

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО
ПРОСТОРУ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГОЛОВАН ЮРІЙ МИРОНОВИЧ

УДК 504.054+504.06:528.88

ДИСЕРТАЦІЯ

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНКИ І ПРОГНОЗУ ЯКОСТІ
ҐРУНТІВ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ**

спеціальність 122 - Комп'ютерні науки

Подається на здобуття наукового ступеню доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і тексту інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Голован Юрій Миронович

Науковий керівник:

Триснюк Василь Миколайович
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Голован Ю.М. Геоінформаційні технології оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національна академія наук України, Київ, 2023.

Дисертаційна робота присвячена розробці та удосконаленню геоінформаційних систем для оцінки та прогнозу еколого-ресурсної якості ґрунтів на регіональному рівні в умовах антропогенного навантаження на геохімічні ландшафти та підвищення ефективності прийняття управлінських рішень.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, розглянуто зв'язок роботи з науковими темами та актуальними напрямками, сформульовані мета та задачі дослідження, розкрито наукову новизну та практичну цінність. Значну роль приділено дослідженню та впровадженню нових функцій та властивостей інструментальних моделей, які мають локальний та глобальний характер.

У першому розділі проведено наукометричний огляд літературних джерел та досліджено особливості розвитку, відновлення та експлуатації ґрунтів на територіях, які порушені антропогенною діяльністю. Охарактеризовано використання геоінформаційних систем під час моніторингу ґрунтів та визначено їх нові функції. Визначено велику кількість інструментальних моделей для вирішення геоінформаційних задач оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні.

У другому розділі представлено розроблені автором дистанційні методи моніторингу ґрунтового покриву, які спрямовані на забезпечення точного просторового суміщення матеріалів, отримання з них динамічної цільової

інформації і потребує вибору відповідної технології обробки даних ґрунтового покриву.

Комплексна технологія використання даних ДЗЗ для оцінки еколого-ресурсного стану ґрунтового покриву є системою, що базується на послідовній обробці даних ДЗЗ за допомогою основних функціональних підсистем: введення, збереження, обробка та представлення результатів. Технологія та організація робіт по дешифруванню істотно залежить від його завдань, території, масштабу та характеристики знімків (теплових, фотографічних або сканерних, радіолокаційних та ін.), від використання окремих знімків або їх серій (багатозональних, різночасових). Алгоритм кластеризації, який базується на яскравісних відмінностях поверхні ґрунту за рахунок протікання визначених природних та антропогенних процесів, дозволив виділити ділянки поверхні ґрунтів, які відрізняються від загальної фонові характеристики. Точність розробленого алгоритму векторизації виділених ділянок за даними космічних знімків дозволяє здійснити структурування растрових даних, що оброблюються. Одним з важливих етапів роботи алгоритму є диференціація досліджуваної ділянки на два класи: “суша” та “вода”. Ймовірність правильного розділення знімку на задані класи знаходиться у межах 60-80 %, що є достатнім для вірогідних екологічних оцінок і прогнозів.

У результаті виділені основні параметри, які змінюють свої показники у процесі експлуатації інженерної ґрунтозахисної функції, що пов’язану з поглинанням діоксиду вуглецю, затримання пилу та сажі внаслідок проведеного екологічного моніторингу у 2018-2023 роках.

За результатами експериментів було обґрунтовано математичну модель зображення, використовуючи бімодальні нормальні закони розподілу. Отриманий алгоритм застосовується для зображень, які отримані в інших спектральних діапазонах для виділення і подальшого аналізу поверхні.

Представлення інформації про екологічний стан ґрунтового покриву дослідних ділянок, у такому форматі дає можливість експортувати сформовані контури у ГІС-програми для накладення векторного шару на існуючі картографічні матеріали. Розроблений алгоритм первинного визначення ділянок забруднення на поверхні ґрунтового покриву необхідно застосовувати для виділення та попередньої параметризації аномальних процесів. Важливим аспектом реалізації алгоритму є застосування даних космічної зйомки, які отримуються у реальному режимі часу. Це дозволяє оновлювати інформацію щодо екологічного стану досліджуваних об'єктів та навколишнього середовища і враховувати дані метеорологічного прогнозу. Проведено розрахунок вегетаційних індексів, що надає інформацію про відмінності у стані визрівання окремої культури на окремо взятій земельній ділянці, а також дозволяє оцінити рівень її агробіологічного здоров'я та вологозабезпеченості. Шляхом комплексування спектральних каналів для кожного зі знімків у єдиний файл та проведення їх атмосферної корекції у програмному середовищі ENVI для тест-ділянок. були проведені розрахунки індексів NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Для цього використовувався вбудований інструмент ENVI, що дозволяє здійснювати маніпуляції зі спектральними каналами знімку (Band Math) та відповідна формула для розрахунку NDVI. В результаті для кожного знімку тест-ділянок отримані похідні зображення, що відображають ступені вегетації сільськогосподарських культур.

У третьому розділі, на основі моніторингових досліджень та отриманих результатів було розроблено нове інформаційно-технічне супроводження оцінки забруднення ґрунтів. Вдосконалено існуючу методика забезпечення відбору проб ґрунту за допомогою нових інструментальних методів та проведено аналітичні розрахунки ґрунтового покриву досліджуваної території. На основі

геоінформаційних технологій створено картографічну модель екологічного стану ґрунтів території дослідження.

В наукових дослідженнях представлено ієрархічну модель впливу факторів прояву розвитку ерозійних процесів, на основі побудови матриць множин попарних порівнянь ієрархічного рівня. За допомогою побудованих матриць розраховуємо вектори пріоритетів відповідних рівнянь та оцінюємо вплив факторів на розвиток ерозійних процесів ґрунтового покриву.

Проаналізовано та вдосконалено технологію виявлення аномалій екопараметрів ґрунтової поверхні за даними різночасової мультиспектральної зйомки. Відповідно до перерахованих факторів, неоднорідність розподілу теплового поля може бути індикатором об'єктів, процесів і явищ наявних на досліджуваній території.

У четвертому розділі розроблено функціональну комплексну модель геоінформаційних систем для оцінки та прогнозу якості ґрунтів. Розроблено стратегія оцінювання стану ґрунтового покриву, що включає: використання суб'єктно-об'єктного підходу; комплексні або інтегральні індикатори; принципах екологічного нормування. Аналіз геопорталів дозволив виявити інформацію про паспортизацію земельних ділянок, метеорологічну обстановку під час сезону і структуру рельєфу місцевості. Побудова рози вітрів дозволяє відстежувати закономірності у головних напрямках розвитку процесів вітрової ерозії ґрунтів. Побудовано моделі рельєфу використовуючи дані цифрової радарної SRTM зйомки та векторний шар ізоліній висот. Для територій тестових ділянок побудовано тріангуляційну модель місцевості (TIN) на основі векторного шару ізоліній, що був створений на основі оцифрування інформації з растрової карти. За допомогою математичного апарату, класифікацій і моделювання удосконалено модель ефективного прийняття рішень для вивчення геоекотехнічних систем за матеріалами ДЗЗ.

Розглянуто функціональні можливості ArcGIS для вирішення задач екологічного моніторингу ґрунтів, яка має системний вплив на розробку моделі.

Результати роботи впроваджені у діяльність Науково-виробничої впроваджувальної фірми «Геотехнологія» для вдосконалення існуючої геоінформаційної системи та еколого-небезпечних заходів та відновлення порушених ґрунтів. Результати роботи впроваджені у навчальний процес Національного університету «Києво-Могилянська академія», при викладанні дисципліни «Зелена логістика» та при проведенні магістерських та бакалаврських досліджень по спеціальності «Екологія».

Ключові слова: інформаційні технології, екосистема, інформаційно-аналітичне забезпечення, ґрунти, рельєф місцевості, спектральні канали.

ABSTRACT

Golovan Yu.M. Geoinformation technologies for assessment and forecast of soil quality at the regional level. - Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 122 "Computer Science" - Institute of Telecommunications and Global Information Space, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2023.

The dissertation work is about the development and improvement of geoinformation systems for the assessment and forecast of ecological and resource quality of soils at the regional level under the conditions of anthropogenic load on geochemical landscapes and increasing the efficiency of management decision-making.

The introduction establishes the relevance of the subject, considers the connection of the work with areas of science and current problems, formulates the aim and tasks of the research, and reveals the scientific novelty and practical value. Particular attention was focused to the definition and implementation of new, previously unused, functions and properties of instrumental models, which have not only a local, but also a global nature.

In the first chapter, a scientometric review of the literary sources of the selected subject was carried out and the peculiarities of the development, exploitation and restoration of soils in the territories disturbed by anthropogenic activity were determined. The use of geographic information systems during soil monitoring is characterized and their new functions are defined. A large number of instrumental models for solving geo-information problems of soil quality assessment and forecasting at the regional level have been described.

The second chapter presents remote soil cover monitoring methods developed by the author, which are aimed at ensuring accurate spatial alignment of materials,

obtaining dynamic target information from them, and require the selection of an appropriate soil cover data processing technology.

The complex technology of using remote sensing data to assess the ecological and resource state of the soil cover is a system based on the sequential processing of remote sensing data using the main functional subsystems: input, storage, processing and presentation of results. The technology and organization of analysis depends significantly on its tasks, territory, scale and characteristics of images (thermal, photographic or scanning, radar, etc.), on the use of individual images or their series (multi-zone, different time). The clustering algorithm, which is based on the brightness differences of the soil surface due to the occurrence of certain natural and anthropogenic processes, made it possible to highlight areas of the soil surface that differ from the general background characteristics. The accuracy of the developed algorithm for vectorization of selected areas based on data space images data allows for the structuring of processed raster data. One of the important stages of the algorithm is the differentiation of the researched area into two classes: "land" and "water". The probability of correctly dividing the image into the classes is within 60-80%, which is sufficient for reliable ecological assessments and forecasts.

Overall, the main parameters that change their indicators during the operation of the engineering soil protection function related to carbon dioxide absorption, dust and soot retention as a result of environmental monitoring in 2018-2023 were highlighted.

Based on the results of the experiments, a mathematical model of the image was substantiated using bimodal normal distribution. The resulting algorithm was used for images obtained in other spectral ranges for selection and further analysis of the surface.

The presentation of information about the ecological state of the soil cover of experimental sites in this format makes it possible to export the formed contours to GIS software for superimposing a vector layer on existing cartographic materials. The developed algorithm for the primary determination contamination areas on the surface of

the soil cover must be used for the selection and preliminary parameterization of anomalous processes. An important aspect of the implementation of the algorithm is the use of received space survey real-time-data. This allows updating information on the ecological situation of the researched objects and the environment and considering meteorological forecast data. The calculation of vegetation indices was carried out, which provides information on differences in the state of maturation of a separate crop on a separate plot of land, and also allows to assess the level of its agrobiological health and moisture availability. By combining spectral channels for each of the images into a single file and carrying out their atmospheric correction in the ENVI software environment for test areas. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indices were calculated. For this, the built-in ENVI tool was used, which allows manipulation of the spectral channels of the image (Band Math) and the corresponding formula for calculating NDVI. As a result, for each picture of the test plots, derived images were obtained, reflecting the degree of vegetation of agricultural crops.

In the third section, based on the monitoring data and the obtained results, a new information and technical support for soil pollution assessment was developed. The existing method of ensuring soil sampling was improved with the help of new instrumental methods, and analytical calculations of the soil cover of the studied territory were carried out. A cartographic model of the ecological situation of the soils of the study area was created on the basis of geoinformation technologies.

In scientific studies, a hierarchical model of the influence of factors of the development of erosion processes is presented, based on the construction of a set of matrices of pairwise comparisons for each level and for each component of this hierarchical level. Using constructed matrices, we calculate the priority vectors of the corresponding equations and evaluate the influence of factors on the development of erosion processes of the soil cover.

The technology for detecting anomalies of the ecological parameters of the soil surface based on the data of multispectral imaging at different times was analyzed and improved. According to the listed factors, the heterogeneity of the distribution of the thermal field can be an indicator of the objects, processes and phenomena present in the studied territory.

In the fourth chapter, a functional complex model of geographic information systems for soil quality assessment and forecasting is developed. A strategy for assessing the state of the soil cover was developed. It includes the use of a subject-object approach; complex or integral indicators; principles of environmental regulation. The analysis of geoportals made it possible to reveal information about the certification of land plots, meteorological conditions during the season and the structure of the terrain. Using of wind rose allows to track regularities in the main directions of the development of wind erosion processes. Terrain models were built using digital radar SRTM survey data and a vector layer of elevation isolines. A triangulation terrain model (TIN) was built for the territories of the test plots on the basis of a vector layer of isolines, which was created on the basis of the digitization of information from a raster map. Using mathematical methods, classifications and modeling, the model of effective decision-making for the study of geo-eco-technical systems based on the materials of remote sensing was improved.

Functional capabilities of ArcGIS software for solving the problems of environmental soil monitoring, which has a systemic impact on model development, are considered.

The results of the research are implemented in the activities of the Scientific and Production Implementation Firm "Geotechnology" for the improvement of the existing geographic information system and ecologically hazardous measures and restoration of disturbed soils. The results of the work are implemented in the educational process of the National University "Kyiv-Mohyla Academy", when teaching the discipline "Green

Logistics" and when conducting master's and bachelor's studies in the specialty "Ecology".

Key words: information technologies, ecosystem, information and analytical support, soils, topography, spectral channels.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Публікації у фахових виданнях

1. Yuriy Golovan. Aerospace technologies for assessing soil contamination. Innovative Technologies And Scientific Solutions For Industries. 2023. No. 1 (23). Engineering & industrial technology. P. 174-183. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.23.174>. ISSN 2524-2296 (online).

2. Голован, Ю., Курило, А. Інформаційні технології комплексного моніторингу довкілля на основі даних аерокосмічних і наземних досліджень. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка», Випуск 1 (17), 2022 ст. 187–197. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.17.187197>

3.В.М. Триснюк, Т.В. Триснюк, А.В. Курило, Ю.М. Голован, Є.Ю. Пащенко. Системний аналіз інформаційно-аналітичного забезпечення органів адміністративного управління. Сучасні інформаційні системи. Науковий журнал. Том 6, №2. Харків 2022. с. 37-41. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2022.2.07>

4. Триснюк В. М., Шумейко В. О., Триснюк Т. В., Курило А. В., Голован Ю. М., Мирончук В. В. Екологічна безпека Карпатського регіону в умовах техногенного пилового забруднення атмосферного повітря. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Випуск 1(59) 2020. С. 127-131.

<https://doi.org/10.26906/SUNZ.2020.1>

<http://journals.nupp.edu.ua/sunz/issue/view/63>

Колективна монографія:

5. Павлишин А.В., Триснюк В.М., Курило А.В., Голован Ю.М. Комплекс наносенсорної діагностики ірратантних газів. Monografia rok konferencyjna science,

research, development #27. Zbiór artykułów naukowych recenzowanych. (30.03.2020) - Warszawa, 2020. С. 65-67. ISBN: 978-83-66401-41-9. http://xn--e1aajfpcds8ay4h.com.ua/files/01_iv_2020_s.pdf

Публікації у виданнях, що входять до міжнародних науково-метричних баз:

6. V. Trysnyuk, O. Demydenko, T. Trysnyuk, L. Horoshkova, Ie. Khlobystov, Y. Holovan. [21062]. GIS technologies for monitoring forest plantations. Conference Proceedings, Geoinformatics, 11-14 May 2021, Kyiv, Ukraine, Volume 2021, p.1 - 6. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521062>

7. Okhariev, T. Trysnyuk, Y. Holovan. [17888]. Monitoring System of Land Resources Pollution by Oil. Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020, May 2020, Volume 2020, p.1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo135>

8. V. Trysnyuk, K. Smetanin, Y. Holowan, O. Kashchishin, K. Radlowska. The improvement of the system of ecological monitoring of the environment through the application of remotely piloted aircraft systems. XIII International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”. Monitoring 2019, Nov 2019, Volume 2019, p.1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903272>

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

9. Триснюк В.М., Охарев В.О., Триснюк Т.В., Голован Ю.М. Система екологічного моніторингу забруднення педосфери нафтопродуктами. Київський національний університет будівництва і архітектури. Екологічна безпека та природокористування. Випуск № 2 (34), квітень-червень 2020 р. с. 22-29. <https://itgip.org/wp-content/uploads/2021/03/2020-34.pdf>

10. В.М. Триснюк, В.О. Шумейко, Ю.М. Голован. Механізм визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту. Київський національний університет будівництва і архітектури. Екологічна безпека та природокористування. Випуск (38), №2, Київ. 2021. С. 79-93. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.2>

11. Триснюк В.М., Охарєв В.О., Триснюк Т.В., Сметанін К.В., Голован Ю.М. 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. 116-123. <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/7063>
<http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/7063/1/114.pdf>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

12. Голован Ю.М. Оцінювання факторів ерозії ґрунтів методом аналізу ієрархій. Колективна монографія XXI Міжнародна науково – практична конференція. Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національна академія наук України. 14 - 16 листопада 2022. с. 185-187.

https://itgip.org/wp-content/uploads/2022/12/2022-12-06_UDK_book_Monografia_48x210.pdf

13. Голован Ю.М., Зотова Л.В., Василенко А.О. Технологія моніторингу використання земель за призначенням за допомогою сучасних інформаційних технологій. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: виклики 2021 року. Колективна монографія за матеріалами XX Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 4-8 жовтня 2021 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. - К.: ТОВ

«Видавництво «Юстон», 2021. с. 71-74. ISBN 978-617-7854-58-5.
https://itgip.org/wp-content/uploads/2021/10/1_%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0_2021.pdf.

14. Триснюк В. М. Шумейко В. О., Триснюк Т.В., Голован Ю.М. Експериментальні підходи оцінювання лімнологічних систем. V спеціалізований міжнародний Запорізький екологічний форуму, 14 – 16 вересня 2021 р.– Запоріжжя. с. 228-230.

https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/3889/1/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8_%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%BC.pdf

15. Триснюк В.М., Голован Ю.В., Охарев В.О., Шумейко В.О., Триснюк Т.В., Цурика Л.Ю. Дослідження та оцінка стану земельних ресурсів з використанням сучасних інформаційних технологій. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія: XIX Міжнародна науково-практична конференція. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ. Київ. 06-07 жовтня 2020 р. – С 147-150. https://itgip.org/wp-content/uploads/2020/10/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0_2020_1.pdf

16. В.М. Триснюк, В.О. Шумейко, Т.В. Триснюк, А.В. Курило, Ю.М. Голован. Оцінка екологічного ризику на території України. III Міжнародна науково-практична конференція «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» 22-23 жовтня 2020, м. Херсон, Україна. С. 922-925.
http://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/20201209/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%

[9F%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE_2020+.pdf](https://ineek.vntu.edu.ua/images/stories/2019/7zizd/7vze_2019.pdf)

17. Триснюк В.М., Триснюк Т.В., Голован Ю.М., Курило А.В. Система регіональної екологічної безпеки та її екологічна стійкість. “VII Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю”. Вінниця, 25-27 вересня 2019 р. С.118-119. https://ineek.vntu.edu.ua/images/stories/2019/7zizd/7vze_2019.pdf

18. Голован Ю.В., Шумейко В.О. Технологія моніторингу використання земель за призначенням за допомогою сучасних інформаційних технологій. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія: XVIII Міжнародна науково-практична конференція. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ. Київ. 01-02 жовтня 2019 р. – С 170-171. https://itgip.org/wp-content/uploads/2019/10/1_%D0%9A%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B0_%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82.pdf

19. Триснюк В.М., Шумейко В.О., Триснюк Т.В., Курило А.В., Голован Ю. В. ДЗЗ-ГІС технології при виявленні деградаційних процесів ґрунту. Сучасні технології землеустрою, кадастру та управління земельними ресурсами. Національний авіаційний університет. V Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. Київ, 14-15 березня 2019 р. С. 71-73.

20. Триснюк В.М., Голован Ю.М., Курило А.В. Підвищення рівня екологічної безпеки об’єктів природно-заповідного фонду. Інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія: XVII Міжнародна науково-практична конференція. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ. Київ. 25-26 вересня 2018 р. – С 213-214.

<https://itgip.org/wp-content/uploads/2018/10/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0-%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82-2018-1.pdf>

21. Голован Ю.М., Триснюк Т.В. Геоінформаційні технології захисту довкілля. Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених. «GeoTerrace – 2018». Національний університет «Львівська політехніка». 13-15 грудня 2018 р. Львів. - С. 172-174.

<https://openreviewhub.org/sites/default/files/attachmentsfiles/2018/683/geoterrace-2018-confproceeding.pdf>

22. К. Сметанін, А. Курило, Ю. Голован. ГІС-аналіз апарату нечітких множин при військових діях. V Міжнародна науково-технічна конференція. Інформаційні моделі, системи та технології. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. 1-2 лютого 2018р. с. 53.

https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/23885/2/V-STC-IMST_2018_Smetanin_K-GIS_analysis_of_uncertainted_53.pdf

Патенти на корисну модель:

23. Патент на корисну модель 145351. Комплекс діагностики іритантних газів НСНО та $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ на основі наносенсорів NiO-SnO_2 і BaOFe_2O_3 в місцях зберігання та утилізації відходів. / Павлишин А.В., Триснюк В.М., Курило А.В., Голован Ю.В. // 10.12.2020р.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	18
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	21
ВСТУП	22
РОЗДІЛ 1. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУ ЯКОСТІ ГРУНТІВ.....	29
1.1. Наукометричний аналіз дослідження інформаційних технологій якості ґрунтів.....	29
1.2. Інформаційні технології оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні.....	33
1.2.1. Аналіз дослідження у сфері дистанційного зондування ґрунтового покриву.....	33
1.2.2. Функції та платформи синтезу геомоделі дієвого сезонного еколого-ресурсного моніторингу сільськогосподарських земель.....	35
1.3. Математичні моделі спектральної яскравості ґрунтового покриву.....	39
1.4. Моделювання комп'ютерних мереж при моніторингу ґрунтів.....	44
РОЗДІЛ 2. КОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ.....	47
2.1. ДЗЗ в сфері регіонального моніторингу ґрунтового покриву.....	47
2.1.1. Дистанційні методи моніторингу ґрунтового покриву.....	47
2.1.2. Задачі, які вирішуються з використанням космічних знімків.....	50
2.1.3. Визначення цільових даних космічних зйомок.....	52
2.2. Аналіз методів ідентифікації забруднень ґрунтового покриву.....	53
2.3. Обробка космічних знімків для ідентифікації спектральної відбиваючої властивості.....	58

2.4. Загальний алгоритм створення векторних карт за даними космічних знімків.....	60
2.5. Розрахунок вегетаційних індексів, як еколого-ресурсних показників ґрунтів на основі даних ДЗЗ.....	67
РОЗДІЛ 3 ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ.....	73
3.1. Інформаційно-технічне супроводження оцінки геохімічного забруднення ґрунтів	73
3.1.1. Методи моніторингових робіт.....	73
3.1.2. Аналітичні результати території дослідження ґрунтового покриву.....	74
3.2. Ієрархічна модель впливу природних та техногенних факторів на розвиток ерозійних процесів.....	80
3.3. Моніторинг провідних екзогенних ґрунтово-формуєчих процесів.....	84
3.4. ГІС-технології створення прогностичних моделей ґрунтових карт.....	85
3.5. Геоінформаційний підхід моделювання теплових аномалій ґрунтового покриву.....	87
3.5.1. Аналіз температурного режиму ґрунтового покриву.....	87
3.5.2. Технологія виявлення фізичних та екологічних аномалій на ґрунтовій поверхні за даними різночасової мультиспектральної зйомки.....	90
РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНКИ І ПРОГНОЗУ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ.....	95
4.1. Інформаційно-архітектурна системи моніторингу ґрунтів.....	95
4.1.1. Комп'ютерно-інформаційне забезпечення та обробка даних.....	95
4.1.2. Інструменти оцінювання стану ґрунту.....	99
4.1.3. Аналіз геопорталів для оцінки та прогнозу якості ґрунтів.....	105
4.2. Побудова моделі рельєфу ґрунтового покриву.....	108

	20
4.2.1. Проведення аналізу рельєфу поверхні.....	108
4.3. Геоінформаційні моделі техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми.....	110
4.3.1. Основні тенденції техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми....	111
4.3.2. Ландшафтознавчий підхід до вивчення ґрунтових систем	113
4.3.3. Особливості дослідження ґрунтових систем методами ДЗЗ.....	114
4.4. Визначення спектральних діапазонів ДЗЗ для геоекосистем землекористування.....	120
ВИСНОВКИ.....	126
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	128
ДОДАТКИ	145

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- БПЛА – безпілотний літальний апарат.
- БСК – Біохімічне споживання кисню.
- ГІС – геоінформаційна система.
- ЕЕМ – еколого-економічний моніторинг.
- ЕЕО – еколого-економічна оцінка.
- КА – космічний апарат.
- КС – космічна система.
- КСП – колективне сільськогосподарське підприємство.
- НАНУ – Національна академія наук України.
- НДР – науково-дослідна робота.
- НС – надзвичайна ситуація.
- ГДК – гранично допустима концентрація.
- НТП – науково-технічний прогрес.
- ДЗЗ – дистанційне зондування Землі.
- ПЗ – програмне забезпечення.
- ПСП – приватне сільськогосподарське підприємство.
- ЦМР – цифрова модель рельєфу.
- ШСЗ – штучний супутник Землі.
- GPS – global positional system (система глобального позиціонування).
- GVI – green vegetation index (індекс щільності фотосинтетично активної біомаси).
- NDVI – normalized difference vegetation index (нормалізований різницевий індекс рослинності).

ВСТУП

Актуальність теми. Для вирішення складних прикладних задач, пов'язаних з підвищенням якості, оперативності, комплексності та ефективності системи моніторингу ґрунтів необхідно поєднувати сучасні інноваційні засоби і геоінформаційні технології для обробки інформації, враховуючи зміни закономірностей у часі, і у просторі. Інструментальні моделі, які мають не лише глобальний, а й локальний характер. Для України залучення до міжнародних угод відповідно до «Порядку денного у сфері сталого розвитку до 2030 року» має важливе значення, з погляду національних інтересів, так і в контексті євроінтеграційних процесів. У створюваній системі використання супутникових даних необхідно застосувати інноваційний підхід, заснований на поєднанні наземних і космічних даних в моделях природних і техногенних процесів. Цей підхід дозволить досягти якісно нового рівня при вирішенні завдань моделювання, прогнозування та інформаційної підтримки управлінських рішень. Протягом останніх років було започатковано нові підходи до створення практично працюючих інформаційних сервісів, які включають послідовний ланцюг від збирання спостережних даних до внесення суттєвих змін до відповідних моделей і до оцінки відповідних показників. Робота є циклом досліджень, виконаних у 2018-2023 роках з метою розробки методів, технологій та засобів комплексного моніторингу ґрунтів для підвищення оперативності та ефективності досліджень з використанням ДЗЗ-технологій. Комплекс досліджень включає оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан ґрунтового покриву, прогнозування його змін і розроблення інформаційно-архітектурної системи моніторингу ґрунтів. Завдання роботи полягає в комплексному підході до зниження рівня деградації ґрунтів та втрати біологічного різноманіття, відновленні гідрологічного режиму окремих територій і удосконаленні методів та

плануванні землекористування на територіях місцевих громад. Екологічна ситуація в Україні характеризується значним техногенним навантаженням на природні та антропогенно-змінені ландшафти, які потребують постійного захисту. На сьогоднішній день ми стикаємося з критично високою кількістю пошкоджених територій, тому нашим сьогоднішнім є необхідність проведення ефективної екологічної оцінки та використання інженерних рішень для досягнення екологічних цілей.

Один з перспективних напрямків оптимізації використання ґрунтів полягає у використанні причинно-наслідкових взаємозв'язків всередині унікальних екосистем. Це дозволяє нам оптимізувати природоохоронні заходи, а розробка сучасних методів рекультивациі та відновлення агроекосистем дає нам можливість новим підходом підходити до проблеми забезпечення їх сталого розвитку. Також, концепція розвитку екосистем дозволяє нам встановити наукові закономірності їх розвитку, що допомагає оцінити екологічно-стабілізуючу роль складових ґрунтового покриву на аграрних та міських територіях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Результати наукового дослідження отримані в межах програми науково-дослідних робіт на базі Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України та реалізовані у тематиках: «Розробка обчислювальних технологій та методів моделювання для дослідження нестационарних процесів.» (2016-2020 рр., № державної реєстрації РК 0116U000793); «Розробка та аналіз засобів теоретико-ігрового моделювання стратегій збалансованого технологічного розвитку територій» (2016-2020 рр., № державної реєстрації РК 0116U000796); Програма робіт спланована до виконання відповідно до Указу Президента України №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», Закону України «Про основні засади (стратегію)

державної економічної політики України на період до 2020 р.», програми Європейської «Зеленої угоди».

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка та удосконалення методів та моделей геоінформаційних систем для оцінки та прогнозу якості ґрунтів в умовах антропогенного навантаження та підвищення ефективності прийняття управлінських рішень.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- проведення науково-метричного аналізу даних геоінформаційних систем для оцінки та прогнозу ґрунтів на регіональному рівні якості;
- обґрунтування інформаційної бази інструментальних засобів для оцінки та прогнозу якості ґрунтів;
- розробка інструментальної моделі оцінки якості ґрунтів в системі екологічного моніторингу територіальних громад;
- розробка комп'ютерно-математичної моделі динамічної маршрутизації в системі екологічного моніторингу ґрунтів та отримання максимальної інформативності при мінімальному контролі за параметрами;
- розробка ієрархічної моделі оцінки ерозійних процесів;
- проведення обробки експериментальних даних і розрахунків для ідентифікації отриманих результатів, на основі дистанційного зондування Землі, підвищення точності контролю параметрів оцінки якості ґрунтів;

Об'єктом дослідження є процес створення інструментальних моделей для оцінки і прогнозу стану якості ґрунтів, на основі технології геоінформаційних систем.

Предметом дослідження – моделі, методи та інформаційні технології дослідження та прогнозування параметрів предметно-орієнтованої оцінки даних ґрунтового покриття в середовищі геоінформаційних програм і тематичного дешифрування космічних знімків.

Методи досліджень. При вирішенні теоретичних і практичних завдань використовувались класичні методи системного аналізу й синтезу, принципи системного підходу до вивчення оцінки якості ґрунтів, теорії ймовірностей і математичної статистики, рекогносцирування при проведенні натурних експериментів, метод дистанційного зондування Землі та контактні методи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що з метою удосконалення методів та технології тематичної обробки геопросторових і атрибутивних даних оцінки еколого-ресурсного якісного ґрунтового покриття в умовах антропогенного навантаження на основі комплексних теоретичних, практичних і експериментальних досліджень на базі зібраних фактичних даних вперше:

- обґрунтовано наукові та методичні підходи предметно-орієнтованої оцінки даних ґрунтового покриття на регіональному рівні на основі технології геоінформаційних систем і дистанційного зондування Землі з космосу;

- розроблено ієрархічну модель розвитку ерозійних процесів для оцінювання земель сільськогосподарського призначення;

- розроблено методи і моделі ідентифікації техногенезу ґрунтів, із застосуванням дистанційних методів лабораторно-польових вимірювань запропоновано картографічну схему екологічного забруднення ґрунтового покриття Тернопільської області;

- створено інформаційні та картографічні моделі антропогенного навантаження на локальну систему поєднуючи контактні та дистанційні методи, що забезпечують об'єктивність та системний підхід до прогнозування та оцінки ґрунтів.

- вдосконалено основні властивості системи маршрутизації на мережному рівні між вузлами, що взаємодіють та передається окремими пакетами.

Практична значимість роботи:

– результати проведених наукових розробок використано для обґрунтування методики регіонального екологічного моніторингу та концепції екологічної безпеки техноприродного середовища. З практичного погляду методологію дисертанта використано для моделювання екологічно-безпечного розвитку території для органів місцевого самоврядування та Науково-виробничої впроваджувальної фірми «Геотехнологія» для вдосконалення існуючої геоінформаційної системи та еколого-небезпечних заходів та відновлення порушених ґрунтів;

– розроблено карту екологічного стану ґрунтів Тернопільської області на основі розрахунково-графічних методів визначення вмістів хімічних речовин у компонентах довкілля та запропоновано системний підхід підвищення екологічної безпеки території. Матеріали передано в Департамент екології та природних ресурсів Тернопільської області;

– на основі ГІС/ДЗЗ технологій запропоновано для департаменту сільського господарства у Тернопільській області серії поелементних та по компонентних карт екологічного забруднення ґрунтового покриву;

– результати роботи використовуються у Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України при розробленні та аналізі засобів теоретико-ігрового моделювання стратегій збалансованого технологічного розвитку територій;

– результати дисертаційної роботи інтегровані у навчальний процес Національного університету «Києво–Могилянська академія», при викладанні дисципліни «Зелена логістика» та при проведенні магістерських та бакалаврських досліджень по спеціальності «Екологія» (додаток А).

Результати проведених досліджень можуть бути використані при вирішенні завдань прикладного характеру, пов'язаних з геоінформаційними технологіями, охороною і раціональним використанням природних ресурсів, оцінкою якості ґрунтів, як базові матеріали для розробки схем ґрунтового покриття, обґрунтуванні стратегічних пріоритетів розвитку територіальних громад регіону та України загалом.

Особистий внесок здобувача. Проведено аналіз наукових джерел за темою досліджень та участь в експериментальних роботах. Здійснено математичні розрахунки та побудовано математичні моделі прогнозування стану ґрунтового покриття. Особистий внесок здобувача відображено в опублікованих наукових роботах.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи були представлені та обговорені на міжнародних конференціях: XVII, XVIII, IX, XX, XXI Міжнародна науково-практична конференція. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ (м. Київ, Україна, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022), «Сучасні екологічно безпечні та енергозберігаючі технології в природокористуванні» (м. Київ, Україна, 2011); Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (м. Кременчук, Україна, 2012), International Forum on Climate Change and Sustainable Development: New Challenges of the Century (Mykolaiv, 2021), The 2nd JESSD Symposium (School of Environmental Science, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia), Другій міжнародній науково-практичній конференції «Екологія. Ресурси. Енергія» (Київ, 2021).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 22 наукових роботи. З них 7 – у наукових фахових виданнях, 1 – в розділах колективної монографії, 3 статті – у науково метричній базі «SCOPUS» та 11 тез доповідей у наукових конференціях, 1- патент на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 137 найменувань, додатків; містить 27 рисунків і 14 таблиці. Загальний обсяг роботи становить 155 сторінок, серед яких 128 сторінок основного тексту.

РОЗДІЛ 1. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

Аналіз літературних даних, що відносяться до попередніх досліджень у даній області, дозволяє виокремити найвагоміші наукові теоретичні досягнення і практичні результати. Високий рівень техногенного забруднення ґрунтового покриву, який обумовлений впливом різноманітних екологічних та природно-техногенних факторів дозволяє застосувати нові підходи та інформаційні технології для моніторингу та оцінки стану ґрунтового покриву. Для забезпечення більш об'єктивних досліджень використано комплексне поєднання контактних (наземних) та дистанційних методів моніторингу. Розвиток технологій дистанційного зондування Землі та засобів тематичного дешифрування отриманих зображень дозволяє досягти високої точності в оцінці стану ґрунтів. Це сприяє отриманню більш детальної та повної інформації про ґрунтовий покрив та його зміни з часом.

1.1. Наукометричний аналіз дослідження інформаційних технологій якості ґрунтів

Дослідження екологічного стану ґрунтів проводиться з використанням технічних засобів різних рівнів, а також з використанням малої авіації. На сьогоднішній день необхідно проаналізувати міжнародний досвід та існуючі в Україні наукові розробки для впровадження широкого використання даних ДЗЗ в дослідженнях ґрунтового покриву. Для збереження, ефективного використання та відновлення родючості ґрунтів необхідно керуватися існуючою законодавчою базою, яка регламентує основні положення з даних питань:

- "Земельний кодекс України" від 25 жовтня 2001 р. [1].

- Закон України “Про землеустрій” від 22 травня 2003 р. № 858-IV. [2].
- Закон України "Про державний контроль за використанням та охороною земель" від 19 березня 2003 р. № 963-IV. [3].
- Закон України “Про охорону земель” від 19 червня 2003 р. №3962-IV. [4].
- Закон України “Про оцінку землі” від 11 грудня 2003 р. №1378-IV. [5].
- Закон України “Про державну підтримку сільського господарства України” від 24 червня 2004 р. №1877–IV. [6].
- Закон України “Про основні засади державної аграрної політики на період до 2015 року” від 18 жовтня 2005 р. №2982–IV. [7].
- Закон України “Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження родючості ґрунтів” від 04 червня 2009 р. № 1443-VI. [8].
- Постанова Кабінету Міністрів України “ Про затвердження Положення про моніторинг земель” від 20 серпня 1993 р. №661. [9].
- Постанова Кабінету Міністрів України "Про внесення змін до Положення про моніторинг земель" від 26 грудня 2003 р. №2041. [10].
- "Земельний кодекс України" від 25 жовтня 2001 р. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». [11].
- Закон України «Про національну безпеку України».[12].

При аналізі літературних джерел, особливу увагу було приділено роботам, що зосереджувались на проблемі комплексної оцінки антропогенного навантаження на ґрунти [13,14,15,16,17,18].

Значний внесок для вирішення проблем екологічного моніторингу ґрунтів зробили:

Крінов Є.Л. - ще в 1940-х роках проводив фундаментальні дослідження в області спектрометрії (перша спектрометрична класифікація), які стали початком робіт з оптики ландшафтів.

Афанасьєва Т.В. - в 1960-х роках проводила дослідження аерометодів при картографуванні і дослідженні ґрунтів; Frey Н.Т. - *Agricultural Applications Of Remote Sensing: the potential from space platforms*.

В багатьох країнах світу, у 1970-х роках з появою супутникових багато спектральних знімальних систем активізувалися дослідження спектральної яскравості ґрунтів та рослинності. Вченими розглянуто основні напрямки досліджень: Толчельніков Ю.С. – оптичні властивості ландшафту; Федченко П.П., Кондратьєв К.Я., Дмитренко В.Л., Величко В.А., Stewart В.А., Marshall J. К. [19, 20] – спектральна відбивна здатність ґрунтів с/г угідь; Андронніков В.Л. – аерокосмічні дослідження ґрунтів; Виноградов Б.В. – космічні методи землеведення.

Було створено у 1981 році каталог спектральних характеристик ґрунтів, та проаналізовано закономірності зміни спектральної відбиваючої спроможності ґрунтів різних географічних зон, досліджено фактори, які впливають на спектральні відбиваючі властивості ґрунтів: поверхнева структура, ступінь обробки, вологість. Орлов Д.С. – аерокосмічні методи в ґрунтознавстві ; Baumgardner M. F.Stoner E. R., - *Characteristic variations in reflectance of surface soils*. В 1986 рік Клещенком О.Д. - виробниче використання аерокосмічної інформації [21].

З 1990-х років, Красовський Г.Я. – космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом; Розумний І.А. [22] – космічні методи дослідження та картографування ґрунтів; Яковлев Є.О. [23], Рудько Г.І. [24], Тараріко А.Г.[25] – дистанційні методи інвентаризації і моніторингу ґрунтового покриву; Kamio Y., Bajwa S.G., Tian L.F. - *soil fertility characterization heat cultural fields using hyperspectralremotesensing*; Thenkabail P.S. – *Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation*.

В Україні в області космічних досліджень ґрунтів можна відмітити вчених: Лялько В.І.- спектральні характеристики рослинного покриву [26]; Попов М.О. -

прогноз урожаю зернових культур за багатьма спектральними даними ДЗЗ [27]; Мєдведєв В.В., Мирцхулава Ц.Е., Трофимчук О.М., Довгий С.О., Красовський Г.Я., Греков Л.Д. та ін.– космічний моніторинг забруднення земель; Панас Р.М. - космічний моніторинг деградації ґрунтів [28, 29, 30, 31].

Однак, незважаючи на те, що дослідження ведуться вже протягом багатьох років, на сьогоднішній день в Україні відсутня ефективна технологія оцінки впливу антропогенного забруднення ґрунтів, яка б забезпечила: збереження їх родючості, раціональне використання та цілеспрямоване управління технологічним процесом вирощування екологічно чистої с/г продукції [32].

Аналіз сучасного екологічного стану ґрунтів та огляд нормативно-правової бази показав, що в Україні система їх моніторингу та оцінки недосконала. Вона не забезпечує вичерпною інформацією про деградацію ґрунтів та якість вирощеної продукції. Більш детальна увага приділяється інвентаризації земель та моніторингу урожайності. На сьогоднішній день велика врожайність на фоні деградації ґрунтів зумовлена використанням сільськогосподарських культур на генетично-модифікованому рівні, мінеральних добрив та отрутохімкатів [33]. Тому на сьогоднішній день необхідно проаналізувати міжнародний досвід та існуючі в Україні наукові розробки для впровадження широкого використання даних ДЗЗ в сільському господарстві.

При аналізі літературних джерел, особливу увагу було приділено роботам, що зосереджувались на проблемі комплексної оцінки антропогенного навантаження на ґрунти.

1.2. Інформаційні технології оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні.

1.2.1. Аналіз дослідження у сфері дистанційного зондування ґрунтового покриву.

До початку 80-х років в основних космічних державах (США, Франції, СРСР, Індії) у результаті розвитку космічних засобів ДЗЗ, а також національних і міжнаціональних інфраструктур, які забезпечують прийом, обробку і розповсюдження матеріалів природно-ресурсних космічних зйомок, розпочала функціонування в рамках системи моніторингу навколишнього середовища підсистема аерокосмічного моніторингу [34, 35].

Дослідження у сфері ДЗЗ в Україні є досить актуальним напрямком в космічній галузі. Перша державна космічна програма України була ухвалена в 1993 році, метою якої було збереження наукового і виробничого потенціалу космічної галузі та створення умов для виходу України на міжнародний ринок космічних послуг .

Ера українського ДЗЗ розпочалася після запуску у 1995 році першого національного КА «Січ-1», який було обладнано засобами ДЗЗ в оптичному та радіодіапазоні. 17 серпня 2011 року було здійснено запуск українського КА «Січ-2». Його було оснащено оптико-електронними пристроями, що працюють у 5 спектральних діапазонах.

У 2013 році було прийнято V Загальнодержавну цільову науково-технічну космічну програму України на 2013-2017 роки, згідно якої планувався запуск українських супутників ДЗЗ: «Січ-2-1», «Січ-2М» з просторовим розрізненням 2,5 метри та «Січ-3Р» обладнаний сучасним радіолокатором із синтезованою апертурою. Дана програма повинна забезпечити вирішення загальнодержавних

завдань з моніторингу природних ресурсів, антропогенного навантаження, міжнародного співробітництва в галузі ДЗЗ для дослідження екологічних проблем та співпраці в міжнародних програмах дослідження Землі [36].

Внаслідок зростання негативного впливу людей на довкілля виникає необхідність в організації періодичних та безперервних довгострокових спостережень, проведення екологічної оцінки стану навколишнього середовища. Першочергове місце займають спостереження за земельними ресурсами, як складової частини довкілля. Екологічний стан земельних ресурсів контролюється як навколо окремих об'єктів-забруднювачі, так і в межах регіонів, країн та континентів. Космічні дослідження та спостереження склали систему екологічного моніторингу земельних ресурсів, основною метою якого є об'єктивна оцінка їх екологічного стану у межах територій, які досліджуються для швидкого та правильного прийняття рішень, щодо охорони ґрунтів, раціонального використання та попередження негативних наслідків [37, 38].

1.2.2. Функції та платформи синтезу геомоделі дієвого сезонного еколого-ресурсного моніторингу сільськогосподарських земель

В Україні на першому місці стоять проблеми моніторингу стану природних ресурсів і екологічного контролю над їхнім використанням, аналізом стану ґрунтово-ландшафтних; комплексів в умовах антропогенного впливу (аномальна розораність до 60%), але більшість досліджень в області екології та оцінки якості ґрунтів базується на контролі за допомогою інформаційних технології. При проведенні оцінки порушеності ґрунтового покриву із застосуванням дистанційних методів вирішуватися завдання:

- виявлення ділянок забруднення нафтою, нафтопродуктами і іншими небезпечними речовинами;
 - виділення ділянок з різним ступенем засолення ґрунтів та причин їх деградації;
 - виявлення солончакових масивів та порушення рослинного покриву;
- (рис.1.1).

Тематична обробка космічних знімків в середовищі сучасних ГІС – платформ синтезує інформаційно-аналітичні геомоделі, які дозволяють реалізувати наступні завдання:

- отримати об'єктивні оцінки розораності визначених ділянок територій суб'єктів адміністративного устрою держави;
- отримати оцінки показників родючості ґрунтів;
- відстежити динаміку процесів вітрової та водної ерозії ґрунтів;
- обґрунтувати оптимальний, або ефективний склад заходів по поліпшенню родючості ґрунтів у межах визначених земельних масивів;
- визначити сезонну або багаторічну динаміку вмісту гумусу в ґрунті;
- проводити інвентаризацію та контроль сівозмін;
- виконувати інвентаризацію топографічних параметрів визначених земельних масивів;
- отримувати оцінки стану с/г культур у періоди несприятливих метеорологічних умов;
- забезпечити функції дієвого сезонного моніторингу сільськогосподарських земель, основні завдання якого полягають у:

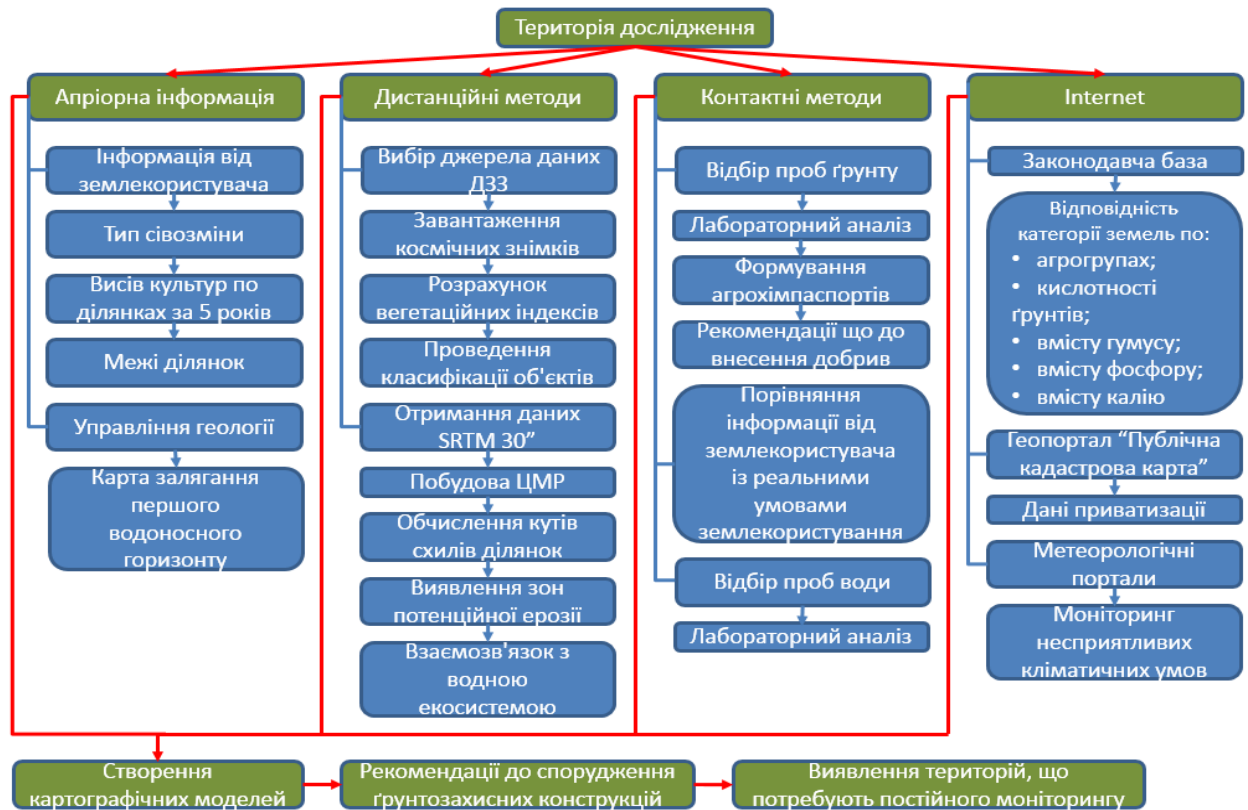


Рис. 1.1. Структурна схема проведення моніторингу та оцінки ґрунтового покриву

Жовтень–березень:

1. Вивчення динаміки снігового покриву.
2. Прогноз вимерзання озимих.
3. Оцінка повеневої ситуації.

Квітень–травень:

1. Визначення площі пашні під озимими культурами.
2. Оцінка площ деградованих і загиблих озимих.
3. Визначення площ під монокультурами.
6. Визначення просторового розподілу вологості ґрунтів.
7. Визначення температури визначених ділянок підстильної поверхні.

Червень–липень:

1. Оцінка стану сходження культур.
3. Визначення площ не зайнятих сільськогосподарськими культурами.
4. Виявлення ареалів враження зернових культур у наслідок стихійних явищ (град, зливи, урагани, засуха, пожежі).
5. Прогнозування і попередня оцінка середньої врожайності з окремих земельних масивів.
6. Оперативна оцінка стану і маси фітоценозів.
7. Визначення контурів ділянок земельних масивів для оптимізації внесення добрив.

Серпень–вересень:

1. Моніторинг робіт по збору урожаю.
2. Оцінка готовності угідь до наступного сезону (вологозапас, температура і ін.).

Космічні методи дають можливість досліджувати об'єкти земної поверхні дистанційно. Такі дослідження називаються дистанційними. Вони ґрунтуються на реєстрації випромінювання, що йде від Землі - її власного випромінювання, відбитих нею сонячних променів або відбитого штучного опромінення земної поверхні (радіохвильового, лазерного). У результаті отримують знімок - двовимірне зображення, яке представляє найбільш універсальну форму реєстрації випромінювання, що несе географічну інформацію про об'єкти, які досліджуються[39].

При сучасних аерокосмічних дослідженнях спектр електромагнітних хвиль коливається від 0,4 мкм до 3.2 мкм - від ультрафіолетових до ультракоротких радіохвиль.

Діапазони оптичних хвиль, які використовуються при ДЗЗ:

1. Оптичний (0,4-0,75 мкм):

- фіолетовий (0,38-0,45 мкм);

- блакитний (0,45-0,48);
- синій (0,45-0,51);
- зелений (0,52-0,58);
- жовтий (0,58-0,60);
- помаранчевий (0,62-0,65);
- червоний (0,66-0,75).

2. Інфрачервоний (0,75-1000 мкм):

- ближній ІЧ (0,75-1,3);
- середній (1,3-3 мкм);
- дальній (тепловий) інфрачервоний (3-1000 мкм).

3. Мікрохвильовий (1-10 000 мм):

- Х-діапазон - 3 см;
- С-діапазон - 5,6 см;
- L-діапазон - 23 см.

Приймачі випромінювання, чутливі до променів різних спектральних діапазонів, дають інформацію про різні характеристики об'єктів. Найбільш широко використовуються приймачі відбитого сонячного випромінювання, які реєструють його різну інтенсивність залежно від спектральної відбивної здатності об'єктів, які досліджуються і в зв'язку з цим ми отримуємо різні зображення цих об'єктів на знімках.

1.3. Математичні моделі спектральної яскравості ґрунтового покриття

Розглянемо фізичні основи формування інформативного сигналу ДЗЗ в оптичному діапазоні.

Під коефіцієнтом коефіцієнтом спектральної яскравості (КСЯ) розуміється взаємодія випромінювання в оптичному діапазоні із площею зондування. В

експериментальних дослідженнях коефіцієнт спектральної яскравості ρ – характеризує просторовий розподіл спектральної яскравості підстильної поверхні, та рівняється відношенню яскравості досліджуваної поверхні в заданому напрямку $B(\lambda)$ до поверхні розсіювання $B_0(\lambda)$ з коефіцієнтом відбиття, що дорівнює одиниці:

$$\rho_\lambda = \frac{B(\lambda)}{B_0(\lambda)} \quad (1.1)$$

За ідеальний розсіювач зазвичай беруть території, що розсіюють всі довжини хвиль спектра, наприклад, водні поверхні.

Для визначення коефіцієнта спектральної яскравості необхідно спочатку розрахувати спектральну яскравість кожного пікселя L_λ .

Космічний знімок, коли в нього введені геодезичні координати земельної ділянки, може надати точне місце розташування об'єкта та допомогти в цільовому її використанні. Ця інформація є важливою для багатьох аспектів, зокрема для надання кадастрового номера земельній ділянці під час оформлення права власності чи користування.

Для космічних знімків, які отримані за допомогою спеціальної знімальної апаратури різних КА вона вираховується за різними формулами враховуючи умови зйомки:

$$\text{IRS-P6 (LISS-III, AWiFS):} \quad L_\lambda = DN * \frac{L_{\max_\lambda} - L_{\min_\lambda}}{255 + L_{\min_\lambda}}, \quad (1.2)$$

$$\text{Landsat-7 (ETM+):} \quad L_\lambda = \frac{L_{\max_\lambda} - L_{\min_\lambda}}{Q_{cal \max} - Q_{cal \min}} * (Q_{cal} - Q_{cal \min}) + L_{\min_\lambda}, \quad (1.3)$$

$$\text{Landsat-8(OLI):} \quad L_\lambda = M_L * Q_{cal} + L, \quad (1.4)$$

де: M_L - коефіцієнт калібрування (метадані `RADIANCE_MULT_BAND_x`, x - номер зони), L - калібрувальний коефіцієнт яскравості (метадані `RADIANCE_ADD_BAND_x`, x - номер зони).

Rapid-L:
$$L_\lambda = \frac{Q_{cal}}{100}, \quad (1.5)$$

де: Q_{cal} - яскравість пікселя, Q_{calmax} = максимальна яскравість пікселя, L_{max} , L_{min} = калібрувальні коефіцієнти яскравості.

Astra 4A:
$$L_\lambda = (Q_{cal} - 1) * U_{cc}, \quad (1.6)$$

де: U_{cc} – коефіцієнт перерахунку яскравості пікселя (табл. 1.4).

QuickBird:
$$L_\lambda = \frac{Q_{cal}}{\Delta\lambda} * U_{cc} \quad (1.7)$$

де $\Delta\lambda$ - ефективна пропускна спроможність [мкм].

Коефіцієнт спектральної яскравості):
$$\rho_\lambda = \frac{\pi * L_\lambda * D^2}{ESUN_\lambda * \cos \theta} \quad (1.8)$$

де: $\pi=3,14159265$ – математична константа, $\cos\theta$ - косинус зенітного кута сонця дорівнює $\cos(90^\circ - \text{висота сонця})$, D^2 - квадрат відстані міжземлею і сонцем в астрономічних одиницях (табл. 1.2), $ESUN_\lambda$ – середнесонячне випромінювання (табл. 1.1.).

Таблиця 1.1

Коефіцієнт перерахунку яскравості пікселя

№ каналу	Коефіцієнт перерахунку ($W * m^2 * SR^{-1} * mkm^{-1}$)
1	1,688
2	1,415

3N	0,862
3B	0,862
4	0,2174
5	0,0696
6	0,0625
7	0,0597
8	0,0417
9	0,0318
10	0.006822
11	0.006780
12	0.006590
13	0.005693
14	0.005225

Таблиця 1.2

Відстань між землею і сонцем в астрономічних одиницях

День в році	Відстань	День в році	Відстань	День в році	Відстань
1,365	.9832	121	1.0076	242	1.0092
15	.9836	135	1.0109	258	1.0057
32	.9853	152	1.0140	274	1.0011
46	.9878	166	1.0158	288	.9972
60	.9909	182	1.0167	305	.9925
74	.9945	196	1.0165	319	.9892
91	.9993	213	1.0149	335	.9860
106	1.0033	227	1.0128	349	.9843

Дистанційний космічний моніторинг сільськогосподарських угідь зводиться до ідентифікації на аерокосмічних зображеннях різних типів земель та їх стану за коефіцієнтами інтегральної чи спектральної яскравості. У разі, коли застосовують тільки один спектральний канал зйомки (наприклад, панхроматичний знімок), дані ДЗЗ дають змогу ідентифікувати тільки ті типи, що різняться за значеннями інтегральних КЯ [40].

Таблиця 1.3

Середнє сонячне випромінювання

Landsat-4, 5, 7			IRS			Rapid Eye
№ каналу	TM	ETM+	LISS-IV	LISS-III	AWIFS	
	watts/(meter*squared* μ m)		watts/(meter*squared* μ m)			
1	1957	1969,0	-	-	-	1950
2	1825/1826	1840,0	1853,6	1846,77	1849,82	1815
3	1557/1554	1551,0	1581,6	1575,50	1579,37	1566
4	1033/1036	1044,0	1114,3	1007,34	1075,11	1352
5	214,9/215	225,7	-	236,65	235,83	1121
7	80,72/82,67	82,07	-	-	-	-
8	-	1368,0	-	-	-	-

Основні оптично активні компоненти ґрунтів – гумусові речовини, оксиди заліза, світло забарвлені мінеральні сполуки. Їхні спектральні властивості розглянуто в працях [41]. Для гумусових речовин (гумінові кислоти і сульфокислоти) характерна низька відбивна здатність. Це приводить до зниження інтегральних КЯ зі збільшенням концентрації гумусу. Для фульвокислот характерне підвищене відбивання в зеленій і червоній ділянках спектра.

На сьогоднішній день накопичено експериментальні дані про спектральні залежності для різних типів підстильних поверхонь, складено каталоги спектральних відбивних характеристик природних об'єктів [42].

Значення коефіцієнтів спектральної яскравості представляють у вигляді графіка - кривої спектральної яскравості. На його горизонтальній осі позначені довжини хвиль електромагнітного спектру, на вертикальній - коефіцієнти спектральної яскравості.

На основі спектральної яскравості об'єктів засновані різні способи і прийоми отримання аерокосмічних знімків (багатозональна, гіперспектральна зйомка) і їх обробки, у тому числі і автоматичне розпізнавання об'єктів по знімках. Одним із завдань аерокосмічних методів є вивчення спектральної відбивної здатності ґрунтів. Основний шлях вивчення спектральної відбивної здатності -

експериментальний при проведенні лабораторного, польового або аерокосмічного спектрометрування.

По спектральній яскравості у видимому діапазоні, де проводились експериментальні дослідження, покрив ґрунтової поверхні чітко ділиться на декілька класів, для кожного з яких характерний свій вигляд кривої спектральної яскравості (рис. 1.2).

I клас (гірські породи та ґрунт) характеризується збільшенням коефіцієнтів спектральної яскравості із наближення до червоної зони спектру. Спектральна яскравість гірських порід залежить від мінералів і елементів, які входять до їх складу, а ґрунтів - від вмісту сполук заліза і гумусу. Різні мінерали характеризуються наявністю смуг поглинання на певних довжинах хвиль в середньому інфрачервоному діапазоні[43].

На спектральні характеристики ґрунтів також впливають опади (спектральна відбивна здатність вологих ґрунтів менша), що найбільш помітно в червоній частині спектру (рис. 1.2).

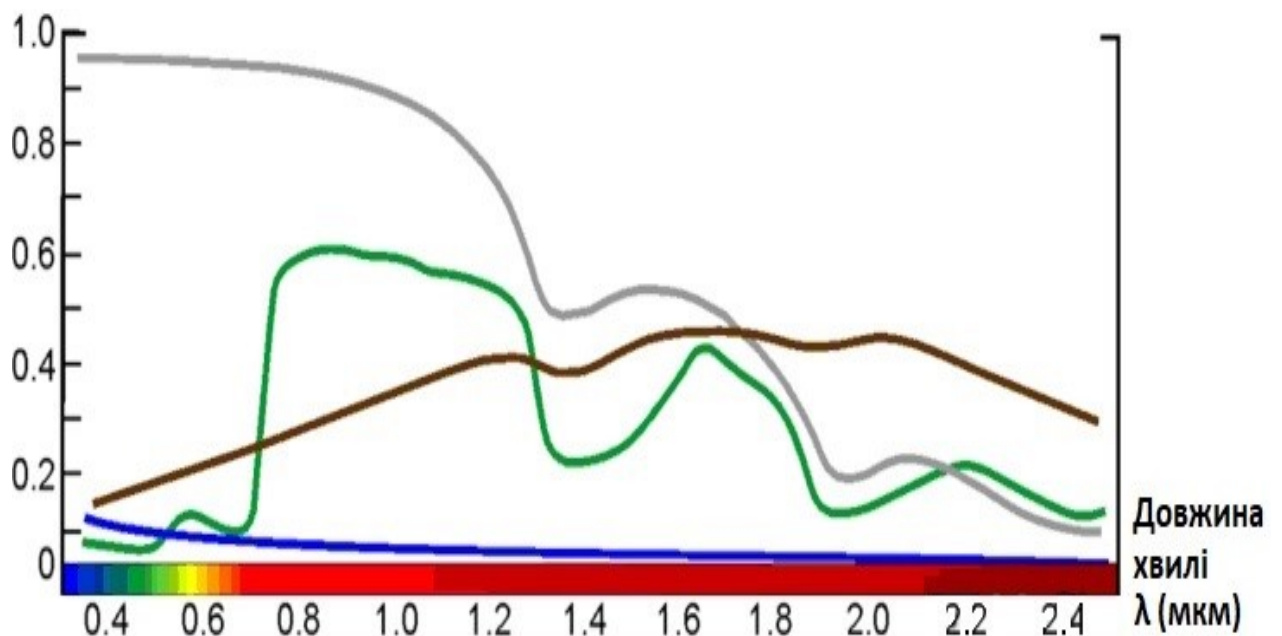


Рис. 1.2. Схематизовані криві спектральної яскравості основних класів природних об'єктів: I - гірські породи та ґрунт; II - рослинний покрив; III - сніжний покрив; IV - водні поверхні

II клас (рослинний покрив) відрізняється характерним максимум спектральної яскравості (із збільшенням відбивної здатності) в зеленій (0,55 мкм), мінімумом - у червоній (0,66 мкм) і різким збільшенням відбивання в ближній інфрачервоній зоні. Великі коефіцієнти яскравості в ближній інфрачервоній зоні пояснюються пропусканням цих променів хлорофілом і відбиванням їх від внутрішніх тканин листя[43].

Спектральні характеристики рослинності, як правило, змінюються на протязі вегетаційного сезону. Рослинність являється найбільш чутливою компонентою природних екосистем і відповідно, і на її спектральні характеристики сильний вплив мають як довгочасові природні фактори (кліматична зона, ландшафт, тип ґрунту і т.д.), так і коротко часові погодні (опади, коливання температури, сонячна радіація, мінеральні добрива і т.д.). Достатня кількість опадів і тепло сприяє швидкому росту біомаси, недостатня кількість – висихання, надмірна - вимокання.

1.4. Моделювання комп'ютерних мереж при моніторингу ґрунтів

З огляду на важливість проблеми оцінки ґрунтового покриву розробкою теоретичних засад та практики моделювання комп'ютерних мереж займалися Зайченко Ю.П., L. Kleinrock, Lucas G., Philips G., Cuevas R., Kamio Y., Renard K.G., Metzner J.J., та інші [43, 44, 45, 46]. В наукових працях вирішено важливу задачу оцінки затримок в розосереджених комп'ютерних мережах шляхом аналітичного моделювання процесів передачі потоків даних в таких мережах [47]. Контроль за станом мережі мають оперативну інформацію про стан обробки пакетів даних на кожному вузлі та стан і завантаженість кожного каналу зв'язку. В роботах Алішева Н.І. зокрема, розглянуто модель системи передачі пакетів даних моніторингу ґрунтового покриву в мережах з комутацією пакетів. Топологія

мережі задається в графічному режимі, але деякі середовища системи підтримують вхідні дані також і в спеціальних текстових форматах (рис.1.3).

В роботі, враховуючі високий рівень техногенних порушень ґрунтового покриву території досліджень вдосконалено основні властивості системи (рис.1.3):

- дані моніторингу між вузлами, що взаємодіють, передається окремими пакетами;
- з точки зору приймання пакетів даних хост-приймач працює аналогічно комутатору;
- під час моніторингу передача масиву даних здійснюється в сеансовому режимі, за запитом однієї з сторін та завершується по завершенні передачі всіх пакетів запитаного масиву даних;

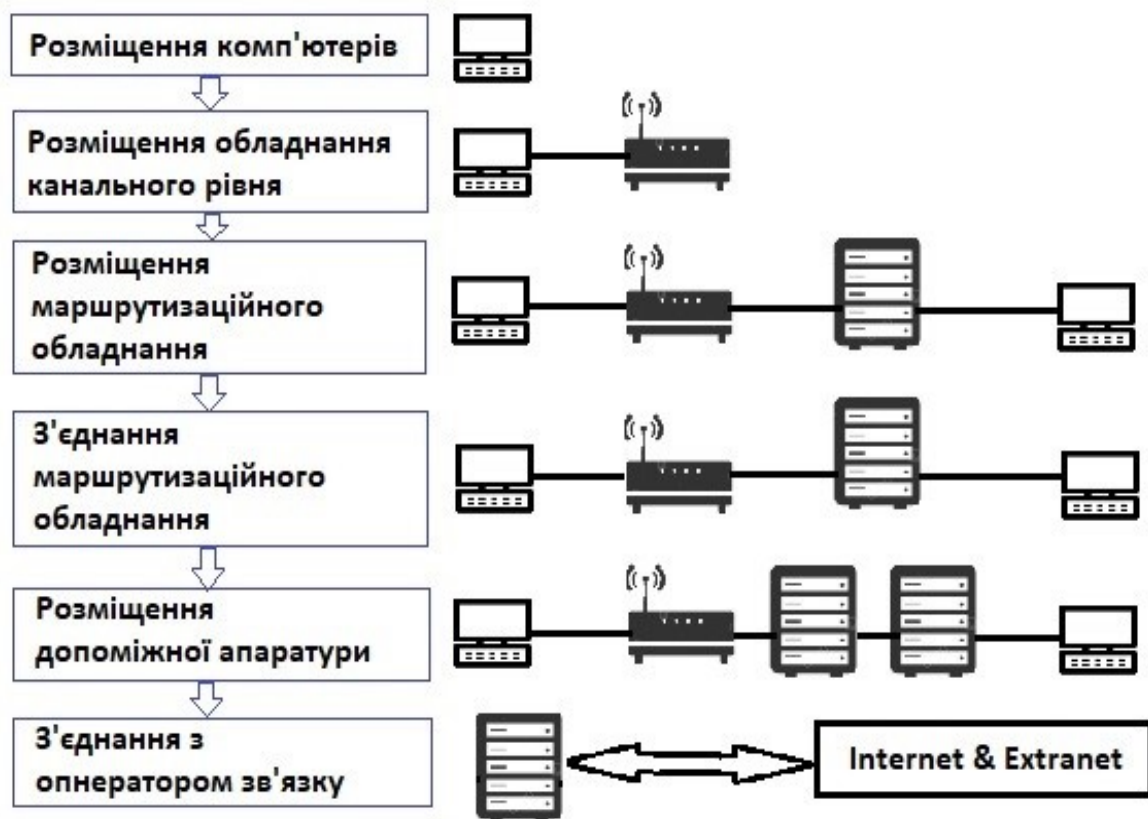


Рис. 1.3. Маршрутизації на мережному рівні

- кількість комутаторів на шляху транспортування пакетів залишається постійним в рамках даного сеансу, але може змінюватися від сеансу до сеансу;

Висновки до розділу 1

1. Проведено наукометричний аналіз дослідження інформаційних технологій якості ґрунтів, який дозволив визначити основні чинники антропогенних забруднень ґрунтів на регіональному рівні.

2. Проаналізовано міжнародний досвід та існуючі в Україні наукові розробки та нормативно-правову базу для впровадження широкого використання даних ДЗЗ в дослідженнях ґрунтового покриву.

3. Визначено основні вимоги, які висуваються до космічних знімків (просторове, спектральне та часове розрізнення) та основні завдання сезонного моніторингу сільськогосподарських земель.

4. Проаналізовано закономірності зміни спектральної відбиваючої спроможності ґрунтів різних географічних зон, досліджено фактори, які впливають на спектральні відбиваючі властивості ґрунтів: поверхнева структура, ступінь обробки, вологість.

5. Вдосконалено основні властивості системи маршрутизації на мережному рівні між вузлами, що взаємодіють та передається окремими пакетами.

РОЗДІЛ 2. КОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

Оцінка стану ґрунтового покриву, вивчення й картографування змін у процесах природокористування та антропогенного впливу на природу, завдання моніторингу ґрунтового покриву значною мірою пов'язані з побудовою карт динаміки. Основою методів їх створення у системі космічного моніторингу є зіставлення різночасових космічних знімків, які фіксують стан об'єкта дослідження на різні дати. Реалізація цих методів спрямована на забезпечення точного просторового суміщення матеріалів, отримання з них динамічної інформації і потребує вибору відповідної технології обробки даних.

Комплексна технологія використання даних ДЗЗ для оцінки стану ґрунтового покриву є системою, що базується на послідовній обробці даних ДЗЗ за допомогою основних функціональних підсистеми: введення, збереження, обробка та представлення результатів.

2.1. ДЗЗ в сфері регіонального моніторингу ґрунтового покриву

2.1.1. Дистанційні методи моніторингу ґрунтового покриву

Усі дистанційні методи можна поділити на дві великі групи: аерокосмічні та геофізичні.

Метод дистанційного зондування Землі належить до аерокосмічних дистанційних методів моніторингу. Він розвивається вже понад півтора століття. Початок ДЗ поверхні Землі за допомогою приладів пов'язують з першим її фотографуванням із повітряної кулі фотокамерою (Франція, 1850-ті роки). Розвиток космічного напрямку ДЗ, який сьогодні є основним, розпочався із запуску

першого в світі штучного супутника Землі у 1957 р. Першим супутником, створеним спеціально з метою отримання даних про поверхню Землі та природні ресурси, став ERTS-1 (1972 р.), пізніше перейменованій на Landsat-1.[48].

Сьогодні дослідження Землі з космосу набувають всеосяжного характеру. Цілу низку супутників, оснащених приладами ДЗ (радіолокаторами, скаттерометрами, радіометрами, оптичною технікою), виведено на орбіту спеціально для отримання різнобічної інформації для проведення природо-ресурсних досліджень, оцінки стану навколишнього середовища [49, 50].

Пришвидшений розвиток технологій космічних спостережень створює передумови для широкого впровадження методу ДЗЗ, що характеризується низкою переваг порівняно з іншими методами моніторингу природних ресурсів.

Очевидними перевагами даних, отриманих методом дистанційного зондування, є:

- висока інформативність; оглядовість, безперервність, наочність, необхідна детальність;
- природна генералізація; об'єктивність;
- оперативність, швидкість;
- можливість отримання інформації про важкодоступні райони;
- переважне використання цифрових засобів отримання, обробки інформації в середовищі ГІС.

Ці переваги найвідчутніші у сфері глобального моніторингу також у сфері національного моніторингу держав, що розташовані на великих територіях. Проте при регіональному моніторингу для вирішення конкретних завдань, методи ДЗЗ можуть успішно доповнювати контактні методи вимірювань і навіть конкурувати з ними за інформативністю.

Дистанційне зондування (remotesensing, remotesurveying, RS) - процес отримання інформації про поверхню Землі (чи інших космічних тіл) та об'єкти, розміщених на її поверхні або в надрах, дистанційними методами [51, 52, 53].

Носієм інформації про об'єкти моніторингу при цьому є їх власне та відбите випромінювання. Характеристики випромінювання, які фіксуються в процесі ДЗ, залежать від просторового положення, властивостей і станів об'єктів моніторингу й тому забезпечують їх дистанційну ідентифікацію.

За допомогою приладів ДЗ отримують дані вимірювань спектрального випромінювання об'єктів моніторингу у вигляді космічних знімків. Якщо вимірювання ведуть у кількох різних частинах електромагнітного спектра - спектральних зонах, то отримані космічні знімки називають багатозональними.

Космічні знімки (космознімки) об'єктів моніторингу – це насамперед інформаційні моделі. Вони містять різноманітні дані про їх просторовий розподіл, взаємозв'язки, стан, зміни в часі тощо. Ефективне використання космознімків потребує знання їхніх інформаційних властивостей та спеціальних засобів видобування з них необхідної інформації [54, 55].

Основні характеристики космознімків: діапазон довжини хвиль, в якому здійснюється зйомка; масштаб зображення; охоплення території; роздільна здатність.

З позицій системного підходу ДЗ природних ресурсів є системою з фізичними полями власного й відбитого випромінювання об'єктів моніторингу на вході та компонентами дистанційної основи карт природоресурсного змісту на виході. Внутрішня структура системи ДЗ визначається сукупністю взаємозв'язків її основних підсистем, а саме: підсистеми отримання даних ДЗ, підсистеми обробки даних ДЗ, підсистеми інтерпретації даних ДЗ. Розвиток кожної з них визначається рівнями розвитку окремих галузей науки і техніки, які є зовнішніми системами по відношенню до ДЗ природних ресурсів: космонавтика й приладобудування -

зовнішні системи по відношенню до підсистеми отримання даних ДЗ; електронно-обчислювальна техніка, комп'ютерні технології обробки інформації - зовнішні по відношенню до підсистеми обробки даних ДЗ; науки про Землю - зовнішні по відношенню до підсистеми інтерпретації даних ДЗ [56,57]. Нерівномірність розвитку зовнішніх систем обумовлює нерівномірність розвитку внутрішніх підсистем ДЗ природних ресурсів, а отже, й виникнення внутрішніх протиріч - рушійних сил розвитку будь-якої системи.

Поява глобальної комп'ютерної мережі Інтернет, розробка передових інформаційних технологій, зокрема ГІС, обумовили пришвидшений розвиток підсистеми обробки даних ДЗ. Зростання функціональних можливостей цієї підсистеми відкрило новий етап розвитку космічного моніторингу природних ресурсів, особливістю якого є широке використання телекомунікаційної інфраструктури, а також гіпер-текстових і інтерактивних інформаційних технологій, вкрай перспективних у космічному моніторингу стану ґрунтового покриву. Визначальною є також проблема інтегрування даних космічного моніторингу з усіма існуючими системами збору екологічних даних та відповідними інформаційними потоками, створення централізованої бази даних, єдиного інформаційного простору комплексної системи моніторингу природних ресурсів [58].

2.1.2. Задачі, які вирішуються з використанням космічних знімків

Використання багатоспектральних систем для моніторингу ґрунтового покриву обумовлене необхідністю отримання додаткової інформації про об'єкти, що досліджуються, але багатоспектральні датчики мають меншу пропускну здатність (світлосилу) і великий миттєвий кут огляду, у порівнянні з панхроматичними, що зменшує їх роздільну здатність. Тому багатоспектральні

системи оснащені набором спектральних каналів з поєднаним панхроматичним каналом більш високого просторового розрізнення, що дозволяє, використовуючи відповідні алгоритми, об'єднувати ці дані та отримувати композитний знімок вищої роздільної здатності.

Дані з метеорологічних супутників дозволяють виконувати глобальний моніторинг погодної обстановки. Інформація, зібрана полярно-орбітальними супутниками NOAA, можуть бути використані для різних цілей, включаючи прогноз погоди, спостереження за кліматичними змінами, визначення морських температур, оцінку врожайності та багато іншого. Спектральні дані, отримані від AVHRR, можуть використовуватись для визначення вегетаційного покриву, вологості ґрунту, концентрації хлорофілу та інших параметрів, що стосуються рослинного покриву. Ці дані є важливим джерелом інформації для дослідників, науковців і метеорологів, які використовують їх для аналізу та спостереження за земними процесами та явищами. [59].

Космічні знімки з супутників NOAA (датчик AVHRR) заходять широке використання у різноманітних сферах, таких як екологія, метеорологія, сільське та лісове господарства, а також в океанології і гідрології [60, 61].

У сфері екології використання космічних знімків з супутників NOAA спрямовано на:

- виявлення великих промислових викидів та моніторинг їх подальшого поширення;

- виявлення великих скидів у водойми забруднюючих речовин;

- виявлення та оцінку масштабів катастрофічних повеней;

- моніторинг великих регіонів з метою виявлення небезпечних джерел забруднення;

- моніторинг пилових бур.

У сфері метеорології космічні знімки можуть використовуватися для рішення наступних задач:

відновлення вертикального профілю температури і вологості атмосферного повітря;

оперативний прогноз ділянок сильного циклогенезу;

візуальне відображення стану погоди і складання синоптичних карт;

оцінка стану і контроль динаміки снігового покриву.

У сільському і лісовому господарстві космічні знімки з супутників NOAA можуть використовуватися для контролю виникнення та розповсюдження лісових і степових пожеж [62, 63, 64, 65].

2.1.3. Визначення цільових даних космічних зйомок

Космічні зображення, що використовуються в інформаційних системах, мають цифрове представлення і формуються за допомогою дискретизації і квантування безперервного сигналу, який надходить на вхід реєструючого пристрою (багатоканального сканера або сенсора). Дискретизація полягає в заміні неперервних просторових і часових координат зображення кінцевою множиною дискретних значень на основі прямокутного растра. Квантування здійснюється за допомогою заміни безперервного сигналу спектральної енергетичної яскравості кінцевою множиною дискретних градацій (як правило, в діапазоні [0 ... 255]). Різноманітність властивостей об'єктів ґрунтового покриву обумовлює неоднаковість значень їх коефіцієнтів відбиття в різних діапазонах електромагнітного спектру. У випадку, якщо реєстрація зображення проводиться в 3-10 діапазонах (каналах), зображення є багатоспектральні.

Нехай $F^*_{t_m}$ – безперервне зображення, зареєстроване в момент часу t_m ($m = 1, \dots, M$ – номер моменту часу реєстрації зображення). Виконання операцій

дискретизації і квантування дозволяє перейти від безперервного зображення до відповідного йому дискретного F_{t_m} розміром $I \times J \times L$, де I – кількість строк, J – кількість стовпців, L – кількість каналів; $f_{t_m}(i, j, k)$ – спектральна енергетична яскравість растрового зображення $F(t_m)$ в пікселі з координатами (i, j, k) , $(i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, J, k = 1, \dots, L)$:

$$f_{t_m}(i, j, k) = f_{t_m}^*(i \cdot \Delta i, j \cdot \Delta j, k \cdot \Delta k), \quad (2.1)$$

де Δi , Δj – кроки дискретизації по рядках і стовпцях; Δk – спектральна роздільна здатність (ширина діапазону довжин хвиль реєстрованого випромінювання).

Крок дискретизації визначає просторову роздільну здатність – мінімальний розмір елемента земної поверхні, помітного на зображенні (вимірюється в одиницях довжини).

2.2. Аналіз методів ідентифікації забруднень ґрунтового покриву

Застосування космічних знімків у дослідженнях стану ґрунтового покриву дозволяє підвищити ефективність моніторингу. Комплексні дослідження ґрунтів та їх забруднень проводяться Національним космічним агентством України, Міністерством оборони України. Ці роботи можна розділити на декілька напрямків [66, 67].

Перший напрямок – біофізичні дослідження ґрунтового покриву - розробляє наукове обґрунтування стабільного використання ґрунтів, біоресурсів, здійснює комплекс природоохоронних досліджень та його просторово-часові зміни [68, 69].

Другий напрямок – створення наукових основ моніторингу ґрунтового покриву проводять комплексні екологічні дослідження з метою створення

наукових основ для раціонального використання ресурсів і попередження негативних результатів антропогенного впливу на ґрунтове середовище [70].

Незважаючи на те, що за багато років експлуатації штучних супутників Землі накопичений значний досвід застосування космічної інформації ДЗЗ при вирішенні природоохоронних задач, роботи з удосконалення методів дешифрування космічних знімків тривають і тепер. Досліджуються різні інформативні ознаки, розробляються нові методи дешифрування матеріалів космічних зйомок тощо [71].

Третій напрямок – дослідження ґрунтового покриву за матеріалами космічних зйомок. Системні дослідження в області космічного ґрунтознавства, а також розробка технологій обробки космічної інформації.

Четвертий напрямок – класифікація забруднень ґрунтового покриву вивчають багаторічні тенденції мінливості інтегральних показників інтенсивності циркуляції та параметрів структури ґрунтів під впливом техногенних забруднень. Також проводиться діагностика сучасного стану антропогенного забруднення ґрунтового покриву [72].

П'ятий напрямок – експериментальні дослідження забруднень ґрунтового покриву.

Велика кількість досліджень присвячена порівняльному аналізу даних контактних вимірів і даних ДЗЗ. Наприклад, порівняння результатів контактних вимірів і кількісних оцінок розподілу концентрації забруднень за матеріалами космічних зйомок розглянуті у роботах [73, 74]. Для таких оцінок пропонується використати штучне еталонування. В [75] наведені результати експерименту, проведеного в Тернопільській області, де синхронно з космічною зйомкою відбиралися проби ґрунту, води для виміру загальної концентрації зважених речовин. У наших роботах [76, 77] проводились порівняння результатів наземних вимірів з параметрами космічних зображень методами парного нелінійного

кореляційного і регресійного аналізу. Розглянуті також інші джерела забруднення ґрунтового покриву – поверхневий стік зурбанізованої території, промислові скидання [78]. Незважаючи на те, що у роботах по розглянутому напрямку досліджень охоплений широкий спектр джерел забруднення, а також особливостей використання картосхем розподілу забруднень, характеристики джерел забруднень різних типів залишилися недостатньо вивченими. Це ускладнює аналіз космічних зображень у реальному часі при відсутності апріорної інформації про типи забруднень та їх локалізації [79].

Аналіз результатів розробок провідних спеціалістів дозволив виділити задачі космічного моніторингу ґрунтового покриву, які потребують детального вивчення. Однією з важливих задач є класифікація зображень ДЗЗ.

Моніторинг ґрунтового покриву базується на визначенні аномальних процесів на поверхні ґрунту та дослідженні їх просторово-часової динаміки розвитку. Просторова роздільна здатність визначається задачами, що вирішуються. При ідентифікації ерозії ґрунтів більш ефективним є застосування знімків як середньої, так високої роздільної здатності А для визначення процесу підтоплення доволі часто достатньо проаналізувати знімки низької роздільної здатності. Таким чином, характеристики даних ДЗЗ визначаються поставленою задачею. В результаті проведених досліджень визначено вимоги до знімків (з точки зору задач, що вирішуються):

- для визначення процесу “цвітіння” води достатньо застосовувати знімки низького просторового розрізнення в одному або декількох спектральних каналах, уточнення контурів ділянки, що цікавить, можливо проводити за даними середньої та високої роздільної здатності;

- аналіз підтоплення вимагає даних середнього та високого просторового розрізнення, але для визначення місцеположення цього процесу можливо застосовувати дані низького просторового розрізнення;

- ідентифікація точкових елементів забруднень (наприклад, річковий стік) може ідентифікуватися при застосуванні матеріалів низької роздільної здатності , якщо протяжність більше ніж 1 км;

- для визначення місцеположення та аналізу розповсюдження дифузних джерел забруднення сільськогосподарських угідь) необхідно застосовувати знімки середнього та високого просторового розрізнення;

- дешифрування космічних знімків з метою ідентифікації джерел забруднень необхідно проводити із застосуванням даних ДЗЗ високого просторового дозволу.

Таким чином, проаналізувавши можливості матеріалів космічної зйомки для вирішення задач моніторингу ґрунтового покриву можливо виділити декілька напрямків застосування знімків низької роздільної здатності: ідентифікація та аналіз процесу ерозії; ідентифікація та первинний аналіз точкових джерел забруднень морів.

В основу алгоритму класифікації даних ДЗЗ покладено яскравісні характеристики отриманих даних. На багатоканальних космічних знімках яскравісні характеристики виявляють неоднорідність поверхневого шару ґрунтового покриву за різними ознаками – це може бути хімічний склад ґрунту, щільність мікрочасток, температурні розрізнення та ін [80].

Алгоритм класифікації складається з основних та допоміжних етапів. Основними є наступні етапи:

- побудова гістограми зображення з метою визначення розподілення яскравісних ознак;

- виділення необхідного елемента яскравостей досліджуваних ділянок;

- застосування функції пропорціонального розподілення яскравостей на всьому знімку;

- класифікація отриманого зображення.

Допоміжними є такі етапи, як різноманітні види фільтрації даних, використання алгоритмів нелінійного розподілення яскравостей зображення, застосування різноманітних палітр кольорів, обрізання виділеного діапазону значень та ін. Структурна схема алгоритму представлена на рис. 2.1.



Рис. 2.1. – Блок-схема методів обробки зображень з супутників NOAA

Впровадження схеми обробки зображень з супутників базується на аналізі реальних даних, що дозволяє визначати необхідні та найбільш ефективні методи обробки даних.

На цьому етапі реалізації програми результати класифікації відображаються у кольоровій гаммі, де зміна кольору характеризує зміну характеристик поверхні Землі.

2.3 Обробка космічних знімків для ідентифікації спектральної відбиваючої властивості

Розроблений програмний модуль, який реалізує алгоритм первинної класифікації зображення, був застосований для обробки знімків дослідної території з супутників NOAA. Важливою задачею обробки багатоканальних знімків є виділення найбільш інформативних каналів даних. Для вирішення цієї задачі були проаналізовані всі п'ять каналів кожного знімку. Результатом проведеного етапу є набір сегментованих зображень ділянки Тернопільської області (рис. 2.2), розділений на групи за яскравісними характеристиками. Розрізняють інтегральну та спектральну відбиваючу властивість. Інтегральний коефіцієнт відображення характеризує потік випромінювань у відносно широкому інтервалі довжин хвиль. Його позначають як ρ_{Σ} та частіше за все вимірюють для інтервалу 400-750 нм. Спектральний коефіцієнт відображення визначають для монохроматичного (або близького до монохроматичного) випромінювання та позначають ρ_{λ} , де λ – довжина хвилі випромінювання. Якщо, наприклад, коефіцієнт відображення вимірюється при 620 нм., то його позначають ρ_{620} . Графічне відображення залежності ρ_{λ} від довжини хвилі зветься спектром відображення, що служить найбільш повною характеристикою спектральної відбиваючої властивості ґрунтів (рис. 1.1) [81, 82].

Рослинний покрив відрізняється характерним максимумом відбиваючої властивості у зеленій (0,55 мкм), мінімумом – у червоній (0,66 мкм) та різким збільшенням відображення у ближній інфрачервоній зоні. Низька відбиваюча властивість вегетуючих рослин у червоній зоні зв'язана з поглинанням, а її збільшення у зеленій зоні – з відтворенням цих променів хлорофілом. Великі коефіцієнти яскравості у ближній інфрачервоній зоні пояснюються пропусканням цих променів хлорофілом та відображенням їх від внутрішніх тканин листя [83].

При дослідженні бачимо, що спектральна яскравість рослин змінюється в залежності від віку: у молодих рослин -вище та нижче у тих що знаходяться у стадії повної зрілості. Відбиваюча властивість рослинності залежить від фітопатологічних змін. При захворюванні рослини його листя починають слабше поглинати червоні та відбивати інфрачервоні промені. З усіх об'єктів суходолу рослинний покрив має найбільш інформативні спектральні характеристики, які чітко реагують на його мінливість.

Дешифрування знімків, як дослідницьке, так і виробниче, завжди виконується цілеспрямовано у відповідності до специфіки поставленої задачі. Науковці вивчають по знімках геосистеми різних рангів, їх компоненти, а також окремі об'єкти, явища та процеси, виконуючи ландшафтне, геоморфологічне, гідрологічне, гляціологічне та інші види їх дешифрування та інтерпретації.

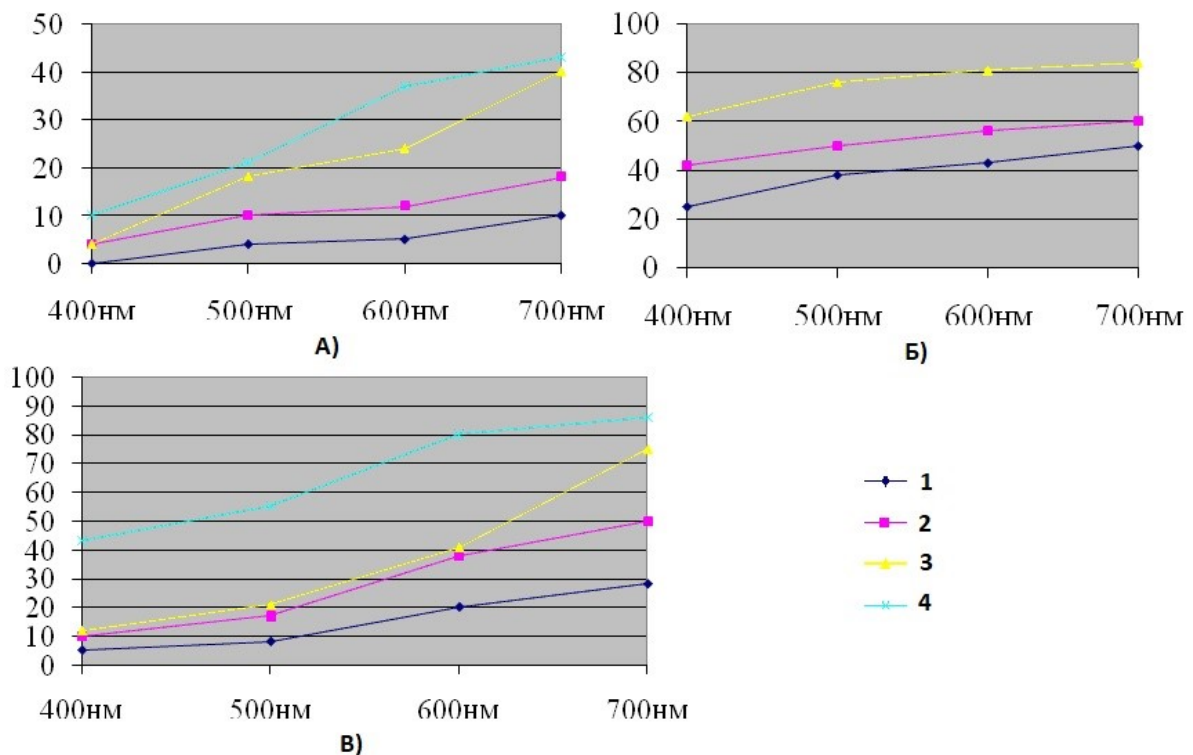


Рис. 2.2. Типові криві спектральної відбиваючої властивості ґрунтів:

А – гумусні горизонти: 1 – чорнозем звичайний, 2 – чорнозем південний, 3 – бурий лісовий ґрунт, 4 – червонозем;

Б – деякі освітлені горизонти: 1 – гор. А2 опідзоленого ґрунту, 2 – кварцовий пісок, 3 – каолінит;

В – озалізнені горизонти: 1 – гор. В коричневого ґрунту, 2 – гор. В чорнозему південного, 3 – гор. В червонозему, 4 – суміш каолініту та гідроксиду заліза.

Технологія та організація робіт по дешифруванню істотно залежить від його завдань, території, масштабу та виду знімків (фотографічних або сканер них, теплових, радіолокаційних та ін.), від використання окремих знімків або їх серій (багатозональних, різночасових).

Алгоритм кластеризації [84], який базується на яскравісних відмінностях поверхні ґрунту за рахунок протікання визначених природних та антропогенних процесів, дозволив виділити ділянки поверхні ґрунтів, які відрізняються від загальної характеристики. На рис. 2.2. показаний загальний вигляд гістограми зображення, що оброблюється, та знайдених кластерів.

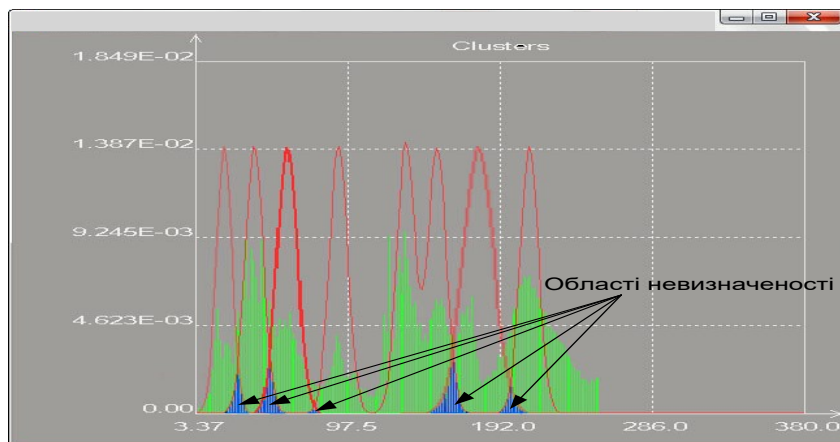


Рис. 2.3. – Вигляд гістограми яскравості зображення

На рис. 2.3. представлений результат кластеризації знімку з виділенням аномальної ділянки ґрунтового покриття. Для порівняння один і той самий алгоритм був застосований для цього ж знімку інших каналів.

2.4. Загальний алгоритм створення векторних карт за даними космічних знімків

Точність розробленого алгоритму векторизації виділених ділянок за даними космічних знімків дозволяє здійснити векторизацію растрових даних, що оброблюються. Одним з важливих етапів роботи алгоритму є виділення досліджуваної ділянки. Розглянемо алгоритм розділення космічного знімку на два класи: “суша” та “вода”. Ймовірність правильного розділення знімку на задані класи знаходиться у межах 60-80 %.

Для виділення ґрунтового покриття на зображенні може використовуватися ІЧ-діапазон (10,5 – 11,3 мкм). На рисунку 2.4. представлені дані з супутника LANDSAT зазначеного каналу (рис. 2.4).



Рисунок 2.4. – Дані з супутника LANDSAT (канал № 4)

На рисунку 2.5. наведена характерна гістограма зональної яскравості фрагменту космічного знімку в ІЧ діапазоні, що відображає водну поверхню заплави річки Дністер і прилягаючих ділянок суходолу.

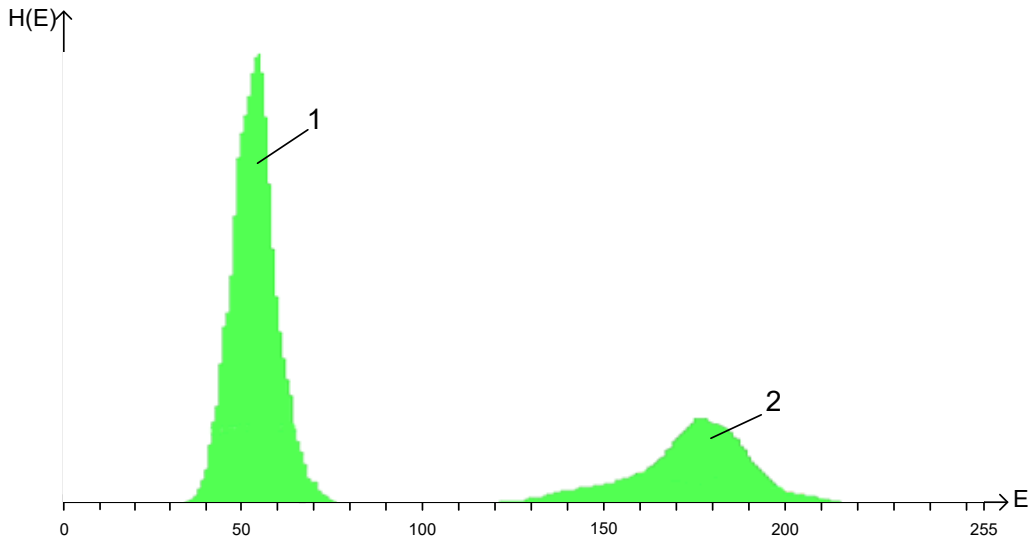


Рис. 2.5. – Гістограма зображення.

Гістограма має яскраво виражений бімодальний характер. Мода 1 відповідає зображенню водної поверхні, а мода 2 (більш високі значення яскравості) – зображенню суходолу.

Закони розподілу наведених на рисунку 2.6. гістограм у першому наближенні можна вважати нормальними (рис. 2.6.).

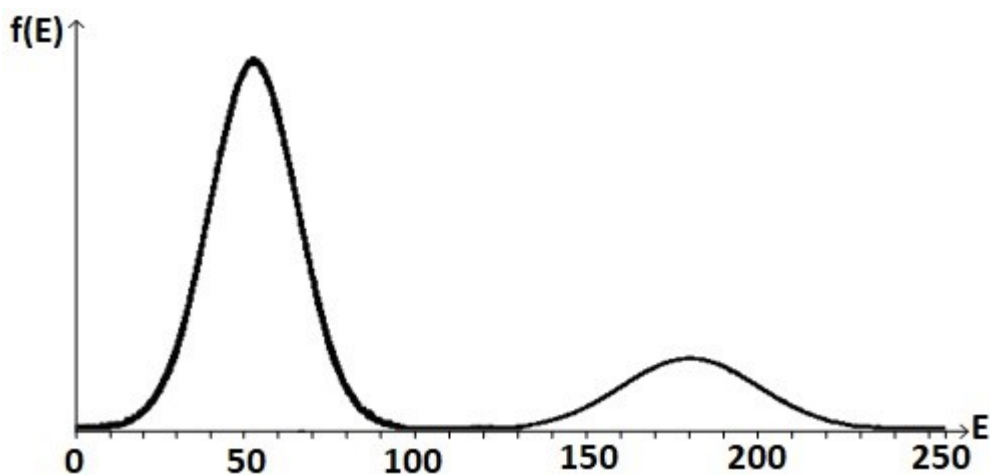


Рис. 2.6. – Теоретична щільність розподілу, що відповідає гістограмі, представлений на рис. 2.5.

Математичною моделлю зображення при цьому може бути суміш нормальних законів [85].

$$f(x) = p_i \cdot \frac{\exp\left\{-\frac{(x - m_i)^2}{2 \cdot \sigma_i^2}\right\}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma_i^2}} + p_A \cdot \frac{\exp\left\{-\frac{(x - m_A)^2}{2 \cdot \sigma_A^2}\right\}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma_A^2}}, \quad (2.2)$$

де x – вибірка даних;

$m_M, \sigma_M, m_B, \sigma_B$ – математичне очікування і дисперсія інтенсивності для води й берега відповідно;

p_M, p_B – вагові коефіцієнти, що забезпечують виконання вимоги $\int f(x)dx = 1$.

Таким чином, для рішення задачі виділення ділянок, що цікавлять, необхідно визначити параметри $m_M, \sigma_M, m_B, \sigma_B, p_M, p_B$.

У випадку виділення на космічному знімку водної поверхні розглядаються бімодальні статистичні моделі, методика побудови яких викладена у роботі [85].

Нехай X – вектор спостережень і потрібно визначити його приналежність до класу ω_{σ} (грунтовий покрив) або ω_M (водна поверхня). Вирішальне правило, засноване на апостеріорних ймовірностях, має вигляд

$$P(\omega_M|X) \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} P(\omega_{\sigma}|X) \rightarrow X \in \begin{cases} \omega_M \\ \omega_{\sigma} \end{cases}. \quad (2.3)$$

Апостеріорні ймовірності $P(\omega_i|X)$ визначаються за допомогою теореми Байєса по апіорних ймовірностях $P(\omega_i)$ та умовних щільностях $p(X|\omega_i)$

$$P(\omega_i|X) = \frac{p(X|\omega_i) \cdot P(\omega_i)}{p(X)}, \quad (2.4)$$

$$\text{де } p(X) = \sum_{i=1}^2 P(\omega_i) \cdot P(X|\omega_i).$$

Так як в обидві частини нерівності (2.3) входить та сама щільність імовірності $p(X)$, то вирішальне правило (2.4) можна представити у вигляді

$$l(X) = \frac{p(X|\omega_M) > P(\omega_B)}{p(X|\omega_B) < P(\omega_M)} \rightarrow X \in \begin{cases} \omega_M, \\ \omega_B, \end{cases} \quad (2.5)$$

де $l(X)$ – відношення правдоподібності,

$$\frac{P(\omega_i)}{P(\omega_j)} \text{ – граничне значення відносини правдоподібності для даного}$$

вирішального правила.

Рівняння (2.4) можна представити у вигляді

$$-\ln l(X) = -\ln p(X|\omega_M) + \ln p(X|\omega_B) \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \ln \{P(\omega_M)/P(\omega_B)\} \rightarrow X \in \begin{cases} \omega_M, \\ \omega_B. \end{cases} \quad (2.6)$$

Рівняння можна використовувати для виділення ґрунтового покриву на космічному знімку. При цьому використовуються бімодальні нормальні закони розподілу вигляду з математичними очікуваннями m_M та m_B , і дисперсіями σ_M та σ_B . При цьому вирішальне правило приймає вигляд

$$h(X) = -\ln l(X) = \frac{1}{2} \frac{(X - m_M)^2}{\sigma_M^2} - \frac{1}{2} \frac{(X - m_B)^2}{\sigma_B^2} + \frac{1}{2} \ln \frac{\sigma_M^2}{\sigma_B^2} \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} \ln \frac{P_M}{P_B} \rightarrow X \in \begin{cases} \omega_M, \\ \omega_B. \end{cases} \quad (2.7)$$

Визначення граничного значення вирішального правила дозволяє сформулювати алгоритм для аналізованого зображення

$$mask_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } (x_{ij} \leq h(x)) \\ 0, & \text{if } (x_{ij} > h(x)) \end{cases}, \quad (2.8)$$

де x_{ij} – значення яскравості піксела.

Виконання операції множення зображення на отриманий алгоритм

$$y_{ij} = mask_{ij} \cdot x_{ij} \quad (2.9)$$

дозволяє виділити ґрунтовий покрив на аналізованому знімку. Результат застосування алгоритму (2.7.), (2.8.) до знімка, наведений на рис. 2.9.



Рис. 2.7. – Результат побудови зображення

Отриманий алгоритм може бути застосований до зображень, які були отримані в інших діапазонах поверхні.

На рис. 2.8. представлений загальний алгоритм створення векторних карт еколого-ресурсного стану ґрунтів дослідної території за даними космічних зйомок з супутників NOAA. Результатом обробки знімків є контури виділених ділянок або градацій змін яскравості всередині ділянок.

Представлення інформації про ділянки, що цікавлять, у такому форматі дає можливість експортувати сформовані контури у ГІС-програми для накладення векторного шару на існуючі картографічні матеріали. Сформований алгоритм потребує тестування та узгодження формату представлення векторних даних [86].

Розроблений алгоритм первинного визначення ділянок забруднення на поверхні ґрунтового покриву необхідно застосовувати для виділення аномальних процесів. Важливим аспектом реалізації алгоритму є застосування даних космічної зйомки, які отримуються у реальному режимі часу. Це дозволяє оновлювати інформацію стану досліджуваних об'єктів та стану навколишнього середовища і враховувати дані метеорологічного прогнозу.

Із застосуванням даних наземних вимірів буде можливо створити алгоритм розпізнавання виділених об'єктів за їх природними та штучними дешифрувальними ознаками.

Подальшим розвитком створеної методики обробки даних ДЗЗ, отримуваних з супутників LANDSAT, є нарощування функціональної складової модуля з метою автоматизації процесу розпізнавання типів забруднень ґрунтового покриву за космічними знімками. При цьому налагодження схеми обробки знімків можливо проводити на знімках низького просторового розрізнення, а визначену методику застосовувати також для знімків середнього та високого просторового розрізнення.



Рис. 2.8. – Інтерактивна геомодель створення векторних карт екологічного стану ґрунтів території досліджень за даними ДЗЗ з супутників LANDSAT

Таким чином, представлення інформації у такому вигляді дає можливість експортувати отримані картографічні шари у ГІС-програми.

2.5. Розрахунок вегетаційних індексів, як еколого-ресурсних показників ґрунтів на основі даних ДЗЗ

Дані космічної зйомки території дослідження були завантажені, попередньо оброблені, інтерпретовані та класифіковані у середовищах програмних комплексів ArcMap та ENVI. Розрахунок вегетаційних індексів надає інформацію про відмінності у стані визрівання окремо взятої культури на окремо взятій земельній ділянці, а також дозволяє оцінити рівень її екологічного здоров'я та вологозабезпеченості. Після проведення аналізу літератури [40, 87] було з'ясовано, що найбільш інформативним індексом для визначення стану с/г культур є нормалізований різницевий індекс вегетації NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Він відображає на знімку кількість фотосинтетично активної біомаси.

Поєднавши спектральні канали для кожного зі знімків у єдиний файл та провівши їх атмосферної корекції у програмному середовищі ENVI для тест-ділянок були проведені розрахунки індексів NDVI. Для цього використовувався вбудований інструмент ENVI, що дозволяє здійснювати маніпуляції зі спектральними каналами знімку (Band Math) та відповідна формула (1.10) для розрахунку NDVI.

В результаті для кожного знімку тест-ділянок отримані похідні зображення, що відображають ступені вегетації с/г культур (Рис. 2.9).

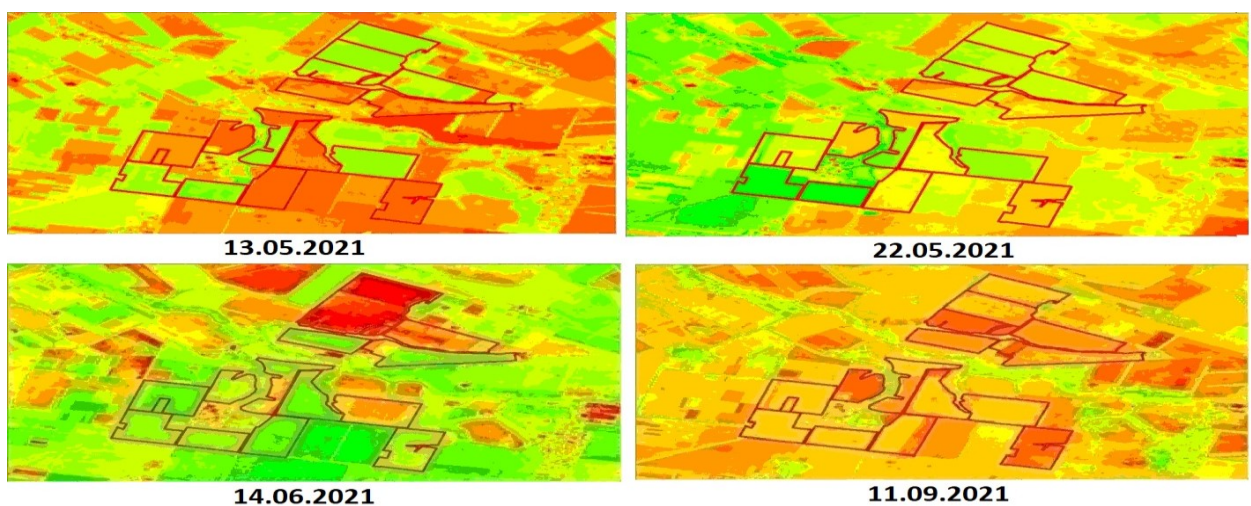


Рис. 2.9. – Приклад розрахунку NDVI по набору космічних знімків Landsat на території тест-ділянок за 2021 рік

На цих зображеннях червоний колір приймає значення -1 (тобто рослинність відсутня), а зелений – значення 1 (присутня здорова рослинність), інші градації цих кольорів означають ступінь зрілості рослинності.

Розрахунок індексу для кожного пікселя космічного знімку за червоною (0,6 – 0,75 мкм.) та ближньою інфрачервоною (0,75 – 1,3 мкм.) спектральних зонах дозволяє отримати похідне зображення – мапу NDVI (Рис. 2.10) [31].

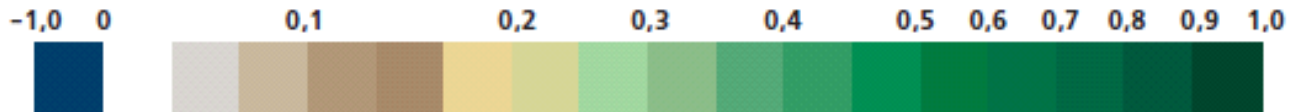


Рис. 2.10 – Мапа NDVI

Провівши класифікацію зображень NDVI у середовищі ArcMAP відповідно до кольорової шкали мапи NDVI виявимо проблемні зони пригніченої рослинності (Рис. 2.11).

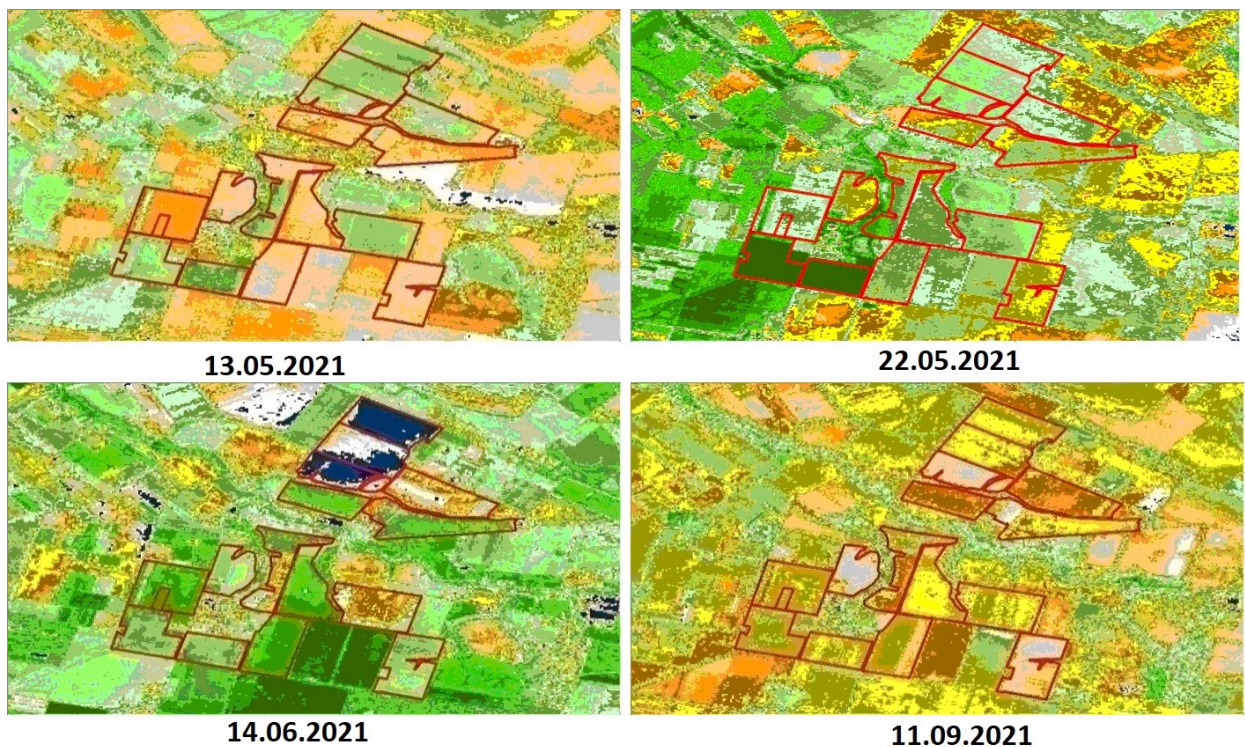


Рис. 2.11. – Класифікація об'єктів на NDVI зображеннях

Порівняння від класифікованих даних ДЗЗ з Рис 2.11 та значень коефіцієнтів NDVI з табл. 2.1 [40] дає змогу судити про проблемні зони пригніченої рослинності, що в подальшому дає можливість прийняти рішення, спрямовані на підвищення врожайності с/г культур.

Таблиця 2.1

Коефіцієнти відбивання спектральної яскравості

Тип об'єкту	Коефіцієнт червоного спектру	Коефіцієнт ближнього інфрачервоного спектру	Значення NDVI
Рослинність щільна	0,2	0,6	0,8
Розріджена рослинність	0,2	0,4	0,6
Відкритий ґрунт	0,20	0,4	0,020
Хмари	0,30	0,30	0
Сніг та лід	0,38	0,30	-0,06
Вода	0,03	0,02	-0,30
Штучні матеріали (асфальт, панелі)	0,3	0,1	-0,5

Однією з причин виникнення відмінностей у ступені вегетації окремо взятої культури на окремо взятому полі може бути перенасичення або недостатня кількість вологозабезпечення (підтоплювання, заболочування або опустелювання) певних зон земельної ділянки. Для здійснення аналізу поверхні з метою виявлення таких зон проводився розрахунок індексу NDWI.

Індекс NDWI відображає рівень зволоженості поверхні, та обчислюється за формулою [83]:

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}, \quad (1.10)$$

NIR – значення відображення в ближній інфрачервоній області спектру;

SWIR – значення відображення в короткохвильовій інфрачервоній області спектру.

Для визначення продуктивності зростання с/г культур по відповідній формулі (2.11) розраховувався спеціалізований вегетаційний індекс GVI (Green Vegetation Index), що відображає щільність фотосинтетично активної біомаси. Кольорова гамма відповідає шкалі щільності вегетації рослинності (рис. 2.12) [39].

$$GVI = -0.2848 * TM1 - 0.2435 * TM2 - 0.5436 * TM3 + 0.7243 * TM4 + 0.0840 * TM5 - 0.1800 * TM7, \quad (2.11)$$

де TMn означає № каналу КС Landsat.



Рисунок 2.12 – Мапа GVI

Висновки до розділу 2

1. В результаті виконаної роботи проведено аналіз екологічної інформативності застосування космічних засобів для моніторингу ґрунтового покриву.

2. Застосовуючи практичний досвід обробки оптичних і радіолокаційних зображень ґрунтового покриву визначені дешифрувальні ознаки характерних для Тернопільської області типів забруднень;

3. В процесі дослідження удосконалено технологічну схему ДЗЗ і тематичну обробку отриманих на її основі даних. Розрахунки підтверджують можливість суттєвого підвищення ефективності виконання завдань, щодо космічного моніторингу ґрунтового покриву і цей показник досягає приблизно 9 відсотків.

4. В процесі роботи на ГІС - платформі ArcView 9.2 розроблено інтерактивна геомодель створення векторних карт екологічного стану ґрунтового покриву. за даними ДЗЗ.

6. Побудовано екологічні картосхеми ґрунтового покриву на основі 24 тематичних шарів.

РОЗДІЛ 3. ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ

Розглянуто інформаційно-технічне супроводження оцінки геохімічного забруднення ґрунтів на основі методів збору, обробки, передавання, зберігання та представлення інформації, що передбачає використання сучасних технологій ДЗЗ і ГС. Проведено оцінку впливу різних факторів на утворення ерозійних процесів ґрунтового покриву.

Для отримання об'єктивної інформації про стан ґрунтів використовували контактні та дистанційні методи.

3.1. Інформаційно-технічне супроводження оцінки геохімічного забруднення ґрунтів

3.1.1. Методи моніторингових робіт

Для отримання об'єктивної інформації про еколого-ресурсний стан ґрунтового покриву необхідно мати у розпорядженні надійні методи її збирання. Всі наявні методи моніторингу ґрунтів за особливостями організації спостережень та отримання інформації можна поділити на три великі групи: контактні, біологічні, дистанційні. Вибір того чи іншого методу та їх сукупностей залежить від цілей моніторингових робіт, їх масштабів, вимог до оперативності й точності результатів, доступних фінансових та інших засобів [88].

Контактні методи (contactmethods) моніторингу ґрунтового покриву – це методи отримання інформації про стан об'єктів, які, як правило, передбачають проведення відбору, обробки та аналізу проб. Вимірювання параметрів, що

досліджуються, проводиться як класичними методами так і методами інструментального аналізу.

Біологічні методи (biological methods) – це методи діагностики стану природних ресурсів із використанням механізмів біоіндикації або біотестування. Механізм біоіндикації базується на проведенні спостережень за наявністю, кількістю і станом організмів-індикаторів, що є показниками якості середовища. Механізм біотестування, як правило, передбачає постановку дослідів із вміщення тест-об'єктів (організмів) досліджуване у середовище та вивчення відповідної реакції цих організмів. Дистанційні методи (remotesensing methods, distant methods) – це неконтактні методи отримання інформації про стан об'єктів. Вони засновані на використанні двох властивостей полів зондування (електромагнітних, акустичних, гравітаційних): здатності взаємодіяти з об'єктом дослідження та переносити отриману інформацію до відповідних датчиків. Поля зондування мають значну низку інформативних ознак. Їх отримують за допомогою як активного, так і пасивного зондування [89].

3.1.2. Аналітичні результати території дослідження ґрунтового покриття

При дослідженні земель в Тернопільській області знаходиться в обробітку знаходиться 1382,4 тис.га, з них 1049,1 тис.га або 57.9 відсотків займають сільськогосподарські угіддя, 215,5 тис.га розташовані на еродованих землях. З них на схилах від 30 до 50 , розташовано 90,9 тис.га, від 50 до 70 розташовано 41,8 тис.га і більше 70 – 14,3 тис.га (Рис. 3.1., Рис. 3.2.).

Малопродуктивної і деградованої ріллі в області переведено в природні кормові угіддя 28,4 тис.га. За допомогою інформаційних технологій забезпечується постійний моніторинг шляхом створення необхідної комп'ютерної бази даних [90, 91, 92].

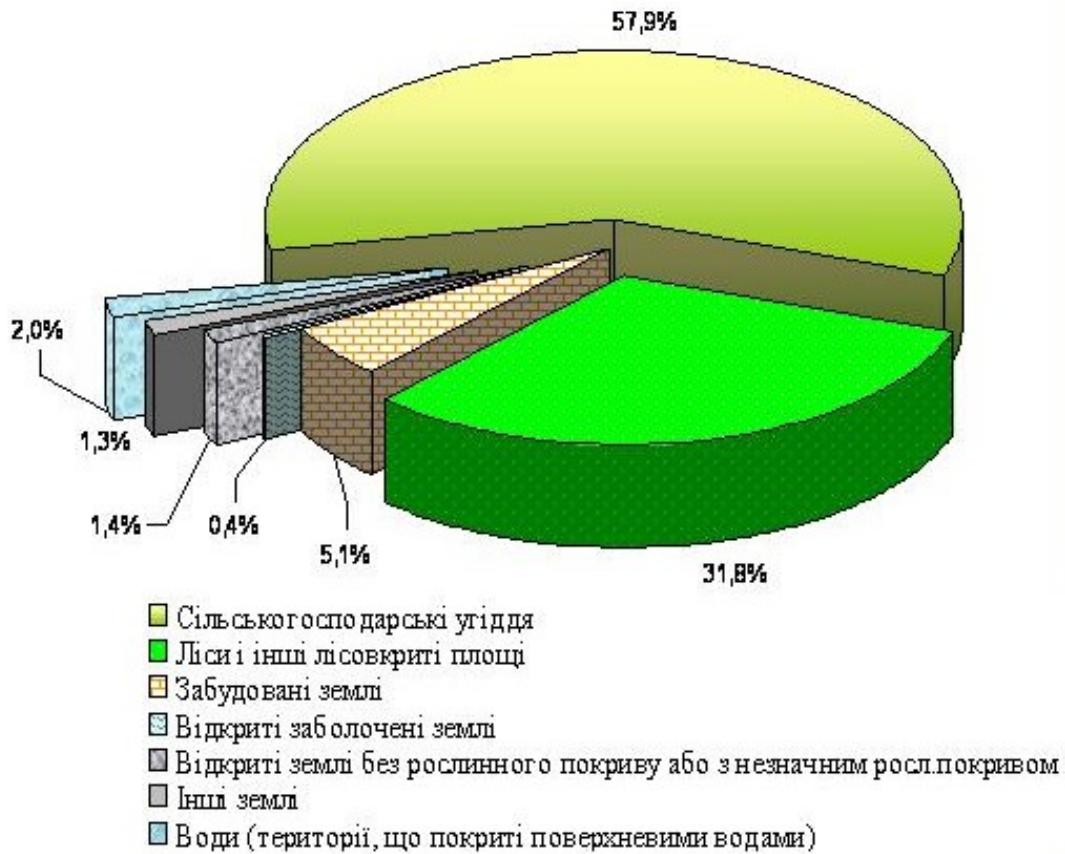


Рис. 3.1. Структура земельного фонду Тернопільської області

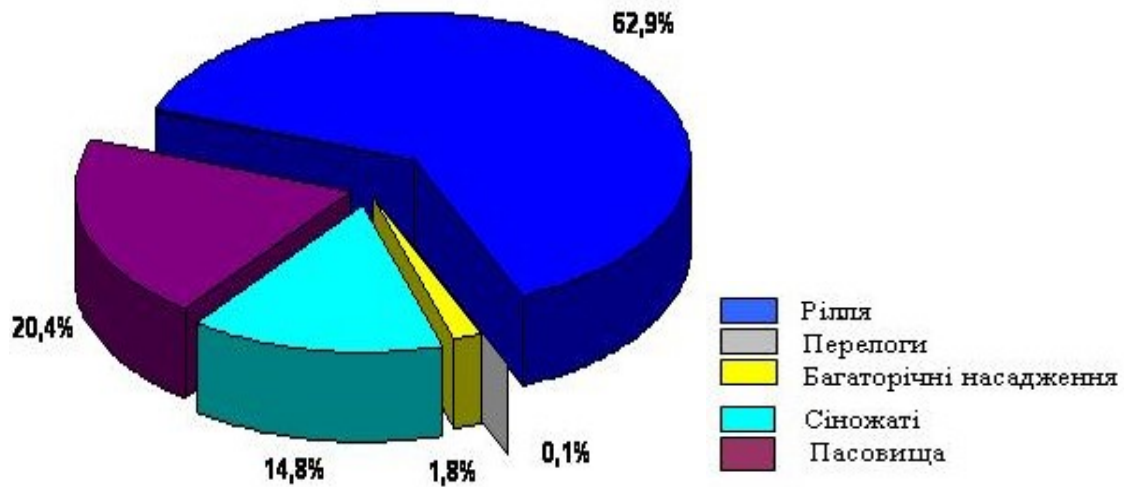


Рис. 3.2. Структура с/г угідь Тернопільської області

Забруднення ґрунтів залежить від їхнього типу, техногенного навантаження і використання мінеральних добрив у сільському господарстві, інтенсивності

міграції хімічних елементів. За наявними даними, на всій площі рівень забруднення ґрунтів припустимий, але проведені на сьогодні дрібномасштабні роботи з вивчення ґрунтів не дають повної уяви про стан їхнього забруднення. На півночі території дослідження в ґрунтах виділені дві площинні геохімічні аномалії за СПЗ > 16 (помірне, підвищене забруднення) елементів II класу небезпеки [93]. Забруднення ґрунтів (відносно коефіцієнту концентрації) поблизу смт Підкамінь: кобальт – 14, мідь – 10, нікель – 3, хром – 5; поблизу смт Вишнівець: хром – 12, нікель – 9, кобальт – 7, мідь – 6. За вмістом кобальту і хрому площі відносяться до небезпечного рівня забруднення. Інші площинні і локальні аномалії характеризуються вмістом міді, цинку, кобальту нижчим ГДК [93].

Забруднення радіонуклідами (стронцієм-90 з питомою щільністю 0,02-0,05 Кі/км²) техногенного походження (“чорнобильський слід”), зафіксоване на окремих ділянках і відноситься до зони посиленого радіоекологічного контролю. Значення питомої активності цезію-137 не перевищує фонового. Підвищений вміст природних радіонуклідів у верхніх шарах ґрунту (сірі опідзолені ґрунти та чорноземи) пов’язаний з ландшафтами Малого Полісся. Питома активність (мБк/кг) становить: К-40 – 0,4-0,5; Ra-226 – 0,02-0,03; Ra-228 – 0,03. Контур поширення Ra-226 та Ra-228 повторює контур К-40 [74]. Забруднення сировини для будівельних матеріалів, переважно цегли, привнесеними радіонуклідами не виходить за межі I класу і вона може бути використана без обмежень в усіх видах будівництва. Радіоактивність гірських порід в кар’єрах – в межах фону [94].

На карту екологічного стану геологічного середовища (рис. 3.3) винесені аномалії з елементами-забрудниками, які відповідають дуже небезпечному і небезпечному рівням забруднення донних відкладів та точки, що мають СПЗ від 16 до 67,6.

Оцінюючи стан забруднення донних відкладів, можна зробити висновок, що для всієї площі досліджуваної території характерні помірно небезпечний та

припустимий рівні забруднення донних відкладів водних систем та невисокий сумарний показник забруднення (3-5). Забрудниками донних відкладів річок є хімічні елементи: свинець, фосфор, мідь, хром, молібден, кобальт, нікель, марганець, стронцій, барій [93].

Сумарний показник забруднення ґрунтів Тернопільської області



Рисунок 3.3. Карта екологічного стану ґрунтів території Тернопільської області.

Найбільшого техногенного навантаження зазнає р. Серет, основними елементами її забруднення є фосфор, свинець, стронцій, марганець та срібло. Спостерігаються точкові аномалії срібла у її верхів'ях – від 0,8 до 2,0 мг/кг та нижче м. Тернопіль, між смт Микулинці та с. Варваринці, від 0,5 до 0,1 мг/кг (фонове значення – 0,03 мг/кг). Точкова аномалія фосфору північніше с. Дітківці – 10 500 мг/кг (3 фони) – зумовлена використанням фосфатних добрив. Точкова аномалія свинцю на південній околиці с. Буцнів – 200 мг/кг (12) – можливо, пов'язана з відходами машинобудівного заводу або стічними водами. Всі точкові аномалії стронцію – 5000 мг/кг (28,6 фону), 2500 (14,3), 2000 (4,9) – від с. Настасів до смт Микулинці, можливо, є плямами від чорнобильської катастрофи. Точкова аномалія марганцю – 10 500 мг/кг (17,3 фону та СПЗ 23,7) – зафіксована північніше с. Сітківці. Значення сумарного показника забруднення донних відкладів р. Серет між селами Батьків – Піщане фіксується в інтервалі від 82,7 до 8.

Забруднення донних відкладів р. Стрипа (мг/кг): поблизу с. Заруддя – точкова аномалія молібдену, 20 (18 фонів); східніше с. Богданівки – аномалія стронцію, 2000 (11,4 фону); біля с. Йосипівка – лінійна аномалія стронцію, 1000 (5,7), барію – 2000-1200 (4,9-2,9), марганцю – 2000-1500 (3,3-2,5); від с. Ішків до с. Годів – барію – 2000-1000 (4,9-2,9). Значення сумарного показника забруднення донних відкладів р. Стрипа фіксується в інтервалі від 22,4 до 4.

У донних відкладах р. Коропець в районі с. Кальне зафіксована лінійна аномалія (мг/кг): свинцю – 50 (3,1 фону), срібла – 0,2-0,15 (7-5); аномалія біля с. Базниківка (р. Золота Липа) (мг/кг): хрому – 150 (2,8 фону), барію 2500 (6,1); точкові аномалії (мг/кг): поблизу с. Бишки – молібдену – 40 (36 фонів), кобальту – 80 (9,2), нікелю – 150 (6), стронцію – 1000 (5,7); від с. Конюхи до с. Жовнівка – стронцію – 1000 (5,7). Забруднення молібденом донних відкладів має техногенне

походження. Аномалії, можливо, утворились внаслідок використання фарб при ремонтних роботах транспортних засобів або пов'язані зі стічними водами.

Донні відклади р. Гнізна забруднені (мг/кг): від с. Залужжя до с. Чернихівці – цинком – 1000 (5,6 фону), сріблом – 0,2-0,15 (3,7), барієм – 1500 (3,6); біля с. Шимківці – марганцем – 5000 (8,2), барієм – 1000 (2,4), стронцієм – 500 (2,9); поблизу с. Киданівка – фосфором – 3000 (3,7), марганцем – 5000-1500 (8,2-2,5), барієм – 1000 (2,4). Забруднення марганцем та барієм (мг/кг) фіксуються біля смт Великі Бірки, відповідно 2000-1500 (3,3-2,5 фону) та 2000-1200 (4,9-2,9); від с. Константинівка до с. Поплави 1000-800 (1,5-1,3) та 1500-1000 (3,6-2,4); в районі с. Козівка лінійна аномалія, відповідно 2500-1200 (4,1-2) та 2000-1200 (4,9-2,9). Максимальне значення СПЗ – 19,4, переважно – 6-8.

Джерело забруднення сріблом не встановлене, можна припустити, що його накопичування відбувалося при використанні стічних вод для зрошування полів. На окремих ділянках срібло накопичується до токсичного рівня. Так, точкова високо контрастна аномалія виявлена південно-східніше с. Руда Колтівська, з вмістом (мг/кг): срібла – 8 (267 фонів), марганцю – 10 500 (17,3), свинцю – 120 (7,1), ітрію – 40 (2,1), ітербію – 4 (2,1); СПЗ – 295,5. Поблизу с. Колтів зафіксована аномалія (мг/кг): свинцю – 200 (12 фонів), міді – 5000 (268), срібла – 5 (167), нікелю – 120 (4,8), марганцю – 10500 (17,3), стронцію – 400 (2,3), олова – 60 (23,1); СПЗ – 467,6. Південно-західніше с. Верхобуж виявлена точкова аномалія (мг/кг): срібла – 3 (100 фонів), марганцю – 10500 (17,3), міді – 100 (5,4), свинцю – 40 (2,4), молібдену – 2,5 (2,1), стронцію – 250 (1,4), нікелю – 25 (1); СПЗ – 122,7. Південніше с. Верхобуж точкові висококонтрастні аномалії (мг/кг): срібла – 0,8 (27 фонів) з СПЗ – 30,3; срібла – 2 (67), барію – 1500, (3,6), марганцю – 2000 (3,3), стронцію – 400 (2,3) з СПЗ – 79,5; срібла – 0,8 (27) з СПЗ – 29,6; срібла – 0,3 (10) з СПЗ – 11,8; срібла – 0,3 (10), молібдену – 2,5 (2,2) з СПЗ – 11,3. Західніше с. Кругів точкова аномалія срібла 0,8 мг/кг (27 фонів) з СПЗ – 27,4.

Аномалія барію – 1500 мг/кг (3,6 фону) виявлена на р. Стир північно-західніше с. Лучківці. СПЗ донних відкладів – до 12,6. Присутність барію пояснюється гниттям рослин і карбонатним складом порід, завдяки чому кальцій легко виноситься і заміщується барієм.

3.2. Ієрархічна модель впливу природних та техногенних факторів на розвиток ерозійних процесів

Для раціонального управління асиміляційним (відновлювальним, потенціалом) ландшафтно-грунтової системи необхідна розробка інструментів геоінформаційного напрямку. Тому на сучасному етапі розвитку технологій використання та відновлення ґрунтово-ресурсного потенціалу ґрунтів доцільно використовувати геоінформаційні технології. Інформаційні технології дозволяють оцінити вплив різних факторів на утворення ерозійних процесів [95].

Оцінювання впливу факторів зовнішнього та внутрішнього впливу на розвиток водної ерозії виражається:

- створенням ієрархічної моделі факторів та впливів на них;
- розрахунок ваги кожного фактора та їх параметризація. В процесі наукового дослідження створено ієрархічну модель впливу факторів прояву розвитку ерозійних процесів, блок-схема якої подана на рисунку 3.4. Розглянуто та проаналізовано широкий набір показників (ґрунтові, кліматичні, антропогенні і інші), які відображають особливості розвитку водної ерозії [95].

При оцінюванні водної ерозії виконуємо декомпозицію цільової функції та об'єднуємо у відповідні рівні ієрархічної схеми.

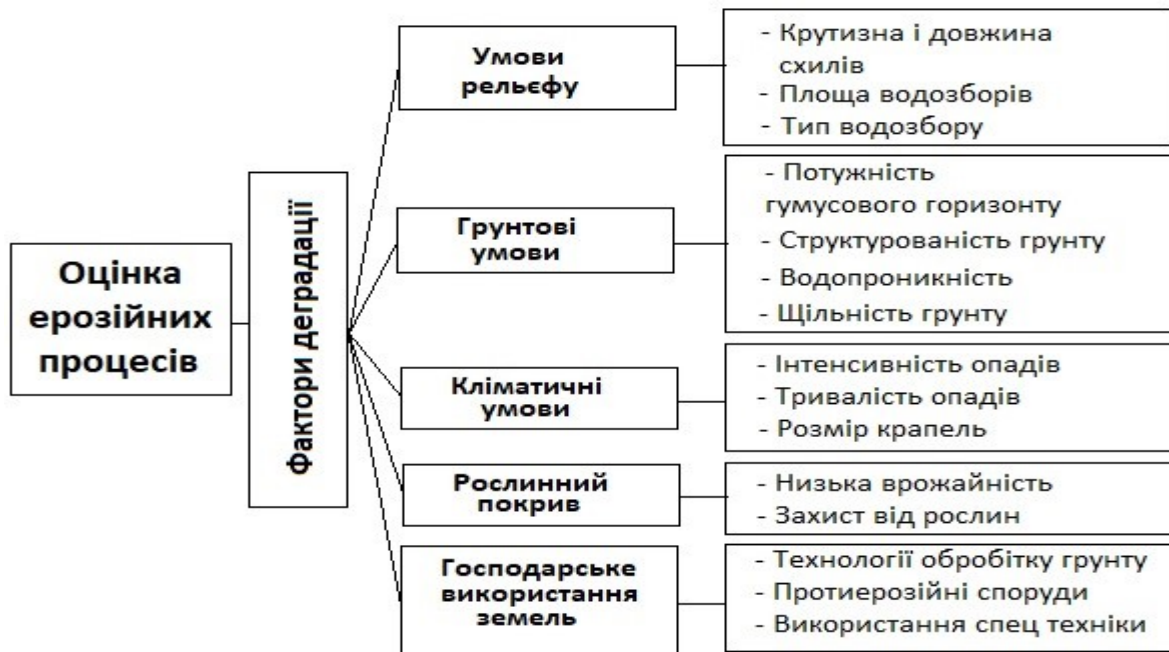


Рис. 3.4. Схема ієрархічної моделі впливу факторів на розвиток ерозійних процесів

В ході проведення досліджень будуємо множину матриць попарних порівнянь та оцінюємо їх векторів за ступенем їх впливу на складові попереднього рівня. Потім розраховуємо вектори пріоритетів відповідних рівнянь та встановлюємо перевагу того чи іншого варіанта.

Матрицю визначення ваги причин утворення водної ерозії представлено в (табл.3.1).

Таблиця 3.1

Розрахунок факторів утворення водних ерозійних процесів

	Потоковий об'єм	Поверхневий розподіл води	Швидкість потоку	Розрахунковий фактор
Об'єм потоку	1	3	1/3	0,27
Поверхневий розподіл води	1/4	2	1/4	0,14
Швидкість потоку	3	5	1	0,44
	$\lambda_{\max}=4,26$		$IU=0,09$	$BU=0,10$

Наступним кроком було визначення розрахункових факторів (рельєф, ґрунти, клімат, рослинний покрив, використання земель) по відношенні до груп факторів (потоковий об'єм, поверхневий розподіл води, швидкість потоку). Оцінювання факторів дає нам змогу розрахувати індекс узгодженості та проаналізувати дані відносно ступеню впливу на причини деградації (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Вплив факторів на ерозійні процеси

		Потоковий об'єм	Поверхневий розподіл води	Швидкість потоку
Розрахунковий фактор	Рельєф	0,33	0,51	0,49
	Ґрунти	0,17	0,08	0,17
	Клімат	0,436	0,04	0,04
	Рослинний покрив	0,05	0,11	0,33
	Використання земель	0,04	0,27	0,09
Оцінювання факторів	λ_{\max}	5,31	5,51	5,53
	Індекс узгодженості	0,10	0,10	0,10
	Відношення узгодженості	0,08	0,08	0,08

Вплив факторів на утворення водної ерозії представлено на (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Вплив факторів на утворення водної ерозії

	Фактор	Розрахунковий фактор
Рельєф	Крутизна схилів	0,51
	Довжина схилів	0,10
	Експозиція схилів	0,05
	Площа водозборів	0,15
	Тип водозбору	0,31
	$VU=0,09$	$IU=0,10$
Ґрун ти	Потужність гумусового горизонту	0,32
	Структурованість ґрунту	0,38

Водопроникність ґрунту		0,09
Щільність		0,10
ВУ=0,11	ГУ=0,16	$\lambda_{\max}=6,94$

В результаті проведених досліджень при аналізі рельєфу ґрунтового покриву найбільший вплив має крутизна схилів, площа та тип водозабору. При аналізі ґрунтів важливим є потужність гумусового горизонту, структурованість та водопроникність ґрунту [96]. Загалом, використання космічних знімків та геодезичних даних дозволяє отримати необхідну інформацію для прийняття управлінських рішень щодо екологічної стійкості території та ерозійних процесів. Ерозійні процеси є одним з ключових аспектів екологічної деградації, які суттєво впливають на якість ґрунту, водні ресурси, природні екосистеми. Природні та техногенні фактори відіграють важливу роль у формуванні та посиленні ерозійних процесів. Для розуміння та ефективного управління цими процесами і розроблено ієрархічну модель впливу цих факторів на розвиток ерозійних процесів.

Основні її типи:

- природні фактори, що впливають на розвиток ерозійних процесів;
- кліматичні умови, включаючи розподіл опадів, температуру, вітрові умови тощо;
- рельєф та геологічна структура, які впливають на швидкість стоку води та розміщення ґрунту;
- рослинність та ґрунтовий покрив, які здатні зменшувати ерозійні процеси шляхом утримання ґрунту та регулювання водного режиму;
- техногенні фактори, що впливають на розвиток ерозійних процесів;
- ландшафтні зміни, пов'язані з рослинністю;
- техногенні фактори, що впливають на розвиток ерозійних процесів;
- ландшафтні зміни, пов'язані з розробкою природних ресурсів, будівництвом інфраструктури, добуванням та експлуатацією корисних копалин;

-техногенні фактори, що впливають на розвиток ерозійних процесів, а саме забудова, вирубка лісу, забруднення водойм, неконтрольована експлуатація родовищ корисних копалин тощо.

Ця ієрархічна модель відображає різні рівні впливу факторів на розвиток ерозійних процесів

3.3. Моніторинг провідних екзогенних ґрунтово-формуєчих факторів

Сучасними екзогенними процесами, розвинутими на цій території, є яружно-балкова ерозія, площинний змив ґрунті.

Утворення балок та ярів, розташованих переважно у верхів'ях річкових долин і прирічкових схилах, зумовлене дією вод. Долини р. Тайна, звужуються до каньйоноподібних (з дуже крутими, часто прямовисними схилами, плоским вузьким дном). Глибина врізу долин становить 50–70 м. Площинний змив, яружно-балкова ерозія розвиваються інтенсивно при крутизні схилів більше 8 градусів. За ступенем площинної ерозії територія оцінюється як значно еродована. Площинний змив характерний для Товтрового пасма. Зсуви пов'язані зі схилувимзміщенням покривних делювіальних та елювіальних відкладів по неогенових глинах. Потужність зсувних накопичувань дорівнює від 4 до 10 м. За інтенсивністю вияву та розвитку зсувів виділяються площі: слабкої категорії з коефіцієнтом ураженості 0,1% [97].

На дослідженій площі поширений напівпокритий і покритий сульфатний, карбонатний, змішаний карст. Форми карсту – лійки, воронки, понори – невеликих розмірів, заповнені уламками вапняків і піщано-суглинистим матеріалом. Карст пов'язаний з тектонічною тріщинуватістю порідта рухом підземних вод, агресивних до вміщуючи порід. За ступенем небезпеки вияву та розвитку карстового процесу виділяються площі: зі значним ступенем небезпеки (густина

карстових форм – 10–30 шт./км²) – поблизу м. Заліщики, та в межах Товтрового пасма (ураженість території 25–50%); з середнім (щільність 1–10 шт./км²) – в межах Товтрового пасма. За ступенем ураженості небезпечними екзогенними процесами та явищами, на території виділяються ділянки з і незначним ступенем.

Досліджена територія належить до асейсмічної, але слабкі локальні землетруси на малих глибинах осередку і незначній відстані від епіцентру можуть зумовити не менш небезпечні коливання, ніж сильні. До проблем сейсмічності привернув увагу землетрус 2002 р. поблизу смт Микулинці. Інтенсивність потрясінь в епіцентрі досягла 6 балів, а середнє значення магнітуди, оцінене за різними типами хвиль, становить 3,6. Поблизу м. Тернопіль теж відомі сейсмічні вияви: за 15 км на північ від міста в 1963 р. зафіксовано осередок слабого землетрусу, за 50 км на південний захід у 1997 р. зареєстровано поштовх меншої амплітуди. В 1976 році по всій території громади зафіксовані незначні поштовхи [98].

За результатами наявних матеріалів екологічний стан геологічного середовища на території загалом оцінюється як задовільний.

3.4. ГІС-технології створення прогностичних моделей ґрунтових карт

Сучасні ГІС-технології здійснюють просторове представлення екологічних об'єктів у вигляді електронних екологічних карт.

Оцінки забруднення ґрунтів важкими металами та іншими небезпечними речовинами, дозволили побудувати бази даних забруднення ґрунтів (табл. 4.4), виконати розрахунки фонового та аномальних вмістів хімічних речовин.

На основі вдосконалених нами розрахункових та графічних методів були побудовані поелементні еколого-геохімічні карти вмісту того чи іншого елемента в ґрунтах (таблиця 3.4).

Середніх вміст хімічних елементів і речовин у різновидах Тернопільської області.

Назва ґрунту	Кількість точок	Кількість точок	Елементи і речовини						
			As	Cd	Pb	Cu	Zn	V	Нафто-продукти
			фонові вмісти в ґрунтах, мг/кг						
			0,0047	0,014	0,44	0,063	13,4	0,94	0,012
середні вмісти в різновидах ґрунтів									
Сірі-опідзолені	17	11	0,493	0,0717	0,5636	0,1527	6,772	0,636	0,6181 81818
Темно-сірі опідзолені	37	25	0,0218	0,0676	1,62	0,2344	17,56	4,196	0,048
Чорноземи опідзолені	19	13	0,1526	0,0506	0,2615	0,2238	7,030	0,923	0,4692 30769
Темно-сірі і сірі опідзолені оголені	28	19	0,0046	0,0004	0,2615	0,0715	12,09	2	0,2736 84211
Чорноземи опідзолені оголені	12	8	0,1063	0,0138	2,275	0,3712	12,02	4,775	0,0625

Аналіз отриманих нами результатів показав, що досліджувана територія Тернопільської області в цілому не забруднена, за винятком окремих точок. Так, по розповсюдженню арсену в ґрунтах виявлено дві аномальні зони с. Чабарівка, с. Васильківці, де фон (0,0047 мг/кг) перевищено в 2 рази (0,019), і нижче ГДК (20). По кадмію Cd: фон (0,018 мг/кг) і аномалії (0,032) та прослідковується в ґрунтах всієї території, а це слід внесення в ґрунти мінеральних добрив та засобів захисту рослин.

Вдалося порівняти середні вмісти у різновидах з фоновими для ґрунтового покриву в цілому лише для п'яти різновидів [95].

Враховуючи представлені нами матеріали, землекористувачі можуть визначити, на яких ділянках ґрунтового покриву можна вирощувати екологічно

чисту сільськогосподарську продукцію. Для отримання відповідного сертифіката необхідно скласти плани своїх земельних ділянок і сумістити їх з картами (рис. 3.3). Таку роботу можна виконати в індивідуальному порядку для кожного землекористувача.

Забруднення радіонуклідами (стронцієм-90 з питомою щільністю 0,02–0,05 Кі/км²) техногенного походження («чорнобильський слід») не зафіксовано. Значення питомої активності цезію-137 не перевищує фонового. Підвищений вміст природних радіонуклідів у верхніх шарах ґрунту (сірі опідзолені ґрунти та чорноземи) пов'язаний з ландшафтами Товтрового кряжу. Питома активність (мБк/кг) становить: К-40 – 0,4 – 0,5; Ra-226 – 0,02 – 0,03; Ra-228 – 0,03.

Планування організації території басейнових геосистем та агрогеосистем, які знаходяться у їх межах, а також комплекс меліоративних заходів, повинні здійснюватися усіма землекористувачами і землевласниками, незалежно від форм власності, як обов'язковий елемент еколого-біогеохімічної безпеки технологічного процесу агровиробництва. Ця вимога передбачена Земельним кодексом України, Законами України «Про землеустрій», «Про охорону земель», Водним Кодексом України та іншими законодавчими та нормативними документами, що регламентують впровадження технологій на промислових підприємствах щодо попередження негативного впливу на навколишнє середовище [2, 4, 99, 100]

3.5. Геоінформаційний підхід моделювання теплових аномалій ґрунтового покриву

3.5.1. Аналіз температурного режиму ґрунтового покриву

Температурний аналіз даних космічних зйомок базується на тому факті, що будь-який об'єкт земної поверхні випускає теплове випромінювання.

Випромінювання абсолютно чорного тіла (посідає ідеальну випромінювальну і поглинальну здатність) підчиняється закону Планка. Прикладом майже ідеального чорного тіла є Сонце. Для інших об'єктів "сирі" дані теплових космічних зйомок (Digital Numbers, DN) перетворюються в спектральну енергетичну яскравість (Spectral Radiance), перераховану потім у значення яскравості температури (Brightness Temperature, °C) і температури земної поверхні (Land Surface Temperature, LST) [101].

Перетворення DN даних сканерів TM / ETM + в спектральну енергетичну яскравість виконується у відповідності з виразом:

$$F_{\lambda} = \frac{F_{\max \lambda} - F_{\min \lambda}}{Q_{\text{calmax}} - Q_{\text{calmin}}} (Q_{\text{cal}} - Q_{\text{calmin}}) + F_{\min \lambda}, \quad (3.1)$$

де $F_{\min \lambda}, F_{\max \lambda}$ – кількість випромінювання, що надходить на сенсор і перетворюються, відповідно, у Q_{calmin} і Q_{calmax} (Вт / (м²·ср·мкм));

Q_{calmin} – мінімальне відкалібровані значення пікселів;

Q_{calmax} – максимальне відкалібровані значення пікселів;

Q_{cal} – значення DN.

Значення параметрів $F_{\min \lambda}, F_{\max \lambda}$ каналів космознімка залежать від типу сенсора і наводяться у файлі метаданих.

Альтернативний вираз:

$$F_{\lambda} = \text{gain} \cdot Q_{\text{cal}} + \text{offset}, \quad (3.2)$$

де $\text{gain}, \text{offset}$ – калібрувальні константи, наведені у файлі метаданих космічного зображення.

Отримані значення спектральної енергетичної яскравості перетворюються в температуру яскравості (градуси Цельсія) у відповідності з виразом:

$$T_{br} = \frac{c_2}{\ln((c_1 \cdot \varepsilon / F_\lambda) + 1)} - 273,15, \quad (3.3)$$

де ε – коефіцієнт спектрального випромінювання ґрунтового покриву;

c_1, c_2 – калібрувальні константи.

Коефіцієнт ε обчислюється виходячи зі значень індексу NDVI.

У випадку, якщо отримані значення F_λ піддавалися атмосферній корекції, $\varepsilon = 1$. Обґрунтовано висока точність оцінки LST за даними Landsat-5 TM при $\varepsilon = 0,956653$. Для даних сканера TM $c_1 = 607,76$, $c_2 = 1260,56$.

Для сканера ETM+ $c_1 = 666,09$, $c_2 = 1282,71$.

Для перетворення яскравісної температури в LST існують такі підходи: фізичне моделювання (наприклад, з використанням програмного комплексу MODTRAN та ін.), одновіконний алгоритм (mono-window), метод розділеного вікна (splitwindow) і метод подвійного огляду.

Алгоритм mono-window та фізичне моделювання вимагають знання параметрів стану атмосфери (приповерхнева температура, вміст водяної пари) в момент зйомки, що ускладнює їх використання [102, 103].

Метод розділеного вікна дозволяє досягти високої точності (до 0,5 К) лише у разі оцінки температури однорідних поверхонь (наприклад, водної поверхні).

Метод подвійного огляду передбачає виконання вимірювань для кожної точки земної поверхні під двома різними кутами зйомки, що неможливо здійснити для безлічі супутникових систем.

Альтернативний алгоритм дозволяє оцінювати LST як:

$$T_s = \frac{T_{br}}{1 + \left(\lambda \cdot \frac{T_{br}}{\rho} \right) \cdot \ln \varepsilon} \quad (3.4)$$

де λ – середнє значення діапазону довжин хвиль, використовуваного для реєстрації теплового випромінювання (м); $\rho = 1,438 \times 10^{-2}$ (м·К) – константа.

Існуючі алгоритми виявлення змін по різночасним даними теплових космічних зйомок ґрунтуються на зіставленні результатів класифікації, поелементному відніманні і розподілі зображень, частотному, текстурному, кореляційному, регресійному аналізі, сегментації зображень. Їх недоліком є відсутність можливості виявлення джерела, оцінки напрямку поширення температурного поля в просторі і в часі, виконання довгострокових прогнозів з причини впливу хмарності на формування часових рядів даних зйомки, що вимагає розробки нових підходів до вирішення даних задач [104].

3.5.2. Технологія виявлення фізичних та екологічних аномалій на ґрунтовій поверхні за даними різночасової мультиспектральної зйомки

На сьогоднішній день сформувалася досить потужна космічна система дистанційного зондування, що охоплює практично усе найбільш важливі сфери діяльності людини. Просторовий дозвіл сучасних космічних знімальних систем коливається в широкому діапазоні: від 50 см до 30 м і менше.

Загальний процес обробки супутникових даних включає в себе декілька основних етапів: попередня обробка супутникових знімків Landsat-7 TOA, Landsat-8 TOA, Sentinel-2 L1C; гармонізація сенсорів; постобробка супутникових даних. Другий етап включає в себе повторне масштабування супутникових знімків Sentinel-2 та регулювання діапазону Landsat-7,8. Зйомка із супутників Landsat, SPOT, Terra, IRS-1C, EO-1 і подібних, актуальна для рішення широкого кола задач землекористування, моніторингу навколишнього середовища, моніторингу змін зеленої рослинності регіонів і ін. Просторовий дозвіл зйомки з перерахованих систем коливається в діапазоні від 15 до 90 м залежно від діапазону

електромагнітного випромінювання, що фіксується, а також від низки інших факторів.

В наших дослідженнях була проаналізована геоінформаційна технологія виявлення й моделювання аномалій на ґрунтовій поверхні, схема якої надана на рис. 3.5.



Рис. 3.5. Технологія виявлення аномалій на ґрунтовій поверхні за даними різночасової мультиспектральної зйомки

Слід зазначити, що разом з космознімками використовуються різні картографічні матеріали, наприклад, такі як топографічні карти масштабів 1:100 000, 1:50 000 і плани населених пунктів.

Так, наприклад, особливий інтерес представляють знімки ASTER, що містять п'ять каналів зйомки в тепловому інфрачервоному каналі сканера (табл. 3.5).

Таблиця 3.5.

Характеристики теплових каналів сканера ASTER

Номер каналу сканера ASTER	Спектральний діапазон зйомки, мкм	Просторове розрізнення, м	Територія зйомки, км
10	8,125 – 8,475	90	60x60
11	8,476 – 8,840		
12	8,841 – 9,255		
13	9,256 – 10,90		
14	10,90 – 11,50		

Відомо, що теплове поле земної поверхні обумовлюється внутрішніми й зовнішніми джерелами тепла, тепловими властивостями гірських порід. Факторами формування регіональних і локальних аномалій температур поверхні суходолу можуть бути: [105].

- ендегенне тепло Землі;
- регіональні й локальні умови інсоляції;
- прояву сучасного вулканізму й тектонічних рухів;
- циркуляція підземних, у тому числі термальних вод;
- наявність порід і руд з підвищеною радіоактивністю;
- хімічні й біохімічні процеси (екзотермічні й ендотермічні), що відбуваються в нафтогазоносних об'єктах, покладах вугілля, сульфідних і інших рудах, ґрунтах, а також антропогенних відкладеннях.

Відповідно до перерахованих факторів, неоднорідність розподілу теплового поля може бути індикатором об'єктів, процесів і явищ наявних на досліджуваній території.

Одна з задач дослідження полягала в підтвердженні факту виділення тепла під час пожеж з можливістю їх подальшого картографічного моделювання. Для дослідження був обраний космоснімок ASTER, покриваючий зйомкою місто Тернопіль і прилягаючу територію дата зйомки 29.09.2021 (рис. 3.6).

Найбільш раціональним підходом до формування надійних моделей визначення пожежної небезпеки природних екосистем та моніторингу пожеж на

основі супутникових даних є завірка та верифікація отриманих результатів за наземними даними про пожежі, що сталися в природних екосистемах з відкритих та офіційних джерел інформації.

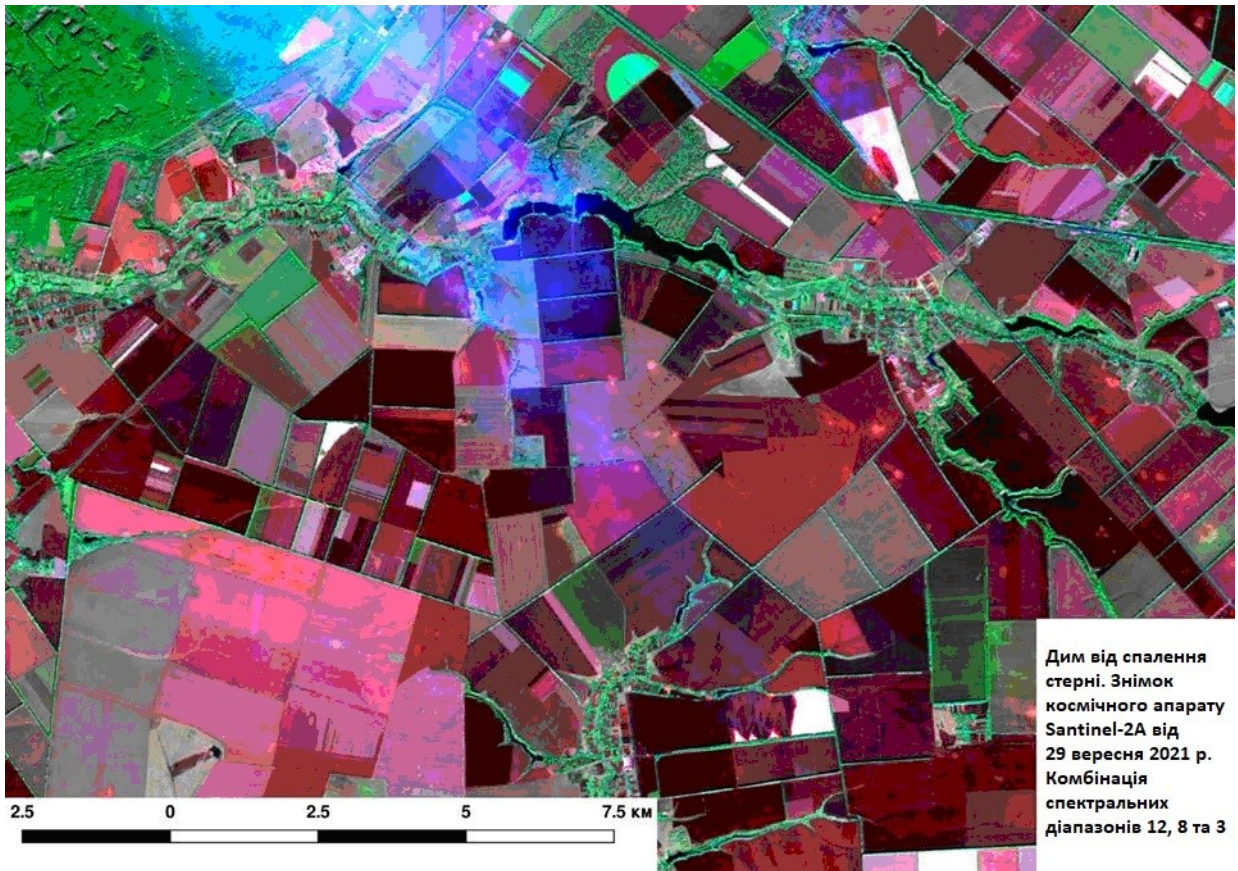


Рисунок 3.6. Інформаційний знімок космічного апарату Sentinel-2A від 29.09.2021р.

Найбільш вірогідним і повним джерелом такої інформації є дані обласних управлінь ДСНС та інші матеріали [106, 107, 108, 109].

Висновки до розділу 3

1. Розроблено ієрархічну модель ерозійних процесів для оцінювання земель сільськогосподарського призначення та визначено важливих вісім факторів, що впливають на ерозійні процеси.

2. Розв'язано актуальну науково-практичну задачу регіонального рівня інтеграції та комплексної обробки даних, отриманих різними методами й системами моніторингу ґрунтів, на основі технологій географічних інформаційних систем із застосуванням можливостей Інтернету та за даними дистанційного зондування.

3. Дістала подальшого розвитку технологія виявлення аномалій на ґрунтовій поверхні за даними різночасової мультиспектральної зйомки.

4. Проведено оцінки забруднення ґрунтів важкими металами та іншими небезпечними речовинами, що дозволило побудувати бази даних забруднення ґрунтів, виконати розрахунки фонового та аномальних вмістів хімічних речовин та побудовані поелементні еколого-геохімічні карти вмісту того чи іншого елемента в ґрунтах. Аналіз отриманих нами результатів показав, що ґрунти досліджуваної території Тернопільської області в цілому забруднена слабо, або майже не забруднена, за винятком окремих аномальних точок.

РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНКИ І ПРОГНОЗУ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

Інформаційно-архітектурна системи моніторингу ґрунтів – здійснюється на основі спостережень, зборі, обробці та аналіз даних моніторингу, – міжвідомчій інтеграції та використанні інформаційного продукту. Інтеграція інформаційних ресурсів та інформаційної взаємодії суб'єктів моніторингу ґрунтів базується на створенні та забезпеченні функціонування єдиної автоматизованої підсистеми збору, обробки, аналізу й зберігання даних та інформації. Об'єднання інформаційних підсистем забезпечує створення комплексної оцінки геоінформаційних систем для оцінки і прогнозу якості ґрунтів. Розглянуто ступені інформатизації мережі моніторингу ґрунтів та визначено цільову орієнтацію на конкретний тип управлінського рішення. Побудовано триангуляційну модель місцевості (TIN) на основі векторного шару ізоліній, проводячи оцифрування інформації з растрової карти. Запропоновано стратегія оцінювання стану ґрунтового покриву на основі інформаційних технологій [110, 111].

4.1. Інформаційно-архітектурна системи моніторингу ґрунтів

4.1.1. Комп'ютерно- інформаційне забезпечення та обробка даних

Процес моніторингу, оцінювання і використання інформації, отримано в результаті функціонування відомчих спостережних мереж, слід розглядати як послідовність взаємопов'язаних дій замкнутого циклу:

– визначення інформаційних потреб суб'єктів і споживачів системи моніторингу;

- визначення стратегії оцінки екологічного стану навколишнього природного середовища та об'єктів територіального управління;
- розробка програм моніторингу, що включає обґрунтування структури, регламенту спостережень, переліку вимірюваних показників, способів їхнього виміру, зберігання, обробки та форм надання споживачам;
- здійснення спостережень, збір, обробка та аналіз даних моніторингу;
- міжвідомча інтеграція та узгодження отриманих даних;
- оцінювання інформації та підготовка на цій основі звітності й пропозицій щодо використання інформаційного продукту.

Послідовне виконання циклу моніторингу загалом має визначатися і плануватися з урахуванням інформаційних потреб органів державної влади та місцевого самоврядування, регіонального соціуму, а також специфіки наявної екологічної ситуації [112].

Адекватність інформації, яка подається за підсумками моніторингу до органів виконавчої влади, природоохоронних структур є необхідною умовою ефективності екологічної безпеки. З огляду на це слід звернути особливу увагу на визначення інформаційних потреб, які мають бути задоволені в результаті здійснення моніторингу навколишнього природного середовища.

Оскільки оцінювання стану навколишнього природного середовища необхідне для різних цілей і різних рівнів, визначення інформаційних потреб має бути диференційовано з урахуванням потреб користувачів. Для обґрунтування повної класифікації типів екологічних оцінок необхідно використовувати суб'єктно-об'єктні відносини, що погоджує в одній системі методичних координат всіх користувачів екологічної інформації (різноманітні суб'єкти – бізнес-структури, населення, територіальні соціуми, окремі громадяни – мають екологічні інтереси) та об'єкти територіального управління, оцінювані з точки зору їхнього екологічного стану [113, 114].

Ступень інформативності отриманих даних може забезпечуватися за рахунок багаторівневої щільності спостережень (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Склад завдань і розподіл робіт, що вирішуються згідно з програмою моніторингу

Вид запланованих робіт	Перлік завдань, що слід вирішити	Частота виконання
Моніторинг атмосферного повітря	<ul style="list-style-type: none"> – Моніторинг джерел викидів забруднюючих речовин; – контроль стану атмосферного повітря в межах промайданчиків, санітарно-захисних і житлових зон; – непрямі методи визначення вмісту забруднюючих речовин 	періодичний захід (згідно з проектом ГДВ, планом-графіком та інтенсивністю забруднень, найбільш довготривалий період – 1 раз на рік)
Газогеохімічний моніторинг	– Контроль за наявністю газу в приповерхневих шарах	Періодичний захід (залежить від інтенсивності загазованості, найбільш довготривалий період – 1 раз на 5 років)
Ґрунтово-геохімічний моніторинг	<ul style="list-style-type: none"> – Геохімічний аналіз ґрунтових проб; – вивчення вертикального розрізу ґрунтів 	Періодичний захід (залежить від інтенсивності забруднення, найбільш довготривалий період – 1 раз на рік)
Моніторинг поверхневих та ґрунтових вод	<ul style="list-style-type: none"> – Заміри гідрологічних параметрів рік; – контроль забруднення поверхневих вод, найближчого до поверхні шару підземних вод та глибоко залягаючих пластових вод 	Періодичний захід (залежить від інтенсивності забруднення, найбільш довготривалий період – 2 рази на рік)
Моніторинг	– Контроль за	Періодичний захід

небезпечних природних явищ	небезпечними екзогенними процесами	(залежить від інтенсивності екзогенних процесів)
Геодезично-маркшейдерські роботи	– Топографічна прив'язка точок відбору проб; – обчислення географічних координат та занесення в базу даних	Протягом всього періоду ведення моніторингу
Комп'ютерно-інформаційне забезпечення та обробка даних	– Робота з АРМ «Еколог»; – заповнення баз даних; – побудова графічних карт, діаграм; – створення моделей	Протягом всього періоду ведення моніторингу

Джерелами інформації можуть бути дані спостережень, звіти, інформація різних типів кадастрів природних ресурсів, розрахунки, експертні оцінки, модельні прогнози, а також бази даних, які містять інформацію статистичного або адміністративного характеру [115].

Стратегія оцінювання стану ґрунтового покриву перебуває на стадії наукового становлення і в практичному додатку має ґрунтуватися на:

- використанні суб'єктно-об'єктного підходу (оцінки суб'єктні, об'єктні, суб'єктно-об'єктні);
- використанні рівнів екологічної оцінки (комплексні або інтегральні індикатори, компонентні та елементні, або приватні);
- принципах екологічного нормування (у перспективі відхід від оцінки відхилення індикаторів від екологічних нормативів типу ГДК тощо і перехід до нових технологій нормування через ланцюжки «вплив»-«доза або «експозиція суб'єкта»-«ризик»-«ефект»-«наслідки»-«стан»;
- використанні ієрархії операційних територіальних одиниць (однорідна для точки спостережної мережі територія, для якої дані вимірювань представницькі та незмінні у просторі, як правило, до середини відстані між точками вимірювання).

4.1.2. Інструменти оцінювання стану ґрунту

Комбіноване використання різних видів досліджень і спостережень, у тому числі фізичних параметрів, хімічного аналізу, біологічних показників, дає змогу розширювати можливості для виявлення причинно-наслідкових зв'язків стану оцінки ґрунтів та чинників впливу на них. Такий підхід забезпечує також підвищення рівня економічної ефективності стратегії оцінки порівняно з підходом, який здебільшого базується на екологічному [116, 117].

Одним з інструментів оцінювання стану ґрунтів є оцінка ризику, яка значною мірою може сприяти, як у сфері моніторингу навколишнього середовища, так і в природоохоронній діяльності. В Європейському Союзі, у сфері моніторингу ґрунтів, атмосфери, загальноприйнятою є методологія оцінки ризиків впливу забруднення атмосфери на здоров'я людини.

Облік оцінки ризику спрямований допомагати владним і природоохоронним структурам вирішувати питання щодо запобігання кризовим ситуаціям, підвищити можливість прийняття оптимальних рішень, які сприятимуть більш ефективному використанню коштів [118].

Для виконання функції збору, зберігання, обробки та аналізу даних і підготовки необхідної інформації на їхній основі мають діяти відповідні структурні підрозділи. З метою забезпечення інтеграції інформаційних ресурсів та інформаційної взаємодії суб'єктів моніторингу необхідне створення та забезпечення функціонування єдиної автоматизованої підсистеми збору, обробки, аналізу й зберігання даних та інформації.

Функціонування цієї підсистеми має відповідати таким принципам:

- співставлення технічного та програмного забезпечення;
- запровадження єдиних уніфікованих форм представлення даних і форм зберігання даних та інформації (баз даних);

– відкритості інформаційних систем для розширення і впровадження нових напрямів.

Ядром цієї підсистеми є просторово розподілений екологічний банк даних системи регіонального моніторингу ґрунтів Тернопільської області.

До основних функцій бази даних можна зараховувати такі:

– інтеграція всіх видів інформаційних ресурсів (геоінформаційні бази даних, космоснімки, схеми, растри готових тематичних карт, фотографії і ін.), необхідних для забезпечення користувачів усіх рівнів;

– збір, зберігання і надання інформації про структуру суб'єктів системи екологічного моніторингу;

– підтримка методично єдиної системи введення та накопичення інформації в різних типах просторово розподілених баз і банків даних;

– забезпечення єдиної системи класифікації та кодування об'єктів і суб'єктів моніторингу, а також їхніх атрибутів;

– організація зберігання накопичених даних на основі різних типів технічних засобів і магнітних носіїв, що стикаються між собою;

– актуалізація даних, необхідних для аналізу та оцінки поточного стану ґрунтів;

– забезпечення доступу всіх користувачів до всіх видів інформації, відповідно до їхніх рівнів і пріоритетів;

– захист інформації від несанкціонованого доступу.

Всі вищеперераховані принципи побудови інформаційної підсистеми можуть бути реалізовані за допомогою геоінформаційних систем, які поряд з усіма властивостями, пропонованими звичайними СУБД, надають широкий спектр функцій для роботи з просторовою інформацією. Стандартом ГІС, який використовується на державному рівні, є програмний комплекс «ArcGis». З огляду

на це доцільно вибрати саме цей програмний продукт для використання в системі регіонального моніторингу [119].

Перевагою цієї системи також є її багаторівневність, тобто залежно від виконуваних завдань користувач може вибирати або повнофункціональну систему, що містить повний спектр функцій для роботи з просторовою і атрибутивною інформацією, або полегшений дешевший варіант, що дає змогу виконувати основні функції настільної геоінформаційної системи [49, 50, 73]. Ще одним з важливих переваг цієї системи є підтримка всіх найбільш поширених на ринку України форматів зберігання даних та інформації, що дозволить впроваджувати в систему дані, створені як за допомогою спеціалізованих відомчих програм, так і стандартних програм («Word», «Excel», «AutoCAD» та ін.). На рис. 4.1. представлена архітектура регіональної ГІС, заснована на ідеології «ArcGisDesktop» – інтегрований набір передових додатків ГІС, які становлять інструментальний набір створення і виконання складних процедур просторового аналізу. Система «ArcView» підтримує базовий набір засобів простого завантаження даних і перетворення форматів даних, а також фундаментальні засоби аналізу даних.

Система «ArcInfo» пропонує всеосяжний набір більш ніж 200 засобів геообробки для векторного аналізу, перетворення даних, завантаження даних і роботи з усіма підтримуваними форматами. Більш ніж 200 інструментів моделювання та аналізу просторово розподіленої інформації надаються через механізм модулів розширень «ArcGis», наприклад, через «3D Analyst», «SpatialAnalyst» і ін. [120].

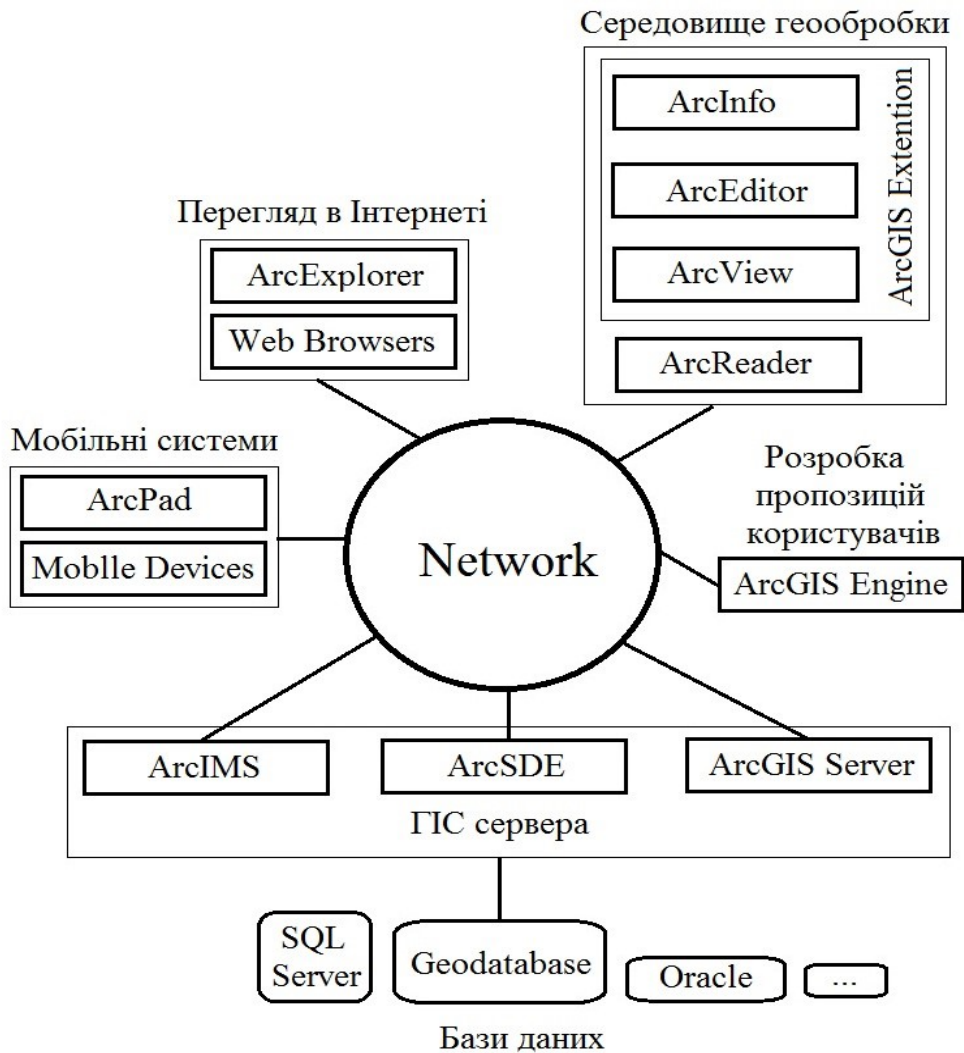


Рис. 4.1. Модель функціонування банку даних на програмно-інформаційній базі «ArcGIS 9»

«ArcGisEngine» – це повнофункціональна бібліотека вбудованих компонент для розробки спеціалізованих додатків за допомогою, «NET», «COM», «Java», «C++». «ArcGis Server» – це корпоративний сервер додатків ГІС, який пропонує можливість централізованого управління сервісними процедурами. Картографування, геокодування, запити, редагування, просторовий аналіз – це приклади функціональності, яка може бути використана клієнтами на основі інтернет-браузерів спеціалізованими додатками.

«ArcIMS» – сервіси ГІС в Інтернеті для опублікування карт, даних і метаданих через відкриті мережеві протоколи.

«ArcSDE» – інтерфейс управління базою геоданих, збереженої в одній з різних реляційних СУБД. Це програмне забезпечення побудовано на клієнт-серверній технології і призначене для зберігання, управління та швидкого отримання просторових даних з розподілених СУБД, таких як «Oracle», «Microsoft SQL Server», «IBM DB2» і «Informix».

«ArcSDE» відіграє фундаментальну роль у розгортанні розподілених ГІС. Передбачає нарощування рішення, що дає змогу легко інтегрувати просторові дані з атрибутивною інформацією, наявною в окремих відомствах, і розвивати систему до рівня міжвідомчої територіальної ГІС.

Система «ArcEditor» охоплює, крім перерахованих вище, також інструменти створення і завантаження бази геоданих.

З використанням «ArcSDE ГІС»-додатки можуть напряму працювати з просторовими даними, що зберігаються, і керованими розподіленими СУБД. Як клієнти сервера «ArcSDE» можуть бути додатки «ESRI» (ArcInfo, «ArcEditor», «ArcView», «ArcIMS» та ін.) і провідні засоби «САПР» («MicroStation» і «AutoCAD»), а також власні програми або продукти сторонніх розробників. «ArcPad», «WAP Phone», «WebBrowser» – це мобільні додатки, що дають допомогу передавати та отримувати інформацію безпосередньо в точках проведення спостережень по бездротовій мережі, що дуже важливо при проведенні кризового моніторингу [49, 50].

Функціональним продовженням створення інформаційних ресурсів оцінки ґрунтового покриття. Система моніторингу ґрунтів є частиною системи управління територіальним розвитком громад, що дає змогу використовувати напрацьовані підходи до аналізу моделей управлінських рішень органів регіонального управління [121].

Важливе значення для підвищення ефективності використання результатів функціонування системи моніторингу ґрунтів мають розробки методик оцінки екологічного стану об'єктів управління, а також оцінки екологічного стану (екологічної ситуації) територій.

В Україні поки не розроблені ефективні методики інтегральної оцінки екологічної ситуації (на міжвідомчому і міжгалузевих рівнях). Аналіз підходів до оцінок екологічних ситуацій підтвердив, що оцінювання проводиться при недостатньому обліку просторових законів, структури геосистем, просторових і часових масштабів явищ.

Здебільшого не враховуються ситуації, що складаються на сусідніх територіях, які, з одного боку, прямо впливають на екологічну ситуацію на території, що вивчається, а з іншого – визначають потенційні небезпеки. Недостатньо враховані специфіка територіальних одиниць збору інформації, та структура середовища суб'єктів.

Серед користувачів інформаційних ресурсів визначаємо основні категорії:

- постійні, що періодично інформують місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, суб'єкти моніторингу та їхні регіональні структури;

- користувачі, які звертаються за нерегламентованим запитом;

- засоби масової інформації та інші недержавні структури.

Одним з найбільш актуальних завдань розвитку територіального екологічного моніторингу є подолання міжвідомчих бар'єрів [122].

Ефективність відомчих систем спостереження враховує, такі оцінки:

- просторово-тимчасового дозволу мережі (мінімальний розмір і тимчасова мінливість спостережуваних об'єктів);

- оперативності спостережної мережі, тобто часу доставки споживачеві стандартної та екстремальної інформації;

- ступеня інформатизації моніторингу (автоматизація збору, зберігання, обробки і доставки споживачеві даних моніторингу);
- ступенем відповідності визначеної суб'єктом моніторингу мети (цільова орієнтація на конкретний тип управлінського рішення).

4.1.3. Аналіз геопорталів для оцінки та прогнозу якості ґрунтів

Аналіз геопорталів дозволив виявити інформацію про паспортизацію земельних ділянок, метеорологічну обстановку під час сезону і структуру рельєфу місцевості (рис. 4.2., рис. 4.3. та рис. 4.4).

Аналіз геопорталу «Публічна кадастрова карта України» проводився для ознайомлення із рівнем приватизованості земельних ділянок з метою аналізу їх використання за цільовим призначенням відповідно до певної категорії земель та виявлення осіб, які відповідають за це.

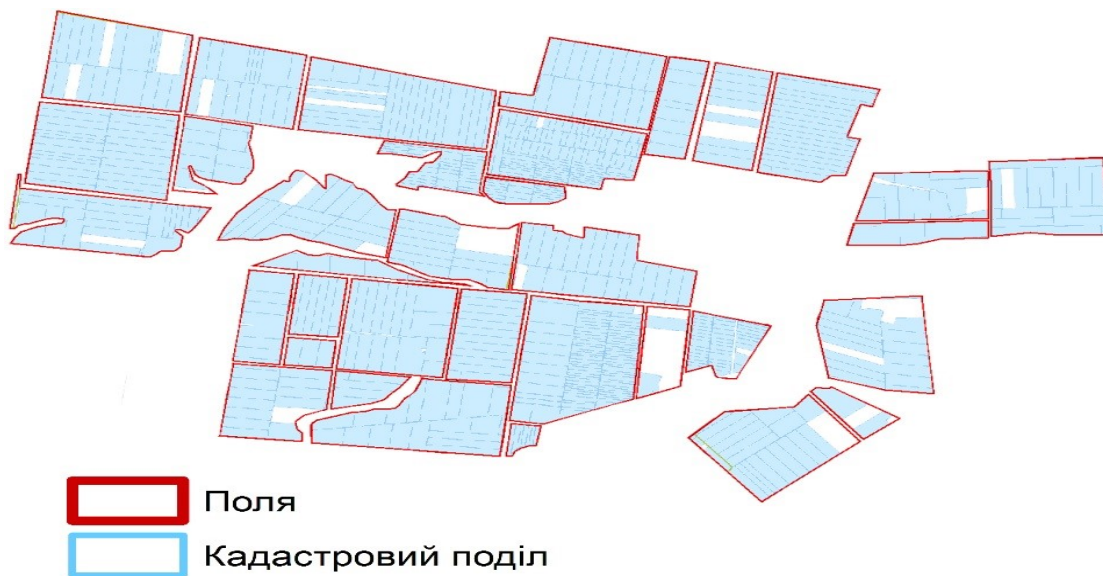
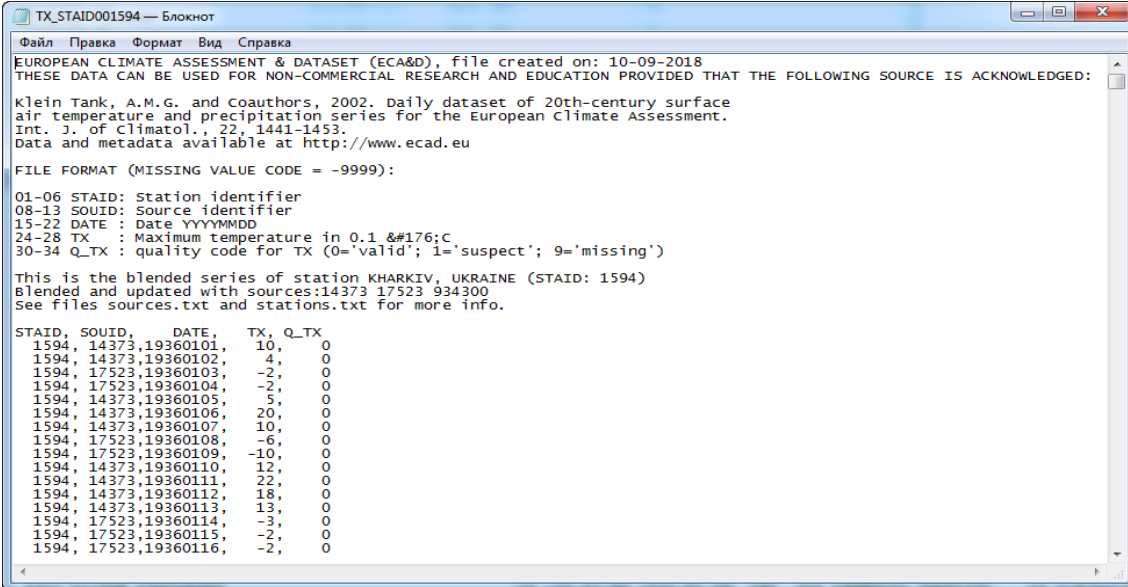


Рис. 4.2. Дані проведення паспортизації земельних ділянок Агрофірми Континенталь з геопорталу «Публічна кадастрова карта України» (<http://map.land.gov.ua> [90, 91, 92]).



```

TX_STAID001594 — Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
EUROPEAN CLIMATE ASSESSMENT & DATASET (ECA&D), file created on: 10-09-2018
THESE DATA CAN BE USED FOR NON-COMMERCIAL RESEARCH AND EDUCATION PROVIDED THAT THE FOLLOWING SOURCE IS ACKNOWLEDGED:
Klein Tank, A.M.G. and Coauthors, 2002. Daily dataset of 20th-century surface
air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment.
Int. J. of Climatol., 22, 1441-1453.
Data and metadata available at http://www.ecad.eu
FILE FORMAT (MISSING VALUE CODE = -9999):
01-06 STAID: Station identifier
08-13 SOUID: Source identifier
15-22 DATE : Date YYYYMMDD
24-28 TX   : Maximum temperature in 0.1 &#176;C
30-34 Q_TX : quality code for TX (0='valid'; 1='suspect'; 9='missing')
This is the blended series of station KHARKIV, UKRAINE (STAID: 1594)
Blended and updated with sources:14373 17523 934300
See files sources.txt and stations.txt for more info.
STAID, SOUID, DATE, TX, Q_TX
1594, 14373, 19360101, 10, 0
1594, 14373, 19360102, 4, 0
1594, 17523, 19360103, -2, 0
1594, 17523, 19360104, -2, 0
1594, 14373, 19360105, 5, 0
1594, 14373, 19360106, 20, 0
1594, 14373, 19360107, 10, 0
1594, 17523, 19360108, -6, 0
1594, 17523, 19360109, -10, 0
1594, 14373, 19360110, 12, 0
1594, 14373, 19360111, 22, 0
1594, 14373, 19360112, 18, 0
1594, 14373, 19360113, 13, 0
1594, 17523, 19360114, -3, 0
1594, 17523, 19360115, -2, 0
1594, 17523, 19360116, -2, 0

```

Рис. 4.3. Фрагмент архіву спостереження за метеорологічними показниками температури повітря від агрофірми Континенталь до найближчої державної метеорологічної станції.

Інформація про температуру, кількість опадів (сніг, град та дощі), силу та напрямок вітру у поєднанні із проведенням моніторингу поточної ситуації за даними ДЗЗ дозволяє відстежувати кореляцію місць підтоплення, опустелювання та заболочення по окремо взятих земельних ділянках з погодними умовами, а також здійснювати оперативні заходи що до виправлення таких ситуацій, та приймати управлінські рішення що до проведення ґрунтозахисних заходів, які зменшують ефекти вітрової та водної ерозії [123].

Побудова рози вітрів дозволяє відстежувати закономірності у напрямках розвитку процесів вітрової ерозії ґрунтів (рис.4.4).



Рис. 4.4. – Роза вітрів за даними метеорологічних спостережень

Тематичні задачі проведення такого аналізу в залежності від пори року наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Оптимальні для аналізу стану сільськогосподарських культур, часові інтервали

Інтервал	Задачі
Жовтень березень	- Вивчення динаміки сніжного покриву; Оцінка накопиченої вологи; Оцінка паводкової ситуації; Оцінка готовності угідь до наступного сезону.

Квітень – травень	Визначення площі ріллі, що займають озимі культури; Визначення площі земель без осінньої післяжнивної обробки ґрунту; Оцінка стану озимих; Оцінка якості проведення осушувальної меліорації; Визначення міри зволоженості ґрунтів; Визначення температури поверхні.
Червень – липень	Визначення площі земель під зерновими, рільними та технічними культурами; Оцінка стану сходів культур; Оперативна оцінка стану рослинності, оцінка фітомаси врожаю; Проведення робіт щодо визначення ділянок, потребуючих внесення добрив; Моніторинг та оцінка якості зрошувальних робіт; Прогнозування та попередня оцінка врожайності.
Серпень вересень	- Моніторинг збиральних робіт; Оцінка готовності угідь до наступного сезону.

Як видно із таблиці 4.2. для кожного періоду вегетації сільськогосподарських зернових культур існують певні відповідні задачі до проведення аналізу їх поточного стану за даними ДЗЗ, що тісно зв'язані із аналізом температурних показників, кількістю опадів, а також силою та напрямком вітру.

4.2. Побудова моделі рельєфу ґрунтового покриття

4.2.1. Проведення аналізу рельєфу поверхні

Аналіз рельєфу місцевості проводився у середовищі програмного комплексу ArcMap. Для побудови моделі рельєфу можна використовувати дані цифрової радарної SRTM зйомки, або векторний шар ізоліній висот. Для територій тестових ділянок було вирішено побудувати триангуляційну модель місцевості (TIN) на

основі векторного шару ізоліній, що був створений на основі оцифрування інформації з растрової карти. Вбудована функція 3D Analyst програмного модулю ArcMap дозволила побудувати TIN-модель рельєфу (рис. 4.5).

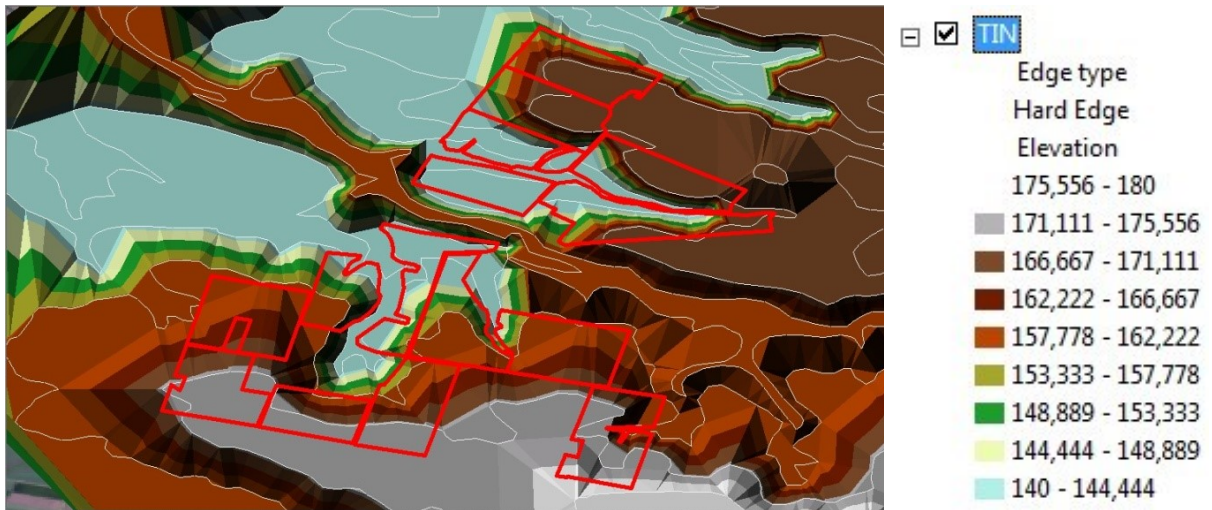


Рис. 4.5. TIN модель рельєфу

Функція 3D Analyst також дозволяє вивчати кути нахилу поверхні в градусах або відсотках (за допомогою елементу SurfaceAnalysysSlope), результат використання цього елементу наведений на рисунку 4.6.

Побудовані моделі дозволяють судити про вірогідні напрями:

- а) міграції твердого стоку та питомих речовин з с/г ділянок;
- б) негативного впливу техногенних об'єктів, напрями притоку небезпечних хімічних речовин та важких металів до досліджуваних ділянок;
- в) вивітрювання, опустинювання, підтоплення, затоплення чи заболочування на територіях с/г ділянок;
- г) напрями та місця додаткового внесення пестицидів або добрив, задля отримання більш якісного врожаю.

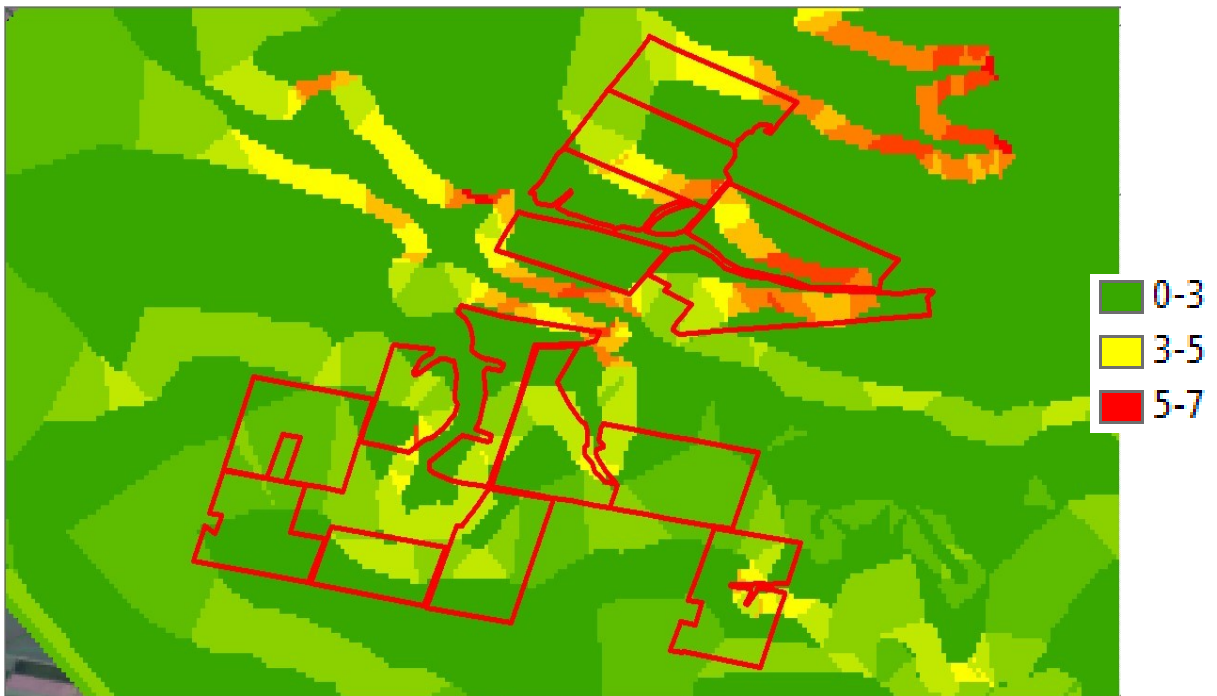


Рис. 4.6. Кути нахилу ґрунту (у градусах)

Таким чином було визначено напрямки та стрімкість схилу для кожного сільськогосподарського угіддя, що можна використовувати за основу при прийнятті рішень про місцезнаходження точок проведення контрольного відбору проб хімічного складу ґрунту задля отримання чисельних коефіцієнтів впливу техногенних об'єктів, змісту важких металів, виносу твердого стоку, тощо [95, 96]. Після отримання таких даних побудовано тримірну геомодель досліджуваного об'єкту з урахуванням його фізичних та хімічних характеристик, що дає можливість проводити більш раціональне використання земельних ресурсів та підвищує якість та кількість врожаю. Крім того для кожного сільськогосподарського об'єкту можна буде сформувати паспорт поля, що є дуже актуальним питанням у нинішній час.

4.3. Геоінформаційні моделі техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми

4.3.1. Основні тенденції техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми.

Одна з основних тенденцій у сфері вирішення задач моніторингу та геоінформаційного моделювання техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми, що їх складають, полягає у зростанні ролі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу. До таких даних відносять й дані космічної супутникової зйомки – мультиспектральної, гіперспектральної, панхроматичної, радарної [124].

Оперативний супутниковий контроль за станом техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми є ефективним інструментом для спостереження та оцінки впливу людської діяльності на навколишнє середовище. Цей вид контролю забезпечує можливість отримувати інформацію на великій території з високою роздільною здатністю, що дозволяє виявляти зміни та використання землі, зміну стану ґрунтових екосистем. Супутникові дані можуть бути використані для визначення таких параметрів, як зміна використання землі, деградація ґрунту, забруднення, зсуви та інші процеси, пов'язані з техногенним навантаженням на ґрунтові екосистеми. Це дає змогу виявляти проблемні зони, встановлювати зв'язки між діяльністю людини і змінами у структурі та функціонуванні ґрунтів.

Супутниковий моніторинг може використовуватися в поєднанні з іншими методами, такими як наземні спостереження, вимірювання в лабораторних умовах, моделювання та аналітика даних, щоб отримати комплексну оцінку стану техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми і прогнозувати можливі наслідки цих змін. Комбінування різних джерел даних дозволяє отримати більш повну картину стану ґрунтових екосистем і виявити залежності між техногенним навантаженням і його наслідками.

Операційний супутниковий моніторинг дозволяє здійснювати на великій території без необхідності фізичного присутності на місці, що є особливо корисним для віддалених або важкодоступних районів. Висока роздільна здатність супутникових зображень дозволяє виявляти навіть невеликі зміни в структурі та використанні ґрунтів. Застосування супутникового контролю за станом техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми має значний потенціал у багатьох сферах, включаючи сільське господарство, лісове господарство, будівництво, охорону навколишнього середовища та управління природними ресурсами. Супутниковий контроль може служити інструментом для оцінки ефективності заходів з мінімізації техногенного впливу на ґрунти та впровадження екологічно сталих практик. [125]. Системний підхід у вирішенні проблеми екологічної стійкості території є необхідним, та враховує багато чинників антропогенного походження, що впливають на екологічну безпеку в регіоні, де результати ДЗЗ є регулярно оновлюваним джерелом даних, охоплюючи широкий спектр масштабів (від 1:2 000 до 1:10 000 000).

При вирішенні задачі моніторингу техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми за допомогою даних дистанційного зондування Землі на передній план виходить ландшафтознавчий підхід, що трактує образ земної поверхні, отриманий за допомогою супутникової апаратури, як складну геоекотехнічну систему, всі складові якої тісно пов'язані та знаходяться у постійній взаємодії. Ландшафт розглядається як результат сукупної природної та людської активності [126]. При цьому у ландшафті відбиваються і зберігаються сліди різночасової активності, таким чином, що більш нові фази діяльності не знищують результатів попередніх. Це обумовлює цінність ландшафтів з точки зору дослідження геоекотехнічних систем не лише у просторовому, а й в часовому розрізі.

Активна техногенна діяльність може порушувати структурну цілісність і конфігурацію ландшафтів, перешкоджаючи природним процесам, що протікають

у них, або спотворюючи їх. Порушення конфігурації ландшафту може піддавати ризику функціональну цілісність, втручаючись у критичні екологічні процеси, необхідні для сталості популяції й збереження біорізноманіття та екологічного здоров'я. У окремих регіонах з порушеннями конфігурації ландшафтів пов'язані просідання ґрунтів, зсуви, горіння і т.ін. Тому в останні періоди багато зусиль докладено до розробки методів кількісної оцінки малюнка ландшафту, що є вихідними даними для вивчення взаємозв'язків «конфігурація-процес». На цей час розроблені сотні показників (ознак) малюнка ландшафту, чому сприяє поширення комп'ютерних технологій і, у тому числі, ГІС [49]. Найбільше значення має встановлення прямих зв'язків між зміною показників ландшафту і техногенним навантаженням на них, з урахуванням специфіки регіонів.

4.3.2. Ландшафтознавчий підхід до вивчення ґрунтових систем

Згідно з сучасними уявленнями, ландшафт – це різнорідна ділянка території, складена з кластерів екосистем, що взаємодіють і повторюються в близьких формах по всій території. У понятті «ландшафт» пов'язані всі компоненти природного середовища – літосфера, атмосфера, гідросфера, ґрунтовий покрив, біосфера і, зазвичай, людина з результатами її діяльності. За ландшафтознавчим підходом, географічна оболонка є ієрархічно внутрішньо організованою та певним чином впорядкованою множиною взаємопов'язаних елементів підсистем (структур нижчого рангу). Отже, будь-яка територія з позиції вчення про ландшафти може бути представлена сукупністю взаємопов'язаних геоінформаційних систем визначеного таксономічного рівня. Це спричинило суттєві зміни в ландшафтній структурі та погіршило екологічний стан навколишнього середовища. Для дослідження стану урбанізованих територій доцільним є використання концепції природно-техногенних систем, в якій

природна геосистема, антропогенні ландшафти та технічні об'єкти тісно пов'язані між собою, складно взаємодіють і зумовлюють синергетичний ефект. З точки зору ландшафтознавчого підходу до вивчення ґрунтових систем остання розглядається як комплекс природних та антропогенно змінених ландшафтів у результаті їх цілеспрямованого функціонального використання, обмежений близькими чи подібними природними умовами та соціофункціональним розвитком території. Цілісність та еколого-ресурсна стійкість функціонування ландшафтів забезпечується техногенним масопереносом речовини і енергії із технологічних суспільних процесів у природу та їх перерозподілом [127]. Природні комплекси у результаті включення їх у природно-техногенні системи змінюються під впливом власне технічного елемента як фізичного тіла. Техногенні трансформації антропогенних ландшафтів зумовлюють надзвичайне ускладнення ландшафтної структури [128].

Окремі ландшафти групуються в ландшафтні комплекси, які є структуризованою цілісністю взаємопов'язаних, взаємодіючих і взаємозалежних компонентів природного середовища, які трансформуються під дією зовнішніх техногенних факторів, у тому числі пов'язаних із соціально-технічним розвитком міста.

4.3.3. Особливості дослідження ґрунтових систем методами ДЗЗ

У загальному випадку існує два методи отримання вихідної інформації про складові ґрунтового покриву: контактний та дистанційний.

Контактний підхід до дослідження ґрунтового покриву включає прямий фізичний контакт з ґрунтом шляхом відбирання проб і проведення різних вимірювань та аналізів. Цей метод надає детальну інформацію про фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, а також його структуру та склад.

Основні етапи контактного дослідження ґрунтового покриву включають:

- відбір проб, виконується відбір репрезентативних проб ґрунту з різних глибин і зон досліджуваної території. Проби можуть бути зібрані за допомогою землерийних знарядь, ямкових вишок або спеціальних зразків збору ґрунту.

- фізичні виміри, вимірювання включають такі параметри, як текстура ґрунту (пропорції піску, глини та супіщаних фракцій), структура (агрегатність, гранулометричний склад), вологість, щільність, гідродинамічні властивості та інші фізичні характеристики.

- хімічний аналіз, зібрані проби ґрунту піддаються хімічному аналізу для визначення таких показників, як рН, вміст органічної речовини, макро- та мікроелементи, хімічний склад, забруднення токсичними речовинами та інші хімічні показники.

- біологічний аналіз, дослідження ґрунтового покриву також включає оцінку біологічних аспектів, таких як біорізноманіття, мікробіологічна активність, наявність та розподіл мікроорганізмів, насіння.

- морфологічний аналіз, виконується опис морфологічних характеристик ґрунту, таких як колір, структура, текстура, наявність шарів та інші ознаки, що можуть вказувати на розроблені процеси.

- вимірювання водно-повітряного режиму, проводяться вимірювання вологості ґрунту на різних глибинах, капілярного підйому вологи, водопроникності, вологозапасу, насиченості ґрунту вологою, а також проводяться спостереження за рівнем ґрунтової води.

- ґрунтова механіка, виконуються вимірювання механічних властивостей ґрунту, таких як міцність, пластичність, пружність, деформаційні характеристики, компресія та інші показники, що дозволяють визначити поведінку ґрунту при навантаженнях.

Інтеграція та аналіз даних. Отримана інформація з проб ґрунту аналізується та інтегрується для отримання повної карти стану ґрунтового покриву. Використовуються геоінформаційні системи та статистичні методи для обробки та аналізу даних.

Контактний підхід дозволяє отримати детальну інформацію про фізичні, хімічні, біологічні та механічні характеристики ґрунтового покриву. Використання цього методу разом з іншими методами, такими як дистанційне зондування Землі, допомагає отримати повну і комплексну картину ґрунтових систем і розуміння їх функцій та властивостей [49, 50, 73].

Дистанційний образ ґрунтових систем відноситься до процесу отримання інформації про ґрунтові характеристики та їх стан за допомогою дистанційного зондування Землі. Цей процес включає збір даних з різних дистанційних джерел, таких як супутники, літаки або дрони, а потім аналіз та інтерпретацію цих даних для отримання інформації про ґрунтову систему.

Отримання дистанційного образу ґрунтових систем включає такі кроки:

- Збір даних. Використовуючи спеціальні датчики та інструменти, здійснюється збір даних про ґрунтовий покрив з різних дистанційних джерел. Це може включати фотографії від супутників або зображення в різних спектральних діапазонах.

- Обробка даних. Отримані дані піддаються обробці та обробленню для покращення якості зображень та вилучення корисної інформації. Це може включати калібрування, корекцію атмосферних впливів, усунення шуму та інші обробки.

- Моніторинг. Дистанційний образ ґрунтових систем може бути використаний для систематичного моніторингу стану ґрунтової системи в часі. Це дозволяє виявляти зміни, тенденції та проблеми, пов'язані з ерозією, деградацією ґрунту та іншими процесами.

- Планування та управління. Інформація, отримана з дистанційного образу ґрунтових систем, може бути використана для планування та управління земельними ресурсами. Вона надає цінні дані для визначення оптимального використання землі, оцінки потенційних ризиків та прийняття рішень з охорони та відновлення ґрунту.

- Моделювання. Дистанційний образ ґрунтових систем може бути використаний для розробки моделей, що описують поведінку ґрунту.

Дистанційний аналіз ґрунтових систем є потужним інструментом для отримання інформації про ґрунтову систему на великій території і в різних масштабах. Він дозволяє отримати об'єктивні дані, використовувати їх для наукових досліджень, розробки стратегій управління та прийняття обґрунтованих рішень з питань землекористування та охорони навколишнього середовища.

Отже, певний набір ландшафтних комплексів та їх співвідношення характеризують окремі образи ґрунтових систем. Ці образи найефективніше вивчати за допомогою супутникових зйомок земної поверхні у різних діапазонах спектру[50, 73].

Глибинна геологічна будова, зони підвищеної проникності, мінералогічний склад гірських порід, кліматичні умови, геохімічні зміни, антропогенне забруднення та шляхи його перенесення і поширення, прояв ендегенних та екзогенних явищ і процесів, що обумовлені техногенно, належать до прихованих ознак. Саме вони є геоекологічними характеристиками, тобто формують геоекологічну ситуацію (короткотривалу) чи геоекологічний стан (тривалий). У таких випадках застосовують ландшафтну індикацію: використовують зовнішні ознаки та зв'язки в природній системі для пізнання тих компонентів та явищ, які малодоступні для безпосередніх візуальних спостережень і прямо не виявляються за аерокосмічними матеріалами [129].

На сучасному етапі використання дистанційної інформації для задач вивчення екологічного стану, поряд з аналізом малюнка зображення та встановленням ландшафтної структури за інтегральними аерокосмічними знімками, все частіше вивчають прояв властивостей певних елементів ландшафту за спектральними ознаками в різних діапазонах електромагнітного спектра. Визначення зміни спектра яскравості окремих діапазонів або їх співвідношень дає змогу виявити відхилення характеристик ландшафтних об'єктів, явищ і процесів від нормального стану (підтоплення, ерозія, порушення геологічного середовища тощо). Геоекологічний аналіз саме і досліджує різноманітну низку зв'язків між природою, людиною, соціумом, господарством, а геоекологічна оцінка визначає стан навколишнього середовища і сприяє винайденню шляхів раціонального просторового розміщення і використання природних, господарчих, соціальних об'єктів у межах геоекотехнічних систем [130, 131].

Кожен аерокосмічний знімок є носієм двох видів інформації – вимірювальної і семантичної. Точність вимірювальної інформації є похідною від фотограмметричної якості знімка, обсяг семантичної інформації залежить від просторової та радіометричної розрізненості зображення, розміру кадру зображення тощо [132]. Перелічені чинники є причиною того, що точність, повнота, вірогідність аерокосмічної інформації про об'єкти зондування завжди є обмеженими. Інформаційна модель ефективного прийняття рішень, для вивчення оціни та прогнозу якості ґрунтів (рис. 4.7).

Інформацію можна отримувати одночасно у багатьох спектральних діапазонах і реєструвати на космічних знімках з різною просторовою розрізненістю (розрізняювальною здатністю). У такому разі отримуємо, так би мовити, множину спектральних зрізів об'єктів, причому просторова розрізненість певного знімка–зрізу задає дозволений рівень розгляду геометричних (просторових) деталей об'єктів на відповідному зображенні. Таким чином, під час

дистанційного спостереження за допомогою багатоспектральних космічних засобів об'єкт відображується низкою моделей різної просторової детальності.

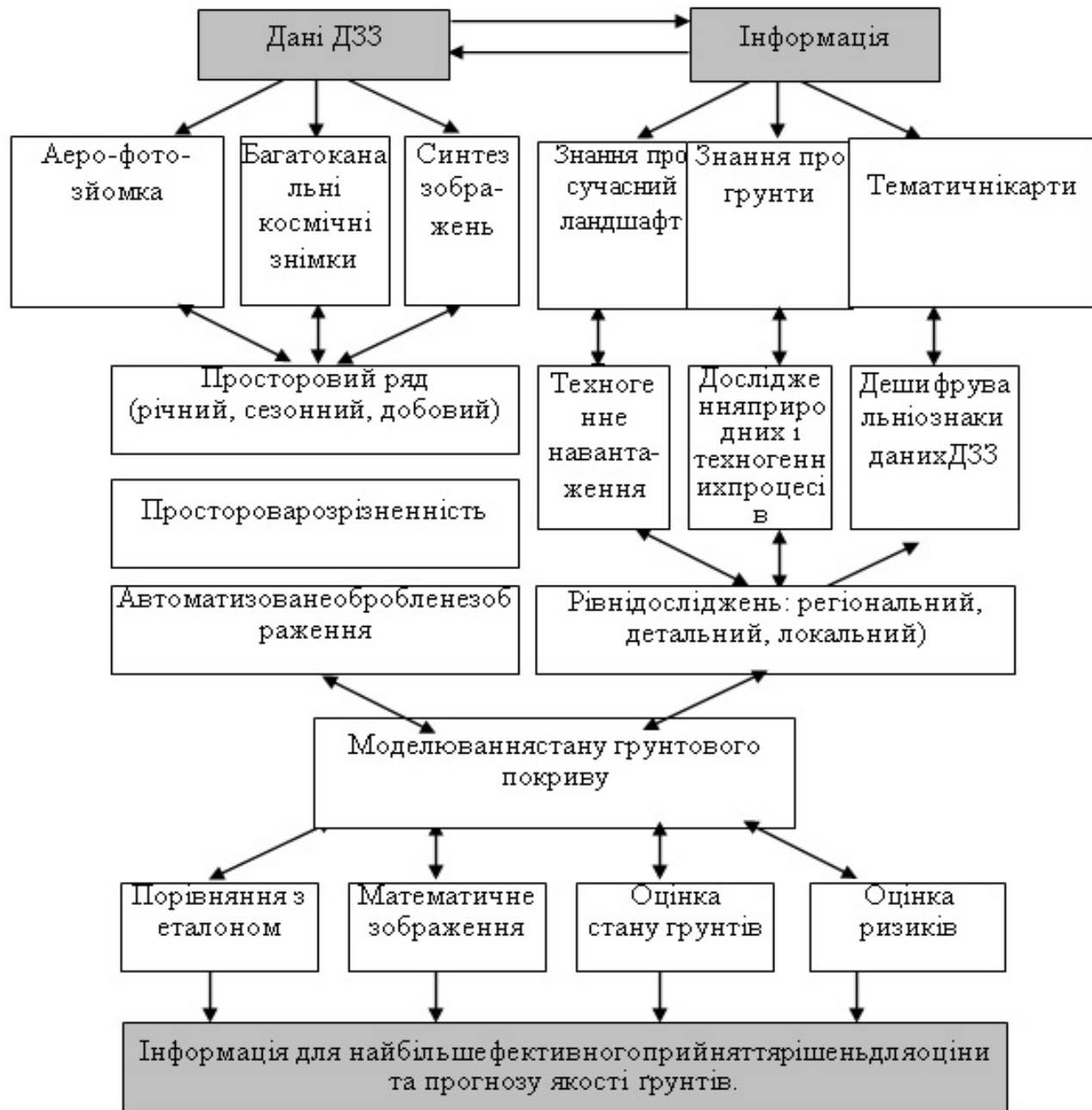


Рисунок 4.7. Інформаційна модель ефективного прийняття рішень, для вивчення оцінки та прогнозу якості ґрунтів. на основі геоінформаційних систем.

У процесі досліджень використовується інформація про види, діапазони та час зйомок; зібрані дані щодо ландшафтних дешифрувальних ознак території; визначені індикатори геоecологічного стану системи. (геоіндикатори); проведена автоматизована обробка багатозонального зображення; проаналізовано розвиток екзогенних геологічних процесів, дешифровано лінеаментні зони. У результаті будуються карти розміщення техногенних об'єктів і тематичні карти на основі космічних даних; виконують порівняльний аналіз ситуаційних дистанційних зображень; отримують оперативну інформацію про зміни стану ґрунтових систем, а за допомогою математичного апарату, класифікацій і моделювання оцінюють геоecологічний стан території [133].

4.4. Визначення спектральних діапазонів ДЗЗ для геоecосистем землекористування

Дані, отримані з дистанційного зондування Землі з космосу, відіграють важливу роль при рішенні екологічних задач:

- моніторинг та виявлення змін, забезпечує можливість моніторингу великих територій та виявлення змін в природному середовищі. Це дозволяє виявляти деградацію лісів, зміни в землекористуванні, забруднення водойм та інші екологічні проблеми;

- виявлення екологічних криз, дає змогу виявляти екологічні кризи, такі як забруднення повітря, масове вимирання видів, зміни клімату тощо. Це допомагає оперативно реагувати на такі ситуації та приймати ефективні заходи для збереження навколишнього середовища;

- оцінка природних ресурсів, дозволяє оцінювати різні природні ресурси, такі як ліси, водні ресурси, ґрунти тощо. Це надає важливу інформацію для планування

використання цих ресурсів, виявлення проблем та прийняття рішень щодо їх ефективного управління.

- дослідження зміни клімату, допомагає вивчати зміну клімату шляхом вимірювання параметрів атмосфери, поверхневої температури, покриву льоду та інших факторів. Це дає змогу аналізувати та передбачати зміни в кліматичних умовах і приймати відповідні заходи.

- планування та управління розвитком, дані дистанційного зондування Землі з космосу надають цінну інформацію для планування та управління розвитком територій з екологічною перспективою.

- прогнозування ризиків та природних лих, дистанційне зондування надає змогу прогнозувати ризики та природні лиха, такі як повені, зсуви ґрунту, посухи, пожежі.

- міжнародне співробітництво та розробка політики, дистанційне зондування Землі з космосу є глобальним інструментом, який дозволяє збирати дані на великій території та в різних країнах.

В цілому, дані дистанційного зондування Землі з космосу відіграють важливу роль розвитку екологічної науки, плануванні та управлінні екологічними процесами, прийнятті рішень щодо збереження та відновлення природних ресурсів, виявленні та моніторингу екологічних проблем. Вони допомагають зрозуміти стан природних екосистем, виявити зміни та тренди, визначити причини екологічних проблем та їх взаємозв'язок з глобальними процесами. Дані дистанційного зондування є об'єктивними, повторюваними та широкомасштабними, що дозволяє здійснювати комплексний аналіз екологічного стану територій і розробляти науково обґрунтовані рекомендації для збереження та сталого використання навколишнього середовища [134].

Нині із застосуванням методів ДЗЗ з космосу успішно розв'язуються тематичні задачі за такими основними напрямками: геологія, землекористування,

лісогосподарство, сільське господарство, океанологія, моніторинг надзвичайних ситуацій та ін. Цільовими предметами дистанційного спостереження та вивчення можуть бути природні або техногенні об'єкти, біотична (біосфера) або абіотична складова природного середовища (літосфера, гідросфера та атмосфера) [135].

У таблиці 4.3. наведений перелік тематичних завдань, що відбивають різні аспекти вивчення й моніторингу ґрунтового покриву, а також вимоги до характеристик космічної інформації, необхідної для рішення конкретних задач.

Таблиця 4.3.

Необхідні характеристики космічної інформації щодо геоєкосистем та землекористування при вирішенні деяких тематичних задач ДЗЗ

Тематична задача	Потрібні спектральні діапазони	Необхідна просторова розрізненість	Просторовий масштаб задачі	Необхідна періодичність огляду
1	2	3	4	5
1. Геоєкосистеми та землекористування				
Картування	VNITX	<i>HE</i>	<i>RG</i>	<i>UX</i>
Земельний кадастр	VNIX	<i>QH</i>	<i>AR</i>	<i>У</i>
Аналіз урбанізованих та промислових територій	UVNITX	<i>QHE</i>	<i>A</i>	<i>ту</i>
2. Сільське господарство				
Інвентаризація угідь	VNTX	<i>H</i>	<i>AR</i>	<i>ту</i>
Прогнозування врожаю	UVNIT	<i>E</i>	<i>R</i>	<i>Dm</i>
Оцінювання стану ґрунтів та розвиток агроресурсів	NITCP	<i>F</i>	<i>AR</i>	<i>У</i>
3. Метеорологія та кліматологія				
Вимірювання профілів атмосфери	UVNITMX	<i>EF</i>	<i>A</i>	<i>hd</i>
Спостереження хмарного покриву	VNITX	<i>FK</i>	<i>AR</i>	<i>hd</i>
Контроль забруднення	UVNITMX	<i>HE</i>	<i>A</i>	<i>d</i>

атмосфери Аналіз прогнозування кліматичних змін	та IT	<i>FK</i>	<i>RG</i>	<i>z</i>
4. Надзвичайні ситуації				
Прогнозування природних техногенних катастроф	i VNITMXP	<i>HEF</i>	<i>AR</i>	<i>my</i>
Оцінювання зон лиха та збитків	VNITX	<i>QH</i>	<i>A</i>	<i>h</i>

Умовні позначки.

Позначення просторового масштабу: *A* –місцевий (локальної сцени), *R* – регіональний або національний, *G* –глобальний або континентальний;

Позначення періодичності огляду: *h* –години, *d* – доби, *m* –місяці, *y* –роки, *x* – десятиліття, *z* –століття.

Умовні позначки до спектральних діапазонів див у табл. 4.4; до просторової розрізненості – у табл. 4.5.

Таблиця 4.4.

Розподіл спектральних інтервалів у ДЗЗ

Спектральний інтервал	Позначення	Довжина хвилі
Ультрафіолетовий (УФ)	<i>U</i>	<0,38 мкм
Видимий	<i>V</i>	0,39...0,75 мкм
Ближній інфрачервоний (БІЧ)	<i>N</i>	0,76...1,4 мкм
Середній інфрачервоний (СІЧ)	<i>I</i>	1,4...7,5 мкм
Дальній (тепловий) інфрачервоний (ДІЧ)	<i>T</i>	7,5 мкм...1,0 мм
Мікрохвильовий (МХ)	<i>M</i>	1,1...11 мм
Радіочастотний (РЧ)	<i>X</i>	2,8...3,4 см
	<i>C</i>	5,6,..6,2 см
	<i>S</i>	8,2,..14 см

L	23...33 см
P	65...75 см

У загальному випадку розподіл кількісних характеристик видової космічної інформації, які забезпечують вирішення відповідної тематичної задачі, може бути представлений у вигляді деякої області (областей) у багатовимірному просторі, розмірність якого визначають за загальною кількістю характеристик. Більшість тематичних задач ДЗЗ вирішуються на місцевому та регіональному рівнях, а необхідна періодичність огляду об'єктів частіше всього становить години та доби, іноді місяці [136].

Таблиця 4.5.

Розподіл систем ДЗЗ за просторовою розрізненістю та детальністю

Категорія просторової розрізненості	Умовні позначення	Детальність, м
Надвисока	Q	<0,5
Висока	H	0,5...5,0
Середня	E	5.0...50
Низька	F	50...500
Наднизька	K	>500

Майже для кожного напрямку тематичних задач ДЗЗ актуальними є видимий та інфрачервоний спектральні діапазони, для багатьох задач – також мікрохвильовий та радіочастотний діапазони. Згідно з досвідом, на космічних зображеннях, отриманих у видимому діапазоні та БЧ-зонах електромагнітного спектра, краще за будь-які інші можна побачити зовнішній вигляд (геометричну форму) природних та штучних об'єктів, визначити їх типи, кількість і отримати ще багато додаткової інформації, корисної для вирішення завдань дослідження оцінки та прогнозу якості ґрунтів[137].

Висновки до розділу 4

1. Обґрунтовано необхідність створення та функціонування комплексної моделі геоінформаційних систем для оцінки і прогнозу якості ґрунтів.
2. Розроблено інформаційно-архітектурну систему моніторингу ґрунтів, що забезпечить доступ до інформації про стан та якість ґрунтів, на основі просторового розподілу антропогенного забруднення та дозволить своєчасно визначати заходи щодо покращення та відновлення родючості ґрунтів.
3. Інтеграції інформаційних ресурсів та інформаційної взаємодії суб'єктів моніторингу забезпечує функціонування єдиної автоматизованої підсистеми збору, обробки, аналізу й зберігання даних для оцінки і прогнозу якості ґрунтів.
4. Для територій тестових ділянок побудовано триангуляційну модель місцевості (TIN) на основі векторного шару ізоліній, що був створений на основі оцифрування інформації з растрової карти.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні вирішена важлива науково задача – розроблення та удосконалення геоінформаційних систем для оцінки та прогнозу якості ґрунтів в середовищі програмних комплексів ГІС і дистанційного зонування на регіональному рівні, в умовах антропогенного навантаження та підвищення ефективності прийняття управлінських рішень. Наукові дослідження та отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

1 Обґрунтовано наукові та методичні підходи предметно-орієнтованої оцінки даних ґрунтового покриву на регіональному рівні на основі технології геоінформаційних систем і дистанційного зондування Землі з космосу;

2. Розроблено методи і моделі ідентифікації техногенезу ґрунтів, із застосуванням дистанційних методів лабораторно-польових вимірювань запропоновано картографічну схему екологічного забруднення ґрунтового покриву Тернопільської області;

3. Розроблено інформаційні та картографічні моделі антропогенного навантаження на локальну систему з одночасним поєднанням контактних і дистанційних методів, в результаті яких забезпечується об'єктивність аналітично-прогнозна екомоніторингової оцінки ґрунтів;

4. Вдосконалено основні властивості системи маршрутизації на мережному рівні між вузлами, що взаємодіють та передається окремими пакетами;

5. Розроблено ієрархічну модель розвитку ерозійних процесів для оцінювання земель сільськогосподарського призначення;

6. Розроблено алгоритм кластеризації, який базується на яскравісних відмінностях поверхні ґрунту за рахунок протікання визначених природних та антропогенних процесів, що дозволив виділити ділянки поверхні ґрунтів та здійснити векторизацію растрових даних, що обробляються. Ймовірність

правильного розділення знімку на задані класи “суша” та “вода” знаходиться у межах 60-80 %, що є достатнім для вірогідних екологічних оцінок і прогнозів;

7. Розроблено інформаційні технології оцінки забруднення ґрунтів за даними ДЗЗ, наземних вимірів та ГІС, яка дозволяє скоротити час та ресурси, необхідні для проведення еколого-агрохімічного обстеження ґрунтів на 14 відсотків;

8. Для територій тестових ділянок побудовано триангуляційну модель місцевості (TIN) на основі векторного шару ізоліній, що був створений на основі оцифрування інформації з растрової карти.

9. Розроблено інформаційно-архітектурну систему моніторингу ґрунтів, що забезпечить доступ до інформації про стан та якість ґрунтів, на основі просторового розподілу антропогенного забруднення та дозволить своєчасно визначати заходи щодо покращення та відновлення родючості ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. "Земельний кодекс України" від 25 жовтня 2001 р.
2. Закон України "Про землеустрій" від 22 травня 2003 р. № 858-IV.
3. Закон України "Про державний контроль за використанням та охороною земель" від 19 березня 2003 р. № 963-IV.
4. Закон України "Про охорону земель" від 19 червня 2003 р. №3962-IV.
5. Закон України "Про оцінку землі" від 11 грудня 2003 р. №1378-IV.
6. Закон України "Про державну підтримку сільського господарства України" від 24 червня 2004 р. №1877-IV.
7. Закон України "Про основні засади державної аграрної політики на період до 2015 року" від 18 жовтня 2005 р. №2982-IV.
8. Закон України "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження родючості ґрунтів" від 04 червня 2009 р. №1443-VI.
9. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Положення про моніторинг земель" від 20 серпня 1993 р. №661.
10. Постанова Кабінету Міністрів України "Про внесення змін до Положення про моніторинг земель" від 26 грудня 2003 р. №2041.
11. "Земельний кодекс України" від 28 лютого 2019 р. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» № 2697-VIII. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>.
12. Закон України «Про національну безпеку України» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text>.
13. Адаменко О. М. Комп'ютеризована система екологічної безпеки Центральної та Східної Європи / О. М. Адаменко // Екологічна безпека та

збалансоване ресурсокористування : науково-технічний журнал. - Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. - № 2 (4). - С. 4-10.

14. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році. - К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2011. - 254 с. - ISBN 978-966-8670-77-0.

15. Панас Р.М. Консервація деградованих і малопродуктивних орних земель як основа збереження їх родючості / Панас Р., Маланчук М. // Сучас. досягнення геодез. науки та вир-ва: зб. наук. пр. Зах. геодез. т-ва УТГК. – 2014. – Вип. 1. – С. 67-69.

16. Адаменко О. М., Рудько Г. И. Основы экологической геологии. – Київ: Манускрипт, 1995. — 216 с.

17. Пархуць Б.І. Сучасний стан і основні проблеми використання земельних ресурсів / Пархуць Б.І., Волощук М.Д., Музика П.М.// Землевпорядний вісник. – 2000. – №4. – С.138-145.

18. Патика В.П. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. Методично-нормативне забезпечення / Патика В.П., Тараріко О.Г. – К.: “Фітосоціоцентр”, 2002. – 296 с.

19. Control of water pollution from cropland / B. A. Stewart, D. A. Woolhiser, W. H. Wischmeier, J. H. Caro, M. H. Freere // Report EPA-600. US Environmental Protection Agency. – Washington DC, USA, 1975 – Vol. I.

20. Marshall J. K. The effect of shelter on the productivity of grasslands and field crops. Field Crop Abstracts. 1967. № 20(1). P. 1-15.

21. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР/ Атлас природных... -М., 1978.

22. Розумний І. А. Еколого-економічна оцінка сільськогосподарських угідь та проблеми організації екологобезпечного землекористування: Дис. . д-ра екон. наук: 08.08.02 / Розумний І. А. – К., 1996. – 294 с.

23. Яковлев Є.О. Сучасні фактори національної безпеки України при формуванні мінерально-сировинної бази. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2005р. с. 84-91.

24. Рудько Г.І. Стратегічна екологічна оцінка і прогноз стану довкілля. Західного регіону України / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко у 2-х томах, Київ – Чернівці: Букрек, 2017.- Т.1 - 472., Т.2 – 584 с.

25. Тарарико А.Г. Агроэкологические основы почвозащитного земледелия / Тарарико А.Г. – К.: “Урожай”, 1990. – 183 с.

26. Лялько В.І. Словник з дистанційного зондування Землі / [ред. Лялько В.І., Попов М.О. та ін.]. – К.: СМП “АВЕРС”, 2004. – 170 с.

27. Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA / С. О. Довгий, Р. Е. Пащенко, В. В. Радчук, Г. Я. Красовський, О. М. Трофимчук, В. К. Іванов, С. М. Андреев, А. В. Попов, В. О. Слободян, О. М. Брашеван, В. Ю. Вишняков, І. В. Радчук, Д. Л. Крета, А. С. Нечаусов, В. М. Тимохін. — Київ, 2013. – 313с.

28. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного-фонду / О.М. Трофимчук, О.М. Адаменко, В.М. Триснюк; Ін-т телеком. та глоб. інформ. простору ; Івано-Франківський нац. тех. ун-т. нафти і газу. – Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2021. – 343 стор. ISBN 978-617-7468-53-9.

29. Довгий С.О., Трофимчук О.М., Триснюк В.М., Охарев В.О., Радчук І.В., Загородня С.А., Триснюк Т.В., Шевякіна Н.А., Шумейко В.О., Крета Д.Л., Бутенко О.С., Красовська І.Г., Попова М.А., Вишняков В.Ю. Геоінформаційні дослідження водних екосистем України: моніторинг та прогнозування. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: виклики 2021 року // Колективна монографія за матеріалами XX Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 4-8 жовтня

2021 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. - К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2021. 223 с. ISBN 978-617-7854-58-5.

30. Греков Л. Д. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом / Л. Д. Греков, Г. Я. Красовський, О. М. Трофимчук. – К.: Наук. думка, 2007. – 123с.

31. Адаменко О. М. Комп'ютеризована система екологічної безпеки Центральної та Східної Європи / О. М. Адаменко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування : науково-технічний журнал. - Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. - № 2 (4). - С. 4-10.

32. Мариняк Я.О. Основи моделювання стану довкілля /Я.О. Мариняк. - Тернопіль, 2000. - ч.І. - 132 с.

33. Роїк М.В. Сучасні науково-обґрунтовані підходи до використання землі / Роїк М.В. // Агроекологія. – 2003. – №1-2. – С. 8-16.

34. Атлас. Геологія і корисні копалини України /Атлас. Геологія. - Київ: ГУГКК, 2001.-168 с.

35. Малюга В. М., Дударець С. М. Особливості лісомеліоративного впорядкування захисних лісових насаджень лінійного типу. Науковий вісник НУБіП України: серія «Лісівництво та декоративне садівництво». 2013. С. 254-260.

36. Голован Ю.В., Шумейко В.О. Технологія моніторингу використання земель за призначенням за допомогою сучасних інформаційних технологій. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія: XVIII Міжнародна науково-практична конференція. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ. Київ. 01-02 жовтня 2019 р. – С 170-171.

37. Тараріко О.Г. Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії / Тараріко О.Г., Москаленко В.М. – К.: “Фітосоціоцентр”, 2002. – 64 с.

38. ДСТУ 7904:2015. Якість ґрунту. Визначення потенційної загрози ерозії під впливом дощів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62768

39. Зайцев С.В., Приступа В.В., Василенко В.М. Оцінювання завадозахищеності безпровідних мереж із сигналами OFDM з внутрібітовою псевдовипадковою перебудовою піднесучих частот. Вісник Чернігівського державного технологічного університету, 2013. №. 2(65). С. 192 – 202.

40. V. Trysnyuk, O. Demydenko, T. Trysnyuk, L. Horoshkova, Ie. Khlobystov, Y. Holovan. GIS technologies for monitoring forest plantations. Conference Proceedings, Geoinformatics, 11-14 May 2021, Kyiv, Ukraine, Volume 2021, p.1.

41. Okhariev, T. Trysnyuk, Y. Holovan. [17888]. Monitoring System of Land Resources Pollution by Oil. Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020, May 2020, Volume 2020, p.1 – 5.

42. Барабашук В. И. Планирование эксперимента в технике / В. И. Барабашук, Б. П. Креденцер, В. И. Мірошниченко; под ред. Б. П. Креденцера. – К.: Техніка, 1984. – 200 с.

43. В.М. Триснюк, Т.В. Триснюк, А.В. Курило, Ю.М. Голован, Є.Ю. Пащенко. Системний аналіз інформаційно-аналітичного забезпечення органів адміністративного управління. Сучасні інформаційні системи. Науковий журнал. Том 6, №2. Харків 2022. с. 37-41.

44. Триснюк В. М., Шумейко В. О., Триснюк Т. В., Курило А. В., Голован Ю. М., Мирончук В. В. Екологічна безпека Карпатського регіону в умовах техногенного пилового забруднення атмосферного повітря. Системи управління,

навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Випуск 1(59) 2020. С. 127-131.

45. Триснюк В.М., Охарєв В.О., Триснюк Т.В., Голован Ю.М. Система екологічного моніторингу забруднення педосфери нафтопродуктами. Київський національний університет будівництва і архітектури. Екологічна безпека та природокористування. Випуск № 2 (34), квітень-червень 2020 р. с. 22-29.

46. Стурман В.И. Экологическое картографирование: [уч. пособ.] / Стурман В.И. – М.: “Аспект Пресс”, 2003. – 251 с.

47. Зайцев С.В., Казимир В.В., Василенко В.М., Яриловец А.В. Адаптивный выбор параметров S-случайного перемежителя в беспроводных системах передачи данных с турбокодированием. Радиоэлектроника. Известия высших учебных заведений, 2018. Том 61, №1(667). С. 22 – 33.

48. V. Trysnyuk, K. Smetanin, Y. Holowan, O. Kashchishin, K. Radlowska. The improvement of the system of ecological monitoring of the environment through the application of remotely piloted aircraft systems. XIII International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”. Monitoring 2019, Nov 2019, Volume 2019, p.1 – 5.

49. Триснюк В.М., Нагорний Є.І., Конєцький Я.М., Нікітін А.А. Оброблення інформації про радіоактивне забруднення місцевості з використанням даних ДЗЗ та ГІС. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: виклики 2021 року // Колективна монографія за матеріалами XX Міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 4-8 жовтня 2021 р. 223. С.

50. Zagorodnya, S., Novokhatska, N., Okhariev, V., Popova, M., Radchuk, I., Trysnyuk, T., Shumeiko, V., & Atrasevych, O. ГІС-оцінка антропогенного впливу в лімнологічних екосистемах Західного Полісся. Екологічна безпека та природокористування. 2018 р. 26(2), с. 23–33.

51. Триснюк В.М., Голован Ю.В., Охарєв В.О., Шумейко В.О., Триснюк Т.В., Цуріка Л.Ю. Дослідження та оцінка стану земельних ресурсів з використанням сучасних інформаційних технологій. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія: ХІХ Міжнародна науково-практична конференція. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ. Київ. 06-07 жовтня 2020 р. – С 147-150.

52. Степанчук О.В. Екологічний моніторинг земель сільськогосподарського призначення / Степанчук О.В. // Землевпорядний вісник. – 2004. – № 4. – С. 22-25.

53. Клименко В. І. Сучасні інформаційні технології для екологічної безпеки ґрунтів / В. І. Клименко. – К: «Азимут Україна», 2012. – 120с.

54. Trysnyuk V.M., Okhariev V.O., Trysnyuk T.V., Zorina O.V., Kurylo A.V., Golovan Y.V., Smetanin, K.V., Radlowska, K.O. (2019). Improving the algorithm of satellite images landscape interpretation. 18th International Conference Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, Extended Abstracts.

55. Данилишин Б.М., Дорогунцов С.І., Міщенко В.С. та ін. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України. Київ: РВПС України, 1999. 716 с.

56. Архів метеоданих за станціями спостереження [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://esa.knmi.nl/dailydata>

57. Триснюк В.М., Охарєв В.О., Триснюк Т.В., Сметанін К.В., Голован Ю.М. 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. 116-123.

58. Машков О.А., Триснюк В.М., Мамчур Ю.В., Жукаускас С. В., Нігородова С.А., Курило А. В. Новий підхід до синтезу відновлювального керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу. Івано-

Франківський національний технічний університет нафти і газу. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал. №1 (19)., Івано-Франківськ 2019 р. С. 69-75.

59. Greben O. Features of reservoirs eutrofication by elements of agrochemical fertilizers / O. Greben, O. Trofimchuk // Екологічна безпека та природокористування. – 2018. –Випуск 4 (28). – С.65-70.

60. Класифікація сільськогосподарських земель як наукова передумова їх екологічнобезпечного використання / Д. С. Добряк, О. П. Канащ, Д. І. Бабміндра, І. А. Розумний – К: Урожай, 2009. – 464с.

61. Триснюк В.М., Сметанін К.В., Курило А.В., Голован Ю.М., Триснюк Т.В. Екологічна безпека телекомунікаційних систем та технологій. Ризики нестабільності: безпека і управління. Міждисциплінарна науково-практична конференція. Київ. 16 березня 2018 р. – С. 49-52.

62. В.М. Триснюк, В.О. Шумейко, Ю.М. Голован. Механізм визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту. Київський національний університет будівництва і архітектури. Екологічна безпека та природокористування. Випуск (38), №2, Київ. 2021. С. 79-93.

63. Головіна О.Л. Планування сільськогосподарського землекористування з урахуванням природно-ресурсного потенціалу – К. 2006. – 356 с.

64. Голован Ю.М. Оцінювання факторів ерозії ґрунтів методом аналізу ієрархій. Колективна монографія XXI Міжнародна науково – практична конференція. Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національна академія наук України. 14 - 16 листопада 2022. с. 185-187.

65. Система оцінки та прогнозу якості земель (стан, концепція та алгоритми) / [Булигін С.Ю., Ачасов А.Б. та ін.]. – К.: Аграр. наука, 2014. – 240 с.

66. Адамовський О.М. Обґрунтування еколого-економічного критерію для оптимізації лісокористування. Менеджмент природних ресурсів, екологічна і лісова політика. 2003. Вип. 14.2. С. 97-103.

67. Триснюк В.М., Шумейко В.О., Триснюк Т.В., Курило А.В., Голован Ю. В. ДЗЗ-ГІС технології при виявленні деградаційних процесів ґрунту. Сучасні технології землеустрою, кадастру та управління земельними ресурсами. Національний авіаційний університет. V Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. Київ, 14-15 березня 2019 р. С. 71-73.

68. .Trysnyuk V. M., Smetanin K. V., Trysnyuk T. V., Holowan Y. V, Kashchishin O. L., Radlowska K. O. (2019). The improvement of the system of ecological monitoring of the environment through the application of remotely piloted aircraft systems. XIII International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”, Extended Abstracts

69. Рапута В.Ф. Методы интерпритации данных мониторинга загрязнения снежного и почвенного покрова / Рапута В.Ф., Коковкин В.В. // ENVIROMIS: междунар. конф., 6-12 июля 2002 г.: тезисы докл. – 2002. – С. 130-135.

70. Рачкулик В.И. Отражательные свойства и состояние растительного покрова / Рачкулик В.И., Ситникова М.В. Л.: “Гидрометеоиздат”, 1981. – 288 с.

71. 30-Meter SRTM Tile Downloader [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://dwtkns.com/srtm30m>.

72. В.М. Триснюк, В.О. Шумейко, Т.В. Триснюк, А.В. Курило, Ю.М. Голован. Оцінка екологічного ризику на території України. III Міжнародна науково-практична конференція «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» 22-23 жовтня 2020, м. Херсон, Україна. С. 922-925.

73. Сметанін, А. Курило, Ю. Голован. ГІС-АНАЛІЗ АПАРАТУ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ПРИ ВІЙСЬКОВИХ ДІЯХ (Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова).

74. Триснюк В.М., Голован Ю.М., Курило А.В. Підвищення рівня екологічної безпеки об'єктів природно-заповідного фонду. Інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія: XVII Міжнародна науково-практична конференція. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ. Київ. 25-26 вересня 2018 р. – С 213-214.

75. Триснюк В. М. Інформаційні технології дослідження штучно створених екосистем на прикладі Тернопільського ставу / В. М. Триснюк, І. В. Радчук, В. О. Охарев, Т. В. Триснюк, О. В. Атрасевич, В. О. Шумейко // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України. – К.: 2014. – Вип. 15. – С. 15-21.

76. Триснюк Т.В., Голован Ю.М., Курило А.В. Стан довкілля в річкових долинах Дністра. Міжнародна науково-практична конференція. Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. Кременчук. 25-26 вересня 2018 р. – С 33-35.

77. Патент на корисну модель 145351. Комплекс діагностики іритантних газів НСНО та СН₃-СО-СН₃ на основі наносенсорів NiO-SnO₂ і BaOFe₂O₃ в місцях зберігання та утилізації відходів. / Павлишин А.В., Триснюк В.М., Курило А.В., Голован Ю.В. // 10.12.2020р.

78. Голован Ю.М., Зотова Л.В., Василенко А.О. Технологія моніторингу використання земель за призначенням за допомогою сучасних інформаційних технологій. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: виклики 2021 року. Колективна монографія за матеріалами XX Міжнародної науково-практичної

конференції (Київ, 4-8 жовтня 2021 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. - К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2021. с. 71-74. ISBN 978-617-7854-58-5.

79. Триснюк В. М. Шумейко В. О., Триснюк Т.В., Голован Ю.М. Експериментальні підходи оцінювання лімнологічних систем. V спеціалізований міжнародний Запорізький екологічний форуму, 14 – 16 вересня 2021 р.– Запоріжжя. с. 228-230.

80. В. М. Триснюк та Т. В. Триснюк, «Інформаційні технології та просторово-часові методи регіональної системи моніторингу,» Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, №2, с. 120-128, 2014.

81. Вільдман І. Л. Наукові основи створення системи інтегральних біоценотичних методів контролю водних систем (на прикладі р. Інгулець) / І. Л. Вільдман // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека – К.: КНУБА, 2015. – 134 с.

82. Довгий С.О. Методи прогнозування в системах підтримки прийняття рішень. Наук.-навч. вид. / С. О. Довгий, П. І. Бідюк, О. М. Трофимчук, О. І. Савенков; НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К. : Азимут-Україна, 2011. – 608 с. – Бібліогр.: – С. 600–607.

83. Рудько Г.І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко [за ред. Г. І. Рудька]. – К. : Академпрес, 2009. – 512 с.

84. Рудько Г.І. Конструктивна геоєкологія : наукові основи та практичне втілення / Г. І. Рудько, О. М. Адаменко [за ред. Г. І. Рудька]. – К. : ТОВ «Маклаут», 2008. – 320 с.

85. Peng F. Adaptive Modulation and Coding for IEEE 802.11n / F. Peng, J. Zhang, W. Ryan // Wireless Communications and Networking Conference, (Hong Kong, 11-15 March 2007). – New Jersey, 2007. – P. 656–661.

86. Ergen M. Mobile Broadband. Including WiMax and LTE / Ergen M. – New York: Springer, 2009. – 513 p.

87. Krasovsky G.Ya. Inventory of reservoirs of the region with the use of space images and geoinformation systems / G.Ya. Krasovsky, O.S. Voloshkina, I.G. Ponomarenko, V.A. Slobodian // Ecology and resources. -2005, ed. 11. - P. 19-41.

88. Триснюк В.М., Триснюк Т.В., Голован Ю.М., Курило А.В. Система регіональної екологічної безпеки та її екологічна стійкість. “VII Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю”. Вінниця, 25-27 вересня 2019 р. С.118-119.

89. Розвиток України в умовах глобалізації та скорочення природно-ресурсного потенціалу / [М.М. Коржнев, Ю.Р.Шеляг-Сосонко, М.М. Курило та ін.]; НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. Інформ. Простору. – К.: ЛОГОС, 2009. – 195 с.

90. Центр державного земельного кадастру [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://dzk.gov.ua>

91. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://land.gov.ua>

92. Публічна кадастрова карта України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://nar.land.gov.ua>

93. Закон України. «Про охорону навколишнього природного середовища». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>.

94. Наказ міністерство охорони здоров'я України. Від 19.08.1997 N 255. «Про затвердження Допустимих рівнів вмісту радіонуклідів Cs-137 і Sr-90 у продуктах харчування та питній воді (ДР-97)». <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0255282-97#Text>.

95. Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Ведмідь М.М. Системи захисту ґрунтів від ерозії. Київ: Златояр, 2004. 435 с.

96. Гнатенко О.Ф., Капшик М.В., Петренко Л.Р., Вітвіцький С.В. Ґрунтознавство з основами геології. Київ: Оранта, 2005. 647 с.

97. Стадник А.П. Ландшафтно-екологічна оптимізація систем захисних лісових насаджень України: дис. докт. с-г наук за спеціальністю: 03.00.16. Київ, 2008. 128 с.

98. Данилишин Б.М. Сільськогосподарський простір України: проблеми соціально-економічного розвитку [За ред. д-ра екон. наук, проф., чл.-кор. НАН України Б.М. Данилишина.] – К.: РВПС України НАН України, 2006. – 75 с.

99. Закон України про «Водний кодекс України» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст.189). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>.

100. Holma H. HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications / H. Holma, A. Toskala. – New York: John Wiley & Sons, 2006. – 268 p.

101. Л.Архипова, Природно-техногенна безпека гідроекосистем: Монографія, Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 355 с., 2011.

102. Павлишин А.В., Триснюк В.М., Курило А.В., Голован Ю.М. Комплекс наносенсорної діагностики ірратантних гвзів. Monografia pokonferencyjna science, research, development #27. Zbiór artykułów naukowych recenzowanych. (30.03.2020) - Warszawa, 2020. С. 65-67.

103. Bayhan Y., Kayisoglu B., Gonulol E. Effect of soil compaction on sunflower growth. Soil Till. Res. 2002. №68. P. 31–38.

104. Grzesiak S., Grzesiak M.T., Felek W., Hura T., Stabryla J. The impact of different soil moisture and soil compaction on the growth of triticale root system. Acta Physiol. Plant. 2002. №24. P. 331–342.

105. Rosolem C.A., Foloni J.S.S., Tiritan C.S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. Soil Till. Res. 2002. №65. P. 109–115.

106. Джигерей В.С., Сторожук В.М. Основи екології та охорони навколишнього природного середовища. Львів: Афіша, 2000. 272 с.
107. Туниця Т.Ю. Збалансоване природокористування: національний і міжнародний контекст. Київ: Знання, 2006. 300 с.
108. Мельничук та ін., Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення, Київ: Арістей, 448 с., 2004.
109. Л. П. Клименко, Техноекологія: навч. посібник, Київ: ВД Професіонал, 540 с., 2000.
110. ДСТУ ISO 14004-97. Системи управління навколишнім середовищем. Загальні настанови щодо принципів управління, систем та засобів забезпечення. Київ: Вид-во “Держстандарт України”, 1997.
111. Юхновський В.Ю. Малюга В.М. Складові екологічної оптимізації лісоаграрних ландшафтів. Аграрна наука і освіта. 2002. Т.3. № 1-2. С.58-64.
112. Маринич А.М., Пашенко В.М., Шищенко П.Г. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование. Київ: Наук, думка, 1985. 224 с.
113. Dahlman E. 4G LTE/LTE-Advanced for MobileBroadband / E. Dahlman, S. Parkvall, J. Sköld // Academic Press, 2011.
114. Гребень О. С. Оцінка впливу твердого стоку із сільськогосподарських ділянок на екологічні показники прилеглих водоймищ / О. С. Гребень, О. М. Трофимчук // Математичне моделювання в економіці. Міжнародний науковий журнал. – К. : ІТГІП, 2018 – №4 (13). – С. 27-34.
115. М. С. Мальований, В. М. Шмандій, О. В. Харламова, Л. І. Челядин та Г. В. Сакалова, «Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки,» Екологічна безпека, т. №1 (15), с. 37-44, 2013.
116. Методичні рекомендації щодо оптимального співвідношення сільськогосподарських культур у сівозмінах різних ґрунтово-кліматичних зон

України, які затверджені наказом Мінагрополітики та УААН від 18.07.2008 № 440/71 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0440555-08>.

117. Позняк С.П. Картографування ґрунтового покриву / Позняк С.П., Красуха Є.Н., Кіт М.Г. – Л.: видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. – 500 с.

118. Триснюк В.М., Голован Ю.М., Курило А.В. Підвищення рівня екологічної безпеки об'єктів природно-заповідного фонду. Інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Колективна монографія: XVII Міжнародна науково-практична конференція. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ. Київ. 25-26 вересня 2018 р. – С 213-214.

119. Фурдичко О.І., Гладун Г.Б., Лавров В.В. Ліс у Степу: основи сталого розвитку. Київ: Основа, 2006. 490 с.

120. C. Cude, «Oregon Water Quality Index a Tool for Evaluating Water Quality Management Effectiveness,» Journal of the American Water Resources Association, т. Volume37, № Issue1, pp. 125-137, 2001.

121. В. Д. Погребенник, Е. А. Джумеля, "Дослідження зміни складу і властивостей показників води прилеглих територій до гірничо-хімічних підприємств," на II Міжнар. наук. симпозіумі "Сталий розвиток - стан та перспективи", Львів-Славське, 12-15 лютого 2020 р., с. 161-164.

122. Коваль Я.В., Бондар В.С., Голуб О.А. та ін. Проблеми збалансованого лісокористування в системі сталого розвитку. Київ: Науковий світ, 2005. 224 с.

123. Маринич О.М. Географічна енциклопедія України: В 3-х томах. Т. 3. Київ, 1993. С.173-173.

124. Hulse J.H. Sustainable development at risk: ignoring the past. Ottawa: International Development Research Centre, 2007. 390 p.

125. Steenhuis T.S., Parlange J.Y., Gish, T., Shirmohammadi A. Preferential flow in structured and sandy soil. Proceedings of the National Symposium on Preferential Flow. 1991. ASAE. P. 12-21.

126. М 218-02070915-684:2011 Методика визначення пропускної здатності дренажної конструкції мілкового залягання з урахуванням річного циклу роботи.

127. Лісовий кодекс України: Кодекс України від 21.01.1994 №3852-ХІІ. Київ: Національний книжковий проект, 2011. 80 с.

128. Погребенник В. Д. Методи та засоби експрес-аналізу забруднення водного середовища / В. Д. Погребенник, А. В. Романюк // Національний університет «Львівська політехніка». – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – С. 52.

129. Голован Ю.М., Триснюк Т.В. Геоінформаційні технології захисту довкілля. Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених. «GeoTerrace – 2018». Національний університет «Львівська політехніка». 13-15 грудня 2018 р. Львів. - С. 172-174.

130. Триснюк В.М. Екологічний стан гідроресурсів Подільських Товтр в межах Гусятинського району Тернопільської області. // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія – Вінниця, 2004. – Вип. 7. 194 с.

131. Yuriy Golovan. Aerospace technologies for assessing soil contamination. Innovative Technologies And Scientific Solutions For Industries. 2023. No. 1 (23). Engineering & industrial technology. P. 174-183.

132. К. Сметанін, А. Курило, Ю. Голован. ГІС-аналіз апарату нечітких множин при військових діях. Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова. с. 53.

133. Уланова Е. С. Руководство по агрометеорологическим прогнозам / А. Н. Полевой, В. А. Моисейчик, Е. С. Уланова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.– т. 1–2. – 309 с.

134. Голован, Ю., Курило, А. Інформаційні технології комплексного моніторингу довкілля на основі даних аерокосмічних і наземних досліджень. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка», Випуск 1 (17), 2022 ст. 187–197.

135. Юхновський В.Ю. Малуґа В.М. Складові екологічної оптимізації лісоаграрних ландшафтiв. Аграрна наука і освіта. 2002. Т.3. № 1-2. С.58-64.

136. Гордієнко М.І., Гордієнко Н.М. Лісівничі властивості деревних рослин. Київ: Вістка, 2005. 816 с.

137 Brandle J.R., Hodges L., Zhou X.H. Windbreaks in North American agricultural systems. Agroforestry Systems. 2004. №61. P. 65-78.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Акт впровадження. Науково виробничої фірми «Геотехнологія»



ГЕОТЕХНОЛОГІЯ

Науково-виробнича впроваджувальна фірма

02098, Україна, Київ-98, вул. Дніпровська набережна, 7, к.23.
Тел./факс +38 044553-95-74; тел. +38 044553-01-79; моб. тел.
+38 066 616 79 27 E-mail: geotech-m@mail.ru

Акт

про впровадження результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеню доктора філософії Голована Юрія Мироновича за темою: «Геоінформаційні технології оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні»

Засвідчуємо, що результати наукового дослідження Голована Ю. М. за темою: «Геоінформаційні технології оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні» впроваджено у Науково-виробничій впроваджувальній фірмі «Геотехнологія».

Запропоновані методики, моделі, алгоритми дозволити підвищити оперативність проведення моніторингу для оцінки та прогнозу якості ґрунтів в умовах антропогенного навантаження.

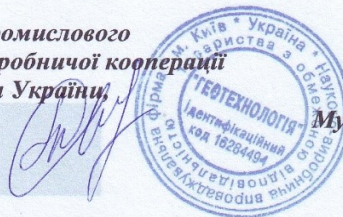
Заслуговує на увагу проведення обробки експериментальних даних і розрахунків для ідентифікації отриманих результатів, на основі дистанційного зондування Землі, підвищення точності контролю параметрів оцінки якості ґрунтів. Переваги впровадження результатів наступні:

- розроблено ієрархічну модель впливу факторів на утворення та розвиток ерозійних процесів для оцінювання земель сільськогосподарського призначення;
- розроблено методи і моделі ідентифікації техногенезу ґрунтів, на основі обробки й аналізу дистанційних і лабораторно-польових вимірювань.

Запропонований науково-методичний апарат дозволяє підвищити достовірність та оперативність збору даних при вирішенні завдань прикладного характеру, пов'язаних з геоінформаційними технологіями, охороною і раціональним використанням природних ресурсів для розвитку територіальних громад регіону та України загалом.

Науково обґрунтовані результати дисертаційного дослідження мають важливе значення для науки, а результати дисертаційного дослідження Голована Ю. М за темою: «Геоінформаційні технології оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні» будуть використані у Науково Виробничій Впроваджувальній фірмі «Геотехнологія».

*Член Комітету з питань промислового партнерства та науково-виробничої кооперації
Торгово промислової палати України,
Генеральний директор*



Мухін С.А.

ДОДАТОК Б
Акт впровадження. Національного університету «Києво-Могилянська Академія»

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеню доктора філософії Голована Юрія Мироновича за темою: «Геоінформаційні технології оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні»

Дисертаційне дослідження Голована Юрія Мироновича за темою: «Геоінформаційні технології оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні» присвячена розробці та удосконаленню геоінформаційних систем для оцінки та прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні в умовах антропогенного навантаження та підвищення ефективності прийняття управлінських рішень.

Заслугує на увагу розробка інструментальної моделі оцінки якості ґрунтів в системі екологічного моніторингу територіальних громад, а також проведення обробки експериментальних даних і розрахунків для ідентифікації отриманих результатів, на основі дистанційного зондування Землі, підвищення точності контролю параметрів оцінки якості ґрунтів.

Розроблено методи і моделі ідентифікації техногенезу ґрунтів, на основі обробки й аналізу дистанційних і лабораторно-польових вимірювань, запропоновано карту забруднення екологічного стану ґрунтів.

Результати проведених досліджень можуть бути використані при вирішенні завдань прикладного характеру, пов'язаних з геоінформаційними технологіями, охороною і раціональним використанням природних ресурсів, оцінкою якості ґрунтів, як базові матеріали для розробки схем ґрунтового покриву, обґрунтуванні стратегічних пріоритетів розвитку територіальних громад регіону та України загалом.

Впровадження результатів дисертаційного дослідження мають важливе значення для науки, а результати дисертаційного дослідження Голована Юрія Мироновича за темою: «Геоінформаційні технології оцінки і прогнозу якості ґрунтів на регіональному рівні» будуть використані в навчальному процесі при викладанні дисципліни «Зелена логістика» та при проведенні магістерських та бакалаврських досліджень для спеціальності «Екологія».

Керівник Науково-дослідної лабораторії «Науки про Землю»,
 професор кафедри екології
 Національного університету «Києво-Могилянська академія»

д-р екон. наук, професор

Л.А. Горошкова



ДОДАТОК В. Патент на корисну модель



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **145351** (13) **U**
 (51) МПК (2020.01)
G01N 30/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ
 ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
 "УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2020 01972</p> <p>(22) Дата подання заявки: 23.03.2020</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 11.12.2020</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 10.12.2020, Бюл.№ 23</p>	<p>(72) Винахідник(и): Павлишин Андрій Володимирович (UA), Триснюк Василь Миколайович (UA), Курило Анатолій Васильович (UA), Голован Юрій Миронович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): Курило Анатолій Васильович, бульвар Чоколівський, 13, м. Київ-186, 03186 (UA), Голован Юрій Миронович, бульвар Чоколівський, 13, м. Київ-186, 03186 (UA)</p> <p>(74) Представник: Павлишин Андрій Володимирович</p>
---	---

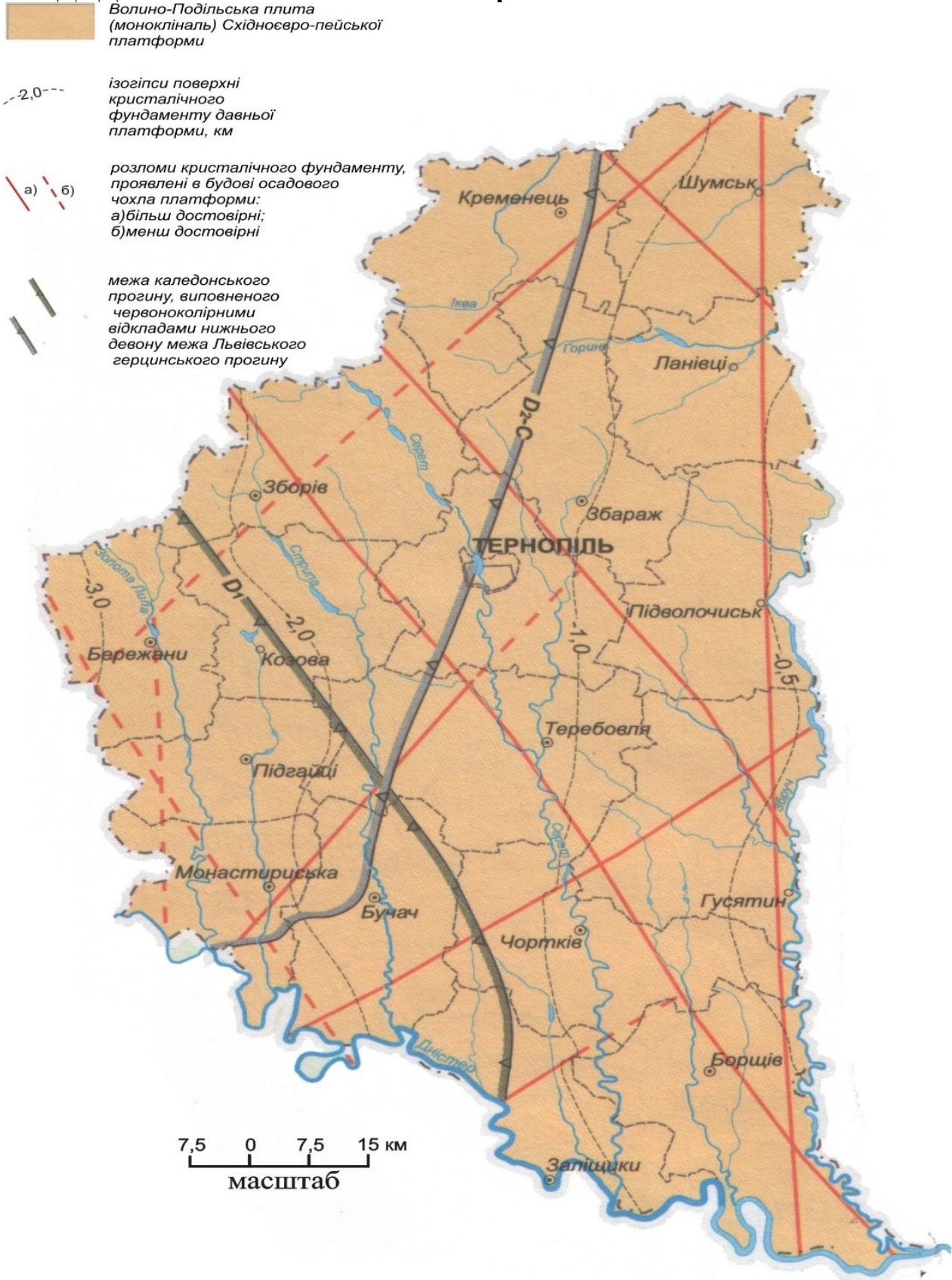
(54) КОМПЛЕКС ДІАГНОСТИКИ ІРИТАНТНИХ ГАЗІВ НСНО ТА СН₃-СО-СН₃ НА ОСНОВІ НАНОСЕНСОРІВ NiO-SnO₂ І BaO-Fe₂O₃ В МІСЦЯХ ЗБЕРІГАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

(57) Реферат:

Комплекс діагностики іритантних газів НСНО та СН₃-СО-СН₃ на основі наносенсорів NiO-SnO₂ і BaOFe₂O₃ складається з основи, на якій знаходяться газові сенсори NiO-SnO₂ і BaO-Fe₂O₃ для визначення якісних і кількісних характеристик іритантних газів НСНО та СН₃-СО-СН₃, мікроплати та контролер.

UA 145351 U

ДОДАТОК Г Тектонічна схема Тернопільської області



ДОДАТОК Д. Протоколи випробувань води та ґрунтів



(044) 358-08-08
 (067) 358-08-08
 (099) 358-08-08
 centralbiolab@gmail.com
 м. Київ, вул. Антона Цедіка 14А



ПРОТОКОЛ №0363
випробувань поверхневих водойм від 16.08.2019р.

Замовник, адреса: Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Найменування об'єкту випробувань: поверхневі води

Джерело водопостачання, місце відбирання проби: проба №2, Дністер

Час надходження проби до ВЛ: 08.08.2019р. 12.00

Дата виконання випробувань: початок: 08.08.2019. закінчення: 16.08.2019.

Результати випробувань:

Назва показника	Одиниці вимірювання	Результати вимірювання	Оцінка невизначеності вимірювань, δ	Гранично допустима концентрація за НД*	НД на методи випробувань
1	2	3	4	5	6
Водневий показник, рН	од. рН	7,57	±0,05рН	6,5-9,0	ДСТУ 4077-2001
Температура	°С	16	±0,1°С	-	МВВ 081/12-0311-06
Завислі речовини	мг/дм ³	<10	±10%	25	КНД 211.1.4.039-95
Сухий залишок	мг/дм ³	227	±10%	1000	МВВ 081/12-0109-03
Амоній (за NH ₄ ⁺)	мг/дм ³	0,34	±9%	1,0	ДСТУ ISO 7150-1:2003
Нітрати (за NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	4,5	±25%	40,0	ДСТУ ISO 7890-1:2003
Сульфати (SO ₄ ⁻)	мг/дм ³	44	±10%	100	МВВ 081/12-0007-05
Залізо загальне (Fe)	мг/дм ³	<0,01	±10%	0,1	МВВ 081/12-0175-05
ХСК	мгО/дм ³	19	±15%	50,0	ДСТУ ISO 6060:2003
БСК ₅	мгО/дм ³	2,2	±25%	3,0	МВВ 081/12-0014-03
Нафтопродукти	мг/дм ³	<0,01	±25%	0,05	МВВ 081/12-0645-09
Марганець (Mn)	мг/дм ³	<0,01	±23%	0,01	МВВ 081/12-0416-07
Мідь (Cu)	мг/дм ³	<0,01	±15%	0,001	МВВ 081/12-0648-09
Цинк (Zn)	мг/дм ³	<0,01	±22%	0,01	МВВ 081/12-0413-07
Кадмій (Cd)	мг/дм ³	<0,001	±25%	0,001	ДСТУ 7607:2014
Свинець (Pb)	мг/дм ³	<0,01	±21%	0,010	МВВ 081/12-0414-07
Алюміній (Al)	мг/дм ³	<0,01	±20%	0,036	ДСТУ ISO 10566:2017
Хром загальний (Cr)	мг/дм ³	<0,01	±23%	0,001	МВВ 081/12-0114-03

Примітка: *Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 30.07.12 № 471 та «Загального переліку гранично допустимої концентрації (ГДК) і орієнтовано безпечних рівнів впливу (ОБРВ) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм»



☎ (044) 358-08-08
 ☎ (067) 358-08-08
 ☎ (099) 358-08-08
 ✉ centralbiolab@gmail.com
 📍 м. Київ, вул. Антона Цедіка 14А



Думки та тлумачення про відповідність якості води критеріям нормативного документу:

В досліджуваній пробі води показники за якими проводились випробування не перевищують гранично допустимі концентрації нормативів екологічної безпеки водних об'єктів, згідно Наказу Міністерства аграрної політики та продовольства України від 30.07.12р. № 471 та «Загального переліку гранично допустимої концентрації (ГДК) і орієнтовано безпечних рівнів впливу (ОБРВ) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм».

Начальник випробувальної лабораторії
 об'єктів довкілля:



Л.М. Чубов

*Результати викладені в протоколі поширюються тільки на зразки піддані випробуванням
 Протокол випробувань може бути повністю або частково відтворений лише з дозволу ТОВ «Центральна біохімічна лабораторія»*



(044) 358-08-08
(067) 358-08-08
(099) 358-08-08
centralbiolab@gmail.com
м. Київ, вул. Антона Цедіка 14А



ПРОТОКОЛ №0364
випробувань води централізованого та не централізованого
господарсько-питного водопостачання від 16.08.2019р.

Замовник, адреса: *Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України*

Найменування об'єкту випробувань: *підземна питна вода*

Джерело водопостачання, місце відбирання проби: *проба №3, криниця*

Час надходження проби до ВЛ: *08.08.2019р. 12.00*

Дата виконання випробувань: початок: *08.08.2019*, закінчення: *16.08.2019*.

Результати випробувань:

Назва показника	Одиниці вимірювання	Результат вимірювання	Оцінка невизначеності вимірювань, δ	Гранично допустима концентрація за НД*	НД на методи випробувань
1	2	3	4	5	6
Водневий показник	одиниці рН	7,23	±0,75%	6,5-8,5	ДСТУ 4077-2001
Сухий залишок	мг/дм ³	200	±10%	1500	МБВ 081/12-0109-03
Залізо загальне (Fe)	мг/дм ³	<0,01	±15%	≤1,0	ГОСТ 4011-72
Мідь (Cu)	мг/дм ³	<0,01	±25%	-	ГОСТ 4388-72
Цинк (Zn)	мг/дм ³	<0,01	±22%	-	ГОСТ 18293-72
Поліфосфати (за PO ₄ ³⁺)	мг/дм ³	1,7	±10%	-	МБВ 081/12-0879-13
Хлориди (Cl ⁻)	мг/дм ³	50	±15%	≤350,0	ДСТУ ISO 9297:2007
Сульфати (SO ₄₋₂)	мг/дм ³	53	±10%	≤500,0	ГОСТ 4389-72
Перманганатна окиснюваність	мг/дм ³	1,5	±10%	≤5,0	ГОСТ 23268.12-78
Нафтопродукти	мг/дм ³	<0,01		0,05	МБВ 081/12-0645-09
Амоній (NH ₄ ⁺)	мг/дм ³	0,46	±25%	≤2,6	ДСТУ ISO 7150-1:2003
Нітрати (NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	22	±15%	≤50,0	ГОСТ 18826-73
Нітрити (за NO ₂ ⁻)	мг/дм ³	0,01	±25%	≤0,5	КНД 211.1.4.023-95
Натрій (Na)	мг/дм ³	32	±15%	≤200	ДСТУ ISO 6061:2003
Марганець (Mn)	мг/дм ³	<0,01	±23%	≤0,5	МБВ 081/12-0416-07
Мідь (Cu)	мг/дм ³	<0,01	±15%	-	МБВ 081/12-0648-09
Цинк (Zn)	мг/дм ³	<0,01	±22%	-	МБВ 081/12-0413-07
Кадмій (Cd)	мг/дм ³	<0,001	±25%	-	ДСТУ 7607:2014
Свинець (Pb)	мг/дм ³	<0,01	±21%	-	МБВ 081/12-0414-07
Алюміній (Al)	мг/дм ³	<0,01	±20%	-	ДСТУ ISO 10566:2017
Хром загальний (Cr)	мг/дм ³	<0,01	±23%	-	МБВ 081/12-0114-03

* ДЕРЖАВНІ САНИТАРНІ НОРМИ ТА ПРАВИЛА "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПін 2.2.4-171-10)



(044) 358-08-08
 (067) 358-08-08
 (099) 358-08-08
 centralbiolab@gmail.com
 м. Київ, вул. Антона Цедіка 14А



Думки та тлумачення про відповідність якості води критеріям нормативного документу:

В досліджуваній пробі води показники за якими проводились випробування не перевищують гранично допустимі концентрації нормативів екологічної безпеки водних об'єктів, згідно Наказу Міністерства аграрної політики та продовольства України від 30.07.12р. № 471 та «Загального переліку гранично допустимої концентрації (ГДК) і орієнтовано безпечних рівнів впливу (ОБРВ) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм».

**Начальник випробувальної лабораторії
об'єктів довкілля:**



Л.М. Чубов

*Результати викладені в протоколі поширюються тільки на зразки піддані випробуванням
Протокол випробувань може бути повністю або частково відтворений лише з дозволу ТОВ «Центральна
біохімічна лабораторія»*



☎ (044) 358-08-08
 ☎ (067) 358-08-08
 ☎ (099) 358-08-08
 ✉ centralbiolab@gmail.com
 📍 м. Київ, вул. Антона Цедіка 14А



ПРОТОКОЛ №0365
випробувань ґрунту від 16.08.2019 року.

Замовник, адреса: Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України

Найменування об'єкту випробувань: ґрунт

Місце відбирання проби: проба №4

Час надходження проби до ВЛ: 08.08.2019р. 12.00

Дата виконання випробувань: початок: 08.08.2019. закінчення: 16.08.2019.

Результати випробувань:

Назва показника	Одиниці вимірювання	Результати вимірювання	Оцінка невизначеності вимірювань, δ	НД на методи випробувань
1	2	3	4	5
Фізико-хімічні випробування				
Азот Амонійний (N-NH ₄)	мг/кг	16	±23%	ДСТУ 7630:2014
Азот Нітратний(N-NH ₃)	мг/кг	83	±23%	ДСТУ 7629:2014
pH водної витяжки	од. pH	6,9	±5%	ДСТУ 7625:2014
Алюміній (Al)	мг/кг	184000	±15%	ГОСТ 26485-85
Залізо (Fe)	мг/кг	24400	±15%	МВВ 081/12-0787-11
Марганець (Mn)	мг/кг	81	±25%	ДСТУ 4770.1:2007
Мідь (Cu)	мг/кг	9	±20%	ДСТУ 7831-2015
Свинець (Pb)	мг/кг	<4	±25%	ДСТУ 7832-2015
Кадмій (Cd)	мг/кг	<5	±25%	ДСТУ 7607-2014
Цинк (Zn)	мг/кг	11	±25%	ДСТУ 4770.2:2007
Хром (Cr)	мг/кг	<5	±25%	ДСТУ 7851:2015

Начальник ВЛ об'єктів довікля
ТОВ «Центральна біохімічна лабораторія»:



Л.М. Чубов

*Результати викладені в протоколі поширюються тільки на зразки піддані випробуванням
 Протокол випробувань може бути повністю або частково відтворений лише з дозволу ТОВ «Центральна біохімічна лабораторія»*



☎ (044) 358-08-08
 ☎ (067) 358-08-08
 ☎ (099) 358-08-08
 ✉ centralbiolab@gmail.com
 📍 м. Київ, вул. Антона Цедіка 14А



Думки та тлумачення про відповідність якості питної води критеріям стандарту:

В досліджуваній пробі питної води, показники за якими проводились випробування не перевищують значення санітарно-хімічних показників якості та безпечності питної води ДСанПіНу 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної призначеної для споживання людиною»

**Начальник ВЛ об'єктів довікля
 ТОВ «Центральна біохімічна лабораторія»:**



Л.М. Чубов

*Результати викладені в протоколі поширюються тільки на зразки піддані випробуванням.
 Протокол випробувань може бути повністю або частково відтворений лише з дозволу ТОВ «Центральна біохімічна лабораторія».*