиме значних обчислювальних ресурсів.

В якості вихідних даних, що вимагаються для роботи даної методики, зокрема, потрібні координати осередка радіоактивного забруднення. З практичної точки зору, це накладає певні обмеження на використання методу, оскільки така інформація при застосуванні диверсійних методів може бути відсутньою.

## Висновки

Дослідження показали досить хорошу відновлюваність характеристик поля, коли як вихідні дані використовувалися результати аерогаммазйомки, проведені в районі аварії Чорнобильської АЕС. Такі дані є згладженими, вони фіксують не усі локальні неоднорідності поля. По суті, сам метод отримання вимірювань в даному випадку виступав фільтром.

Використання цього методу інтерполяції для обробки даних радіоактивного забруднення дозволяє добитися хорошої відновлюваності поля при високій щільності вимірювань потужності дози випромінювання і нескладній його топології. Проте при ускладненні РО виникає необхідність збільшення дискретності сітки, тобто зменшення її кроку. Це у свою чергу призводить до різкого збільшення часу обробки даних. Крім того, при великій кількості вузлів сітки алгоритм може працювати нестійко.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гродзинський Д.М. Радіобіологія : – Київ: Либідь, 2000. – 448 с.
2. Бар'яхтар В.Г. Чорнобильська катастрофа. – Київ: Наукова думка, 1996. – 576 с.
3. Trofymchuk O. Geo-information Technologies for Decision Issues of Municipal Solid Waste / O. Trofymchuk, V. Trysnyuk, N. Novokhatska, I. Radchuk // *Journal of Environmental Science and Engineering A* 3 (2014) s. 183–187.
4. Коваленко Г.Д. Радіоекологія України : Монографія. – Харків: І.Д “Інжек”, 2008. – 264 с.
5. Іванов Є. Радіоекологічні дослідження : Навч. посібник – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 149 с.
6. В.М. Триснюк, А.А. Нікітін, В.О. Шумейко. Алгоритм оброблення інформації про радіоактивне забруднення місцевості з використанням даних ДЗЗ та ГІС. // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Полтава. Випуск 6 (46) 2017 р. – С. 102–110.
7. O. Trofymchuk, Y. Yakovliev, V. Klymenko, Y. Anpilova. Geomodeling and monitoring of pollution of waters and soils by the earth remote sensing. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM*, 19, 1.4 (2019).
8. Триснюк В. М., Нагорний Є. І., Триснюк Т. В., Конецька О. О., Курило А. В. Методика виявлення радіаційного забруднення місцевості та його ризиків. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Випуск 3(69) 2022 С. 112–115. ISSN 2073-7394. <http://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2618>
9. Krasovska I. Complex space monitoring data analysis to determine environmental trends of Poland-Ukraine border areas / I. Krasovska, O. Butenko, S. Horelik, Y. Zakharchuk // *Architecture civil engineering environment*. – Vol. 13. 2020. – № 2. – P. 39–56.

Стаття надійшла до редакції 29.01.2024 і прийнята до друку після рецензування 08.03.2024

## REFERENCES

1. Grodzinsky, D.M. (2000). Radiobiology. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
2. Baryakhtar, V.G. (1996). Chernobyl disaster. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
3. Trofymchuk, O., Trysnyuk, V., Novokhatska, N., & Radchuk, I. (2014). Geo-information Technologies for Decision Issues of Municipal Solid Waste. *Journal of Environmental Science and Engineering, A* 3 (2014) s. 183-187 [in Ukrainian].
4. Kovalenko, G.D. (2008). Radioecology of Ukraine: Monograph. Kharkiv: I.D. "Inzhek" [in Ukrainian].
5. Ivanov, E. (2004). Radioecological studies: Education. manual. Lviv: Ivan Franko LNU Publishing Center [in Ukrainian].
6. Trysnyuk, V.M., Nikitin, A.A., & Shumeiko, V.O. (2017). Algorithm for processing information on radioactive contamination of the area using data from DZZ and GIS. *Management, navigation and communication systems*, 6 (46), 102-110. Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk. Poltava [in Ukrainian].

7. Trofymchuk, O., Yakovliev, Y., Klymenko, V., & Anpilova, Y. (2019). Geomodeling and monitoring of pollution of waters and soils by the earth remote sensing. In *International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM*, 19, 1.4 (2019).
8. Trysnyuk, V.M., Nagorni, E.I., Trysnyuk, T.V., Konetska, O.O., & Kurylo, A.V. (2022). Methods of detecting radiation contamination of the area and its risks. *Control, navigation and communication systems. Collection of scientific works*, 3(69), 112-115. Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk. ISSN 2073-7394. Retrieved from <http://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2618> [in Ukrainian].
9. Krasovska, I., Butenko, O., Horelik, S., & Zakharchuk Y. (2020). Complex space monitoring data analysis to determine environmental trends of Poland-Ukraine border areas. *Architecture civil engineering environment*, 13 (2), 39-56.

*The article was received 29.01.2024 and was accepted after revision 08.03.2024*

**Нагорний Євген Ігорович**

аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору  
Національної академії наук України

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

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7050-9310> **e-mail:** [rhbz777@ukr.net](mailto:rhbz777@ukr.net)