

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

МЕЛЬНИЧУК ТАРАС ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 504.054.3:574:502.43

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-
ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ, СТВОРЕНИХ НА ТЕРИТОРІЯХ, ЩО ЗАЗНАЛИ
РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ**

101- Екологія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ Т.В. Мельничук

Науковий керівник: Федонюк Тетяна Павлівна,
доктор сільськогосподарських наук, професор

Житомир 2025

АНОТАЦІЯ

Мельничук Т.В. Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія» (10 – Природничі науки). – Поліський національний університет, Міністерство освіти і науки України, Житомир, 2025.

Наукове дослідження, присвячене організації системи моніторингу територій та об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), створених на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення, є надзвичайно актуальним у контексті сучасних екологічних викликів.

Дисертація сприяє реалізації ключових завдань Європейської зеленої угоди, Стратегії збереження біорізноманіття до 2030 року та Цілей сталого розвитку, оскільки пропонує інноваційні підходи до моніторингу, збереження та відновлення екосистем у складних екологічних умовах. Використання геоінформаційних систем (ГІС) та технологій збору й аналізу просторової інформації, розроблених у дисертації, підтримує стратегічні пріоритети Green Transition та Digital Transition, забезпечуючи інтеграцію цифрових технологій у природоохоронну діяльність і сприяючи ефективному управлінню природними ресурсами та збереженню біорізноманіття.

Наслідки аварії на Чорнобильській атомній електростанції у 1986 році, яка була класифікована як катастрофа сьомого рівня за міжнародною шкалою ядерних подій (INES), призвели до сильного забруднення атмосфери, ґрунтів і вод значними обсягами радіонуклідів. Загальна активність радіоактивних викидів склала приблизно 52 млн кюрі (Ки), що значно перевищує рівні забруднення, зафіксовані внаслідок інших техногенних аварій. Найбільш забруднені території охоплюють північ України, зокрема Поліську низовину, де землекористування і природокористування зазнали кардинальних змін через необхідність дотримання жорстких екологічних обмежень.

Як наслідок, у зоні відчуження та на прилеглих територіях почали розвиватися природні процеси ренатуралізації, які уможливили створення природоохоронних територій.

На основі цих передумов у 2016 році було створено Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник (ЧРЕБЗ), який охоплює територію 226 964 га. Це одна з найбільших природоохоронних зон у Європі, що розташована в межах Зони відчуження та виконує функцію довгострокового моніторингового полігону для вивчення екологічних процесів у радіоактивно забруднених середовищах. Відсутність інтенсивного антропогенного впливу, за винятком обмежених наукових досліджень і охоронної діяльності, сприяла відновленню природних ландшафтів, відродженню популяцій тварин і рослин, що перебувають під загрозою зникнення.

Метою дослідження було визначення ефективних підходів до організації системи моніторингу екосистем ЧРЕБЗ та інших подібних територій, а також оцінка впливу сучасних технологій збору та аналізу даних на ефективність управління заповідними територіями. Основний акцент зроблено на використанні геоінформаційних технологій (ГІС), методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та автоматизованих систем збору даних для ефективного управління природоохоронними територіями. Запропонована система дозволяє отримувати актуальну екологічну інформацію, що сприяє ухваленню обґрунтованих рішень у сфері охорони довкілля.

Дослідження передбачає комплексний аналіз радіаційного стану, динаміки ландшафтів, стану водних ресурсів, просторового розподілу біорізноманіття та виявлення порушень природоохоронного законодавства. У рамках роботи проведено спеціалізований моніторинг радіаційного забруднення із застосуванням GPS-модулів та вимірювальних пристроїв, що дозволило швидко накопичити масив геоданих про радіаційний фон території, визначити зони підвищеного ризику та забезпечити радіаційну безпеку персоналу.

Важливим аспектом роботи стало вивчення змін ландшафтної структури Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника (ЧРЕБЗ) у період з 2016 по 2022 роки. Аналіз ДЗЗ показав, що ліс залишається домінуючим типом покриття, хоча його площа скоротилася на 1,303%, що може бути наслідком лісових пожеж і деградаційних процесів. Водночас спостерігається збільшення площі водних об'єктів (+0.735%) та чагарникових угідь (+1.023%), що свідчить про природне розширення екосистем. Зменшення трав'яного покриття (-0.371%) та затопленої рослинності (-0.577%) відображає поступові трансформації ландшафту, тоді як зростання розораних площ (+0.431%) може бути наслідком неправомірного використання земель, прилеглих до заповідника.

Аналіз стану водних ресурсів, проведений на основі ГІС-моделювання, дозволив оцінити розораність, ерозійну розчленованість і стабільність ландшафтів басейну річки Уж. Дослідження показало, що рівень розораності в зоні заповідника є нижчою, ніж у середньому по північній частині України (55% проти 70–80%). Однак у деяких притоках цей показник сягає 60%, що свідчить про помірний антропогенний вплив. Визначено 38 масивів із нестійкими ландшафтами, з яких 11 мають високий рівень нестабільності, що вимагає впровадження заходів з управління водними ресурсами.

Для оцінки стану біорізноманіття було впроваджено опитувальник «Фауна», що дозволив зібрати 2600 одиниць даних про видовий склад хребетних тварин. Зокрема, підтверджено зростання популяцій таких видів, як вовк (*Canis lupus*), рись (*Lynx lynx*), чорний лелека (*Ciconia nigra*) та кінь Пржевальського (*Equus przewalskii*). Використання геоінформаційних технологій надало можливість оцінити просторовий розподіл коней Пржевальського, визначити оптимальні місця для їх проживання та виявити основні загрози, такі як хижацтво, браконьєрство та фрагментація ландшафтів. На основі аналізу створено карти придатності середовища для подальшого управління популяцією.

Розроблена система моніторингу порушень природоохоронного режиму, що передбачає інтеграцію ГІС, супутникових знімків та мобільних додатків (наприклад, ArcGIS Survey123), дозволяє оперативно фіксувати незаконну

діяльність, таку як браконьєрство та нелегальне проникнення на територію заповідника. Це значно підвищує ефективність роботи служби охорони та дозволяє краще контролювати стан заповідних територій.

На основі отриманих результатів сформульовано практичні рекомендації. Запропонована система моніторингу рекомендована для впровадження на інших природоохоронних територіях, що зазнали радіаційного або техногенного впливу, а також на важкодоступних ділянках, уражених наслідками військових дій. Міністерству захисту довкілля та природних ресурсів України рекомендовано використовувати ГІС-аналіз для створення карт придатності середовища при реалізації програм реінтродукції видів. Запропонований підхід до спеціального моніторингу радіаційного стану дозволяє швидко оцінити рівень забруднення, визначити небезпечні ділянки та мінімізувати ризики для персоналу та відвідувачів. Також рекомендовано впровадження систем збору та обробки даних «Фауна» та «Порушення», що сприятиме комплексному підходу до моніторингу біорізноманіття та охорони заповідних територій.

Таким чином, результати дисертації демонструють ефективність сучасних геоінформаційних технологій та автоматизованих систем моніторингу для управління природоохоронними територіями. Запропоновані підходи можуть бути масштабовані для використання в інших природно-заповідних об'єктах, що зазнали впливу радіаційного забруднення, техногенних катастроф або військових дій. Інтеграція цифрових інструментів у систему охорони довкілля не лише дозволяє підвищити ефективність управління заповідними територіями, а й створює умови для довгострокового стратегічного планування їх розвитку.

Ключові слова: ландшафти, біорізноманіття, природоохоронні території, радіонукліди, радіоактивне забруднення, бази даних, ГІС-технології, супутникові знімки, екосистемні послуги, екологічна ніша, факторний аналіз, геопросторовий аналіз, кластерний аналіз, зонування, порушення режиму заповідності.

SUMMARY

Melnychuk, T. Monitoring system organisation for nature reserve objects created in territories affected by radiation contamination. – Qualifying scientific work on manuscript rights. Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in the specialty 101 «Ecology», (10 – Natural sciences). – Polissia National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Zhytomyr, 2025.

Scientific research devoted to the organization of a monitoring system for nature reserve fund objects created in territories that have been subjected to radioactive contamination is extremely relevant in the context of modern environmental challenges.

The dissertation contributes to the implementation of key tasks of the European Green Deal, the Biodiversity Conservation Strategy to 2030, and the Sustainable Development Goals, as it offers innovative approaches to monitoring, preserving, and restoring ecosystems in difficult environmental conditions. The use of geographic information systems and technologies for collecting and analyzing spatial information, developed in the dissertation, supports the strategic priorities of Green Transition and Digital Transition, ensuring the integration of digital technologies into environmental protection activities and contributing to the effective management of natural resources and the biodiversity conservation

The consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident in 1986, which was classified as a level seven disaster on the International Nuclear Event Scale (INES), led to severe contamination of the atmosphere, soil and water with significant amounts of radionuclides. The total activity of radioactive emissions was approximately 52 million curies (Ki), which significantly exceeds the levels of contamination recorded as a result of other man-made accidents. The most contaminated areas cover the north of Ukraine, in particular the Polesie Lowland, where land use and nature management have undergone radical changes due to the need to comply with strict environmental restrictions.

As a result, renaturalization processes began to develop in the exclusion zone and adjacent territories, which made it possible to create nature reserves.

Based on these prerequisites, the Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve (CREBR) was established in 2016, covering an area of 26,964 ha. It is one of the

largest nature reserves in Europe, located within the exclusion zone and serving as a long-term monitoring site for studying ecological processes in radioactively contaminated environments. The absence of intensive anthropogenic impact, with the exception of limited scientific research and conservation activities, has contributed to the restoration of natural landscapes and the revival of populations of animals and plants that are under threat of extinction.

The purpose of the study was to determine effective approaches to organizing a monitoring system for ecosystems of the ChREBR and other similar territories, as well as to assess the impact of modern technologies for collecting and analyzing data on the effectiveness of protected areas management. The main emphasis is placed on the use of geographic information technologies (GIS), remote sensing methods (RS), and automated data collection systems for effective management of protected areas. The proposed system allows obtaining up-to-date environmental information, which contributes to making informed decisions in the field of environmental protection.

The study includes the radiation level control, the changing landscape, the state of the water resources, the biodiversity distribution across space, and the finding of environmental law violations. As part of the work, specialized monitoring of radiation pollution was carried out using GPS modules and measuring devices, which allowed for quickly accumulating an geodata array on the radiation background of the territory, identifying high-risk areas, and ensuring the radiation safety of personnel.

An important aspect of the study was the changes identification in the landscape structure of the CREBR in the period from 2016 to 2022. Remote sensing analysis showed that forest remains the dominant type of cover, although its area decreased by 1.303%, which may be a consequence of forest fires and degradation processes. At the same time, there is an increase in the area of water bodies (+0.735%) and shrublands (+1.023%), which indicates a natural expansion of ecosystems. The decrease in grass cover (-0.371%) and flooded vegetation (-0.577%) reflects gradual transformations of the landscape, while the increase in ploughed areas (+0.431%) may be a consequence of illegal use of lands adjacent to the reserve.

The analysis of the state of water resources, conducted by GIS modelling, allowed for the assessment of the arable lands presence, erosional fragmentation, and stability of the landscapes of the Uzh River basin. The study showed that the level of arable lands presence in the reserve area is lower than the average for the northern part of Ukraine (55% versus 70–80%). However, in some tributaries this indicator reaches 60%, which indicates moderate anthropogenic impact. 38 massifs with unstable landscapes were identified, of which 11 have a high level of instability, which requires the implementation of water resources management measures.

To assess the state of biodiversity, a survey “Fauna” was implemented, which allowed collecting 2,600 units of data on the species composition of vertebrates. In particular, the growth of populations of species such as wolf (*Canis lupus*), lynx (*Lynx lynx*), black stork (*Ciconia nigra*), and Przewalski’s horse (*Equus przewalskii*) was confirmed. The use of geoinformation technologies made it possible to assess the spatial distribution of Przewalski’s horses, determine optimal places for their habitat, and identify the main threats, such as predation, poaching, and landscape fragmentation. Based on the analysis, maps of environmental suitability were created for further population management. A monitoring system for violations of the environmental protection regime was developed, which involves the integration of GIS, satellite imaging, and mobile applications (for example, ArcGIS Survey123), allowing for the prompt recording of illegal activities, such as poaching and illegal entry into the reserve. This significantly increases the efficiency of the security service and allows for better monitoring of the condition of protected areas.

Based on the results obtained, practical recommendations are formulated. The proposed monitoring system is recommended for implementation in other protected areas that have been exposed to radiation or man-made impacts, as well as in hard-to-reach areas affected by the consequences of military actions. The Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine is recommended to use GIS analysis to create maps of environmental suitability when implementing species reintroduction programs. The proposed approach to special monitoring of the radiation state allows you to quickly assess the level of contamination, identify dangerous areas, and minimize risks

for staff and visitors. It is also suggested that the Fauna and Disturbance data collection and processing systems be put into place. This will help with keeping an eye on biodiversity and protecting protected areas as a whole.

Thus, the results of the dissertation demonstrate the effectiveness of modern geoinformation technologies and automated monitoring systems for managing protected areas. The proposed approaches can be scaled up for use in other nature reserves affected by radiation pollution, antropogenic disasters, or military operations. The integration of digital tools into the environmental protection system not only allows for an increase in the efficiency of protected area management but also creates conditions for the long-term strategic planning of their development.

Keywords: landscapes, biodiversity, protected areas, radionuclides, radioactive contamination, databases, GIS technologies, satellite images, ecosystem services, ecological niche, factor analysis, geospatial analysis, cluster analysis, zoning, violation of the reserve regime.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

1. Fedoniuk T. P., Pyvovar P. V., Skydan V., **Melnychuk T. V.**, Topolnytskyi P. P. Spatial structure of natural landscapes within the Chernobyl Exclusion Zone. *Journal of Water and Land Development*. 2024. No. 60(I–III). P. 79–90. DOI: [10.24425/jwld.2024.149110](https://doi.org/10.24425/jwld.2024.149110) (просторова обробка та аналіз даних, висновки).
2. Fedoniuk T. P., Skydan O. V., **Melnychuk T. V.**, Zymarioieva A. A., Pazych V. M. GIS-based landscape management of the Uzh river basin: a strategy to enhance river water quality. *Space Science and Technology*. 2023. Vol. 29, No. 4. P. 43–66. DOI: [10.15407/knit2023.04.043](https://doi.org/10.15407/knit2023.04.043) (ГІС-аналітика, розрахунки стабільності ландшафтів, висновки).
3. Fedoniuk T., Borsuk O., **Melnychuk T.**, Zymarioieva A., Pazych V. Assessment of the consequences of forest fires in 2020 on the territory of the chernobyl radiation and ecological biosphere reserve. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, No. 8. P. 26–36. DOI: [10.48077/scihor.24\(8\).2021.26-36](https://doi.org/10.48077/scihor.24(8).2021.26-36) (збір даних, просторовий аналіз, формування висновків).
4. Fedonyuk T. P., Galushchenko O. M., **Melnychuk T. V.**, Zhukov O. V., Vishnevskiy D. O., Zymarioieva A. A., Hurelia V. V. Prospects and main aspects of the GIS-technologies application for monitoring of biodiversity (on the example of the Chernobyl Radiation-Ecological Biosphere Reserve). *Space Science and Technology*. 2020. Vol. 26, No. 6. P. 075–093. DOI: [10.15407/knit2020.06.075](https://doi.org/10.15407/knit2020.06.075) (збір даних, побудова тематичних карт).
5. **Melnychuk T.**, Korepanova K., Fedoniuk T., Zymarioieva A. Geospatial applications as an integral component of wildlife monitoring in the Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve. *Biosystems Diversity*. 2024. Vol. 32, No. 1. P. 127–134. DOI: [10.15421/012412](https://doi.org/10.15421/012412) (кластерний аналіз, розробка анкет Фауна, польовий моніторинг великих ссавців, обстеження ссавців з низькими ресурсами за допомогою фотопасток).
6. Skydan V., Fedoniuk T. P., Mozharovskii O. S., Zhukov O. V., Zymarioieva A. A., Pazych V. M., **Melnychuk T. V.** Monitoring tree mortality in Ukrainian *Pinus sylvestris* L. forests using remote sensing data from earth observing satellites. *Annals of Forest Research*. 2022. Vol. 65, No. 2. P. 91–101. DOI: [10.15287/afr.2022.2328](https://doi.org/10.15287/afr.2022.2328) (збір та аналіз даних, просторова обробка результатів).

7. Zymaroieva A., Fedoniuk T., Yorkina N., Budakova V., **Melnychuk T.** Ecomorphic structure transformation of soil macrofauna amid recreational impact. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, No. 7. P. 30–45. DOI: [10.48077/scihor.24\(7\).2021.30-45](https://doi.org/10.48077/scihor.24(7).2021.30-45) (збір даних та оцінка рівня рекреаційної трансформації ґрунтової макрофауни зелених насаджень).

8. Zymaroieva A., Kolomiychuk V., Fedoniuk T., Goncharenko I., Borsuk O., **Melnychuk T.**, Svenning J. C. Post-fire recovery of vegetation in the Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81, Issue 1. P. 489–509. DOI: [10.1080/00207233.2023.2287345](https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2287345) (польові обстеження, просторовий аналіз даних).

9. **Melnychuk T.**, Fedoniuk T., Pyvovar P., Topolnytskyi P., Vishnevskiy D. Przewalski's horse distribution analysis using geospatial data within the Chernobyl Exclusion Zone habitats. *Scientific Horizons*, 2025, Vol. 28, No. 2. P. 170–183. DOI: [10.48077/scihor2.2025.170](https://doi.org/10.48077/scihor2.2025.170) (збір даних, визначення ключових факторів для моделювання та створення карт придатності середовища існування тварин та верифікація результатів).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

10. Обрізан С. М., **Мельничук Т. В.** Антропогенні зміни р. Прип'ять у межах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. *Реалії та перспективи еколого-освітньої роботи в парадигмі стійкого розвитку* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (5 жовт. 2022 р.). Селезівка : Поліський природний заповідник, 2022. С. 113–116.

11. Коломійчук В., Домашевський С., **Мельничук Т.**, Вишневський Д., Обрізан С. Проектоване ВБУ «Гирло Прип'яті» (Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник). *Wetlands: current state and prospects* : International Science and Practice Internet Conference (01-02 February 2022, Melitopol, Ukraine). Melitopol, 2022. P. 39–40.

12. Коломійчук В. П., Вишневський Д. О., **Мельничук Т. В.** Вплив військових дій на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. *Роль біосферних заповідників (резерватів) та інших природоохоронних територій для реалізації в Україні стратегії сталого розвитку*. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (21 лист. 2023 року). Рахів, 2023. С. 174–181.

13. Борсук О. А. **Мельничук Т. В.**, Вишневський Д. О., Обрізан С. М., Гуреля В. В. Причини та наслідки пожеж 2020 року для природних комплексів Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. *Chornobyl: open air lab : materials Handbook I International Science and Applied Conference* (which is dedicated to the 5th anniversary of the Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve). Тернопіль : Крок, 2021. С. 32–36.

Наукові праці у інших виданнях:

14. Федонюк Т. П., Галущенко О. М., **Мельничук Т. В.**, Гуреля В. В., Зимароева А. А., Пазич В. М. Геоінформаційні технології в науковій та природоохоронній діяльності Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. *CHORNOBYL science HUB*. 2021. № 1/2(2-3). С. 9–13.

15. **Мельничук Т.**, Федонюк Т., Пивовар П., Скидан О., Топольницький П. Геопросторова оцінка змін структури природних ландшафтів Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. *CHORNOBYL science HUB*. 2024. № 6. С. 20–29.

16. Обрізан С., Вишневський Д., Борсук О., Галущенко О., **Мельничук Т.**, Домашевський С., Кічкара А., Корепанова К., Лаптев Г., Проць Б., Процак В. Старт пілотного проєкту відновлення водно-болотних угідь. *CHORNOBYL science HUB*. 2023. № 4. С. 42–49.

17. **Мельничук Т.** Програми ГЕФ/ЮНЕП як важливий інструмент з підтримки реалізації пріоритетних завдань Чорнобильського заповідника. *CHORNOBYL science HUB*. 2023. № 4. С. 78–80.

18. Маляренко В., Алієв В., **Мельничук Т.**, Галущенко О. Геопортал Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. *CHORNOBYL science HUB*. 2024. № 6. С. 6–13.

19. Тваринний світ / Галущенко О.М., **Мельничук Т. В.**, Вишневський Д. О. та ін. *Літопис природи за 2022 рік* / Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. Київ, 2023. Т. 6. 170 с.

20. Антропогенний вплив / Галущенко О. М., **Мельничук Т. В.**, Вишневський Д. О. та ін. *Літопис природи за 2021 рік* / Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. Київ, 2022. Т. 5. 269 с.

21. Антропогенний вплив / Галущенко О.М., **Мельничук Т. В.**, Вишневський Д. О. та ін. *Літопис природи за 2020 рік* / Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. Київ, 2021. Т. 4. 223 с.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
SUMMARY.....	6
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	10
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	16
ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1. МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ ДЛЯ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ, СТВОРЕНИХ НА РАДІАЦІЙНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ.....	24
1.1. Проблеми та перспективи розвитку системи моніторингу територій та об'єктів ПЗФ України, в т.ч. створених на радіаційно забруднених територіях.....	24
1.2. Сучасні системи моніторингу довкілля територій та об'єктів ПЗФ	27
1.3. Інструменти забезпечення моніторингу довкілля територій та об'єктів ПЗФ	30
1.3.1. Застосування даних дистанційного зондування Землі у системі моніторингу територій та об'єктів ПЗФ	32
1.3.2. ГІС у системі моніторингу навколишнього середовища територій та об'єктів ПЗФ.....	36
Висновки до розділу 1.....	38
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	40
2.1. Схема організації досліджень.....	40
2.2. Природні умови території досліджень.....	42
2.3. Методика визначення стану компонентів екосистем природоохоронних територій.....	49
2.3.1. Методика забезпечення спеціальних видів моніторингу окремих територій та об'єктів ПЗФ	49

2.3.2.	Методика визначення показників стану та динаміки ландшафтів (Land cover).....	51
2.3.3.	Методика проведення досліджень щодо моніторингу та управління водними ресурсами територій та об'єктів ПЗФ.....	54
2.4.	Методика збору даних, моніторингу, прогнозування та управління біологічними ресурсами.....	58
2.5.	Методика побудови системи моніторингу безпеки ландшафтів територій та об'єктів ПЗФ.....	64
	Висновки до розділу 2.....	65
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ВИДІВ МОНІТОРИНГУ ОКРЕМИХ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ, ПОРУШЕНИХ ВНАСЛІДОК АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ		67
	Висновки до розділу 3.....	74
РОЗДІЛ 4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ.....		76
4.1.	Ландшафтний аналіз та моніторинг змін природно-територіальних комплексів територій та об'єктів ПЗФ	76
4.2.	Моніторинг водних об'єктів ПЗФ.....	89
	Висновки до розділу 4.....	97
РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ, ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ТА УПРАВЛІННЯ БІОЛОГІЧНИМИ РЕСУРСАМИ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ.....		98
5.1.	Просторовий розподіл даних опитувальника «Фауна».....	99
5.2.	Організація збору та аналітика інформації щодо біорізноманіття заповідних екосистем.....	105
5.3.	Створення карт придатності поширення видів на прикладі коней Пржевальського.....	118
	Висновки до розділу 5.....	127

РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ПОРУШЕНЬ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	129
Висновки до розділу 6.....	140
РОЗДІЛ 7. АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ, СТВОРЕНИХ НА РАДІАЦІЙНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ.....	142
ВИСНОВКИ	148
РЕКОМЕНДАЦІЇ	151
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	152
ДОДАТКИ.....	182

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ПЗФ – природно-заповідний фонд

ПЗ – природний заповідник

ПЕД – потужність еквівалентної дози

ЧАЕС – Чорнобильська атомна електростанція

ЗВіЗБ(О)В – зона відчуження і зона безумовного (обов'язкового) відселення

АСКРС — автоматизована система контролю радіаційного стану

ГДК – гранично допустима концентрація

ГІС – геоінформаційні системи

ЧЗВ – Чорнобильська зона відчуження

ЧРЕБЗ – Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник

Cs – цезій

Sr – стронцій

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі

Кв – коефіцієнт варіації

ОПТ – охоронювані природні території

Ki – кюрі

ІІ – штучний інтелект

СМНС – система моніторингу навколишнього середовища.

ВСТУП

Актуальність теми. Наукове дослідження на тему «Організація системи моніторингу територій та об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), створених на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення» зумовлене необхідністю впровадження нових підходів до управління територій, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС у 1986 році, та відповіді на екологічні виклики, пов'язані зі зміною клімату, втратами біорізноманіття та сталого розвитку. Аварія, яка відбулася на Чорнобильській АЕС у 1986 році, відноситься, за міжнародною шкалою ядерних подій, до найвищого, сьомого рівня «велика аварія», яка характеризується сильним викидом радіоактивних речовин у навколишнє середовище. Внаслідок цієї аварії у навколишнє середовище потрапило 52 млн Кі радіоактивних речовин. На території України утворилися великі площі різноманітних угідь, які зазнали радіоактивного забруднення. Найбільша їх кількість зосереджена на півночі країни в межах Поліської низовини. Землекористування та природокористування на них регламентується законом України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи». У залежності від статусу визначеного цим Законом та щільності поверхневого забруднення вводиться широкий спектр обмежень на господарську діяльність – від повної заборони проживання населення (у зонах відчуження та безумовного (обов'язкового) відселення (ЗВіЗБ(О)В)) до виключення окремих видів діяльності (зони гарантованого добровільного відселення та посиленого радіоекологічного контролю. Також негативний вплив соціально-економічної трансформації переходу від соціалістичної до ринкової економіки у цих районах мав найбільший прояв у вигляді зменшення чисельності населення та скорочення господарської діяльності. Внаслідок цього на територіях із тривалою історією землекористування розпочалися резеватогенні сукцесії.

Зазначенні вище фактори призвели до появи на цих територіях «вікна можливостей» для реалізації заходів з охорони природи, передусім створення об'єктів ПЗФ. Для таких територій характерні низькі ризики конфліктів з іншими

землекористувачами, можливість відведення під заповідання великих площ, низька інтенсивність господарської діяльності, яка створює ризики фрагментації оселищ.

Створення об'єктів ПЗФ на радіоактивно забруднених територіях дозволяє надавати ефективні відповіді на екологічні виклики, пов'язані зі зміною клімату та антропогенним тиском на довкілля. Території, які істотно втратили господарське значення, можуть стати пріоритетними у наданні екологічних послуг: збереження біологічного різноманіття, фіксація вуглекислого газу, регуляція гідрологічного режиму тощо. Окрім того, відновлення екосистем виконує бар'єрну функцію.

Початок повномасштабного вторгнення російських окупаційних військ в Україну порушив додаткову проблему управління землями, які вийшли із господарського обороту внаслідок мінування, хімічного забруднення та загрози вогневого враження. Наразі рядом фахівців пропонується розглянути можливість заповідання цих земель як форму їх довготривалого використання — і досвід створення та управління об'єктами ПЗФ на радіоактивно забруднених територіях стане цінним орієнтиром у стратегії перетворення таких земель на заповідні.

У якості модельного об'єкту було обрано Чорнобильській радіаційно-екологічний біосферний заповідник (ЧРЕБЗ), який створено у 2016 році в межах ЗВіЗБ(О)В. Він має такі особливості: велика територія, відсутність населення, радіоактивне забруднення, значна кількість різноманітних антропогенних ландшафтів у стадії ренатуралізації. На час проведення дослідження Заповідник знаходився у процесі становлення. Це зумовило необхідність забезпечення інформацією процесів прийняття рішень, а також відкрило можливість для тестування нових інструментів моніторингу та збору даних про стан навколишнього середовища.

Також необхідно зазначити, що збір даних та дослідження проводились на всій території зони відчуження, включаючи промислову зону ЧАЕС (став-охолоджувач), яка не входить до заповідника.

На сьогодні існує ряд інструментів моніторингу та збору даних про навколишнє середовище на основі сучасних геоінформаційних технологій — це

засоби дистанційного зондування Землі, геоінформаційні системи, різноманітні вимірювальні пристрої з GPS-модулем тощо. Всі вони дозволяють швидко збирати великі масиви інформації про стан навколишнього середовища, переводити неформалізовані знання у формалізовані, перетворювати дані моніторингу в управлінські рішення на рівні об'єкту ПЗФ. Ряд цих інструментів був застосований під час проведення дисертаційного дослідження. Сферами їх застосування є моніторинг динаміки ландшафтних комплексів, управління водними ресурсами, збір даних щодо радіаційної ситуації, збір даних щодо біорізноманіття, оцінка потенціалу території для існування рідкісних видів, захист території Заповідника від порушень режиму та природоохоронного законодавства. У ході дослідження було впроваджено ці інструменти в практику роботи Заповідника та проведено оцінку їх ефективності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано впродовж 2020-2024 рр. в рамках НДР Поліського національного університету «Особливості створення об'єктів природно-заповідного фонду на територіях, які зазнали радіоактивного забруднення/ Features of creation of objects of nature reserve fund in the territories which have undergone radioactive contamination» (номер державної реєстрації 0121U114656).

Мета і завдання дослідження.

Метою дослідження є обґрунтування системи моніторингу територій ПЗФ, які зазнали радіаційного забруднення та впровадження сучасних, більш ефективних методів моніторингу довкілля. Дослідження спрямоване на впровадження та аналіз відповідності і ефективності методів збору інформації про стан навколишнього середовища запитам управління об'єкту ПЗФ.

Завданнями цього дослідження були наступні:

1. Визначити проблеми та перспективи розвитку системи моніторингу в об'єктах ПЗФ України, створених на радіоактивно забруднених територіях.
2. Запропонувати механізми спеціальних видів моніторингу окремих об'єктів ПЗВ, які створені на радіоактивно забруднених територіях
3. Запропонувати механізми моніторингу та управління станом та структурою ландшафтів об'єктів ПЗФ на основі ДЗЗ та ГІС.

4. Запропонувати механізми моніторингу та управління водними ресурсами об'єктів ПЗФ на основі ДЗЗ та ГІС.

5. Оцінити ефективність та межі застосування сучасних засобів збору даних та моніторингу біорізноманіття в ЧРЕБЗ.

6. Запропонувати алгоритм просторового аналізу та моделювання поширення значимих видів на прикладі коней Пржевальського.

7. Створити ресурсну концепцію моніторингу порушень режиму об'єктів ПЗФ.

Об'єктом дослідження є екологічні, радіоекологічні та управлінські аспекти системи моніторингу довкілля територій та об'єктів природно-заповідного фонду на радіаційно забруднених територіях.

Предмет дослідження — система моніторингу територій та об'єктів природно-заповідного фонду України, які розташовані на територіях, що зазнали впливу аварії на ЧАЕС.

Методи дослідження. У роботі застосовувалися різноманітні наукові методи дослідження, серед яких були загальнонаукові та спеціальні. Із *загальнонаукових* використані методи аналізу, синтезу, дослідження, спостереження, гіпотези, індукції, дедукції (для вибору напрямів наукових досліджень й опрацювання фактичного матеріалу). *Спеціальні* методи досліджень включали польові, фенологічні, біометричні методи, облік видового різноманіття, розрахунок проєктивного покриття видів, методи польових досліджень тощо. Окремо слід відзначити спеціальні методи, спрямовані на діджиталізацію моніторингової діяльності, — метод дистанційного зондування Землі та геоінформаційний аналіз, які використовувалися для візуалізації, моделювання та прогнозування поточного стану та розвитку окремих компонентів навколишнього середовища. Результати досліджень обробляли математико-статистичними методами (кореляційний, варіаційний, регресійний, дисперсійний аналіз для визначення достовірності результатів, мінливості та взаємозалежностей ознак і властивостей).

Наукова новизна дослідження полягає у розробці системного підходу до процесу моніторингу навколишнього природного середовища об'єктів ПЗФ, створених на територіях із радіаційним забрудненням.

У дослідженні **вперше систематизовано** особливості функціонування природоохоронних територій із радіаційним забрудненням, визначено механізми контролю радіаційного стану, моніторингу динаміки компонентів ландшафтів, оцінки стану біорізноманіття та прогнозування його змін, а також оцінки загроз компонентам природного середовища з боку людини.

Запропоновано інноваційні підходи:

- проведення спеціальних видів моніторингу окремих об'єктів ПЗФ;
- проведення моніторингу й управління станом та структурою ландшафтів об'єктів ПЗФ;
- проведення моніторингу та управління водними об'єктами територій ПЗФ;
- проведення моніторингу, прогнозування розвитку та управління біологічним різноманіттям об'єктів ПЗФ;
- побудова алгоритму просторового аналізу та моделювання поширення видів на прикладі коней Пржевальського.

Створено ресурсну концепцію моніторингу порушень природного середовища.

Розроблено пропозиції щодо удосконалення методичних підходів до моніторингової діяльності об'єктів ПЗФ.

Практичне значення очікуваних наукових результатів дослідження полягає у розробці ефективних підходів та рекомендацій управління об'єктами ПЗФ в частині моніторингу навколишнього природного середовища. Використання запропонованих у дисертації методів моніторингових досліджень дозволяє автоматизувати збір, аналіз і візуалізацію даних про стан навколишнього природного середовища.

Вдосконаленню практичної діяльності об'єктів ПЗФ в частині моніторингу навколишнього природного середовища *сприяють*:

- підвищення якості первинних даних про стан навколишнього природного середовища;
- нові підходи до аналізу даних про стан навколишнього природного середовища на основі ДЗЗ та ГІС

та створюють передумови для:

- обґрунтування та планування природоохоронних заходів;
- довгострокового стратегічного планування розвитку територій;
- більш ефективної організації наукової та дослідної діяльності на територіях об'єктів ПЗФ;
- більш ефективної організації діяльності державної служби охорони ПЗФ з урахуванням актуальності загроз.

Практично значимими рішеннями, представленими у дисертації, є:

- карти придатності середовища, створені на основі екологічних і геопросторових даних, які дозволяють виявляти оптимальні місця для реінтродукції та розробляти спеціальні заходи охорони, зокрема створення коридорів міграції, регулювання доступу людей і розміщення інфраструктури. Інтеграція даних про антропогенні загрози (дороги, населені пункти, сільськогосподарські території) допомагає оцінювати ризики для середовища проживання видів і розробляти відповідні стратегії їх мінімізації, наприклад, встановлення буферних зон чи регуляцію туристичних потоків;
- система моніторингу порушень природного середовища, яка сприяє інтеграції багатофакторного аналізу для оптимізації ресурсів служби охорони, виявлення територій із підвищеною активністю порушень і визначення пріоритетів для зусиль збереження.

Практичні аспекти дисертаційної роботи рекомендовані до впровадження Департаментом природно-заповідного фонду та біорізноманіття Міндовкілля, Державним агентством управління зоною відчуження для об'єктів ПЗФ, а також інших установ, які працюють на території зони відчуження. Результати дисертаційної роботи впроваджені у практичну діяльність Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, Рівненського природного заповідника, ПЗ «Древлянський», Поліського природного заповідника, а також використані при викладанні навчальних дисциплін природничого циклу Національного університету біоресурсів та природокористування України та Поліського національного університету.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем проаналізовано наявну науково-технічну літературу, здійснено опрацювання методик та методів геопросторового проектування та планування заповідних територій, обліків біорізноманіття та аналізу ландшафтів. Збір та обробка даних здійснювалися автором самостійно на основі Літописів природи та інших робочих матеріалів ЧРЕБЗ. Просторовий аналіз здійснений автором особисто за наукового консультування співробітників Центру космічних та геоінформаційних технологій Поліського національного університету. Висновки, пропозиції і рекомендації, висвітлені у дисертації, спираються на дані результатів власних досліджень. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, права співавторів не порушені.

Апробація матеріалів досліджень. Основні теоретичні положення, а також окремі результати досліджень було обговорено на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Реалії та перспективи еколого-освітньої роботи в парадигмі стійкого розвитку» (Селезівка, Україна, 5 жовтня 2022 року), IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Кривий Ріг, Україна, 24-27 травня 2022 року), I Міжнародній науково-практичній конференції (присвяченій 5-річчю створення Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника) (Київ, України, 24 квітня 2021 року), International Science and Practice Internet Conference «Wetlands: current state and prospects» (01-02 February 2022, Melitopol, Ukraine), Міжнародній науково-практичній конференції «Роль біосферних заповідників (резерватів) та інших природоохоронних територій для реалізації в Україні стратегії сталого розвитку» (21 листопада 2023 року, Рахів), Круглому столі, присвяченому Міжнародному дню лісів, у Поліському національному університеті (21 березня 2023 р., м Житомир).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 21 наукових праць, з них 9 у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, 3 літописи природи, 4 тези доповідей на наукових конференціях, 5 публікацій у науково-практичних виданнях.

РОЗДІЛ 1. МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ ДЛЯ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ, СТВОРЕНИХ НА РАДІАЦІЙНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

1.1. Проблеми та перспективи розвитку системи моніторингу територій та об'єктів ПЗФ України, в т.ч. створених на радіаційно забруднених територіях

Природно-заповідний фонд (ПЗФ) України є ключовим елементом охорони біорізноманіття та природних ландшафтів. Згідно із Законом України «Про природно-заповідний фонд України», ПЗФ включає території та об'єкти, які підлягають особливій охороні через свою унікальність, важливість для екосистеми або культурну цінність [55]. Основна мета системи ПЗФ — забезпечити збереження природних комплексів у стані, максимально наближеному до первісного, а також зберігати екологічну рівновагу та підтримувати біологічне різноманіття. Загалом ПЗФ України охоплює понад 7% території країни, і ця площа продовжує збільшуватися у зв'язку з активною діяльністю у сфері розширення заповідних територій [5].

Важливою умовою для забезпечення екологічної рівноваги в Україні є ефективна робота системи природоохоронних територій. Їхній розвиток вимагає належного законодавчого забезпечення, державної підтримки та громадської активності. Основні завдання об'єктів ПЗФ – збереження біорізноманіття, унікальних ландшафтів та проведення просвітницької діяльності – залишаються актуальними і потребують постійного вдосконалення [22, 43, 44].

Моніторинг стану навколишнього середовища об'єктів ПЗФ є одним із найважливіших компонентів їх діяльності. Він допомагає відстежувати стан популяцій рідкісних, зникаючих та ендемічних видів флори і фауни, своєчасно виявляти загрози (наприклад, браконьєрство, знищення середовища існування) і вживати заходів для їх усунення. Враховуючи той факт, що природоохоронні території є чутливими до змін клімату, забруднення, інвазійних видів,

моніторингові дослідження дозволяють фіксувати ці зміни, аналізувати їх вплив на екосистему та прогнозувати наслідки.

Дані моніторингу надають основи для розробки стратегій збереження та управління природоохоронними територіями, вони є фундаментом для формування баз даних а також важливим інструментом організації інформаційно-просвітницьких кампаній. Важливою є також допомога у виконанні міжнародних зобов'язань у сфері охорони природи, таких як Конвенція про біологічне різноманіття або Рамсарська конвенція [61].

Після аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 році значні території на півночі України були піддані радіоактивному забрудненню, що істотно вплинуло на довкілля і зумовило необхідність перегляду підходів до управління цими землями. Попри високий рівень радіації, ці території стали унікальною природною лабораторією, де можна досліджувати вплив радіації на екосистеми та зміни в біорізноманітті.

Специфіка об'єктів ПЗФ на радіоактивно забруднених територіях полягає у кількох ключових особливостях. Після евакуації населення і припинення господарської діяльності на цих територіях розпочалося активне природне відновлення екосистем. Це створило умови для відродження багатьох видів тварин і рослин, у тому числі рідкісних і зникаючих. Спостерігається збільшення чисельності таких видів, як зубр, рись, бурий ведмідь та чорний лелека [29].

Радіоактивне забруднення вплинуло на флору і фауну, зумовивши певні мутації та зміни у поведінці організмів. Наприклад, у деяких рослин відзначаються мутації у формі листків і квітів, а у тваринних популяціях — зміни репродуктивної поведінки та скорочення тривалості життя. Забруднення водойм, повітря та ґрунтів хімічними речовинами впливає на стан заповідних територій. Це знижує якість середовища проживання для тварин і рослин.

На сьогодні найбільшим об'єктом ПЗФ у світі, створеним на радіоактивно забруднених територіях, є ЧРЕБЗ. На його нинішній території 26 квітня 1986 року сталася одна із найбільших катастроф антропогену [102]. У момент вибуху на четвертому реакторі Чорнобильській АЕС, поблизу міста Прип'ять, було викинуто

в атмосферу велику кількість радіоактивних частинок, причому найдрібніші їх фракції досягали аж до Швеції та Фінляндії [89, 183].

Після залишення радіоактивно забруднених територій багато із цих районів із часом були рекультивовані рослинністю, про що свідчать нині заросле міське середовище [170] та розширення вегетативних типів ландшафтів [126]. Окрім того, евакуація та залишення землі також призвели до того, що ЧРЕБЗ став великим притулком для дикої природи із вагомим збільшенням чисельності диких кабанів, оленів, лисиць, лосів, вовків, зайців і бобрів [53]. Більші травоядні тварини, такі як коні Пржевальського, також повернулися на цю територію. Деякі рідкісні види птахів, наприклад, орлан білохвіст і підорлик, також спостерігалися у зоні відчуження впродовж останніх років, використовуючи її як нове середовище для розмноження [115].

Таким чином, світова та українська природоохоронна спільноти почали розглядати зону відчуження як найбільший у світі реверс природи, що пропонує безліч можливостей для моніторингу відновлення рослинності та природи загалом у зв'язку з катастрофами і з відмовою від антропогенного використання цих територій [211]. Велика кількість наявних хребетних тварин також дозволяє проводити моніторинг як заново введеної фауни (коней Пржевальського) [128, 97], так і фауни, що знову з'являється у регіоні через природну міграцію [226]. Дослідження, проведене в 2015 році, засвідчило, що в ЧРЕБЗ знаходиться та ж сама кількість видів ссавців у порівнянні з прилеглими подібними об'єктами ПЗФ і що популяція дикої природи, ймовірно, стала більш різноманітною, ніж до ядерної катастрофи [153, 155].

Таким чином, ЧРЕБЗ сьогодні являє собою унікальну інфраструктуру для вивчення довгострокових наслідків, які може мати радіаційне забруднення на екосистеми, та відкриває багато можливостей для досліджень відновлення екосистем у зв'язку як із техногенними, так і з природними катастрофами. Із огляду на те, що територія була ізольована протягом 38 років, моніторинг довгострокових наслідків є особливо актуальним [78, 99, 147, 176, 185, 186, 193, 202, 251].

Слід зазначити, що розвиток системи моніторингу довкілля для природоохоронних територій стикається із низкою викликів. У першу чергу це обмежене фінансування: розробка і впровадження сучасних систем моніторингу, використання сучасних технологій, таких як супутникові знімки, дрони, датчики, а також інструменти для збору й аналізу даних, вимагають значних фінансових ресурсів [262, 92, 93, 60].

Нерідко державне або регіональне фінансування є недостатнім для покриття всіх потреб.

Ефективний моніторинг потребує й відповідного кадрового забезпечення – фахівців у галузях екології, біології, геоінформатики та аналізу даних, а також відповідного програмного забезпечення. Недостатня інтеграція даних та відсутність системного підходу також може ускладнювати їх аналіз та створення єдиної картини стану довкілля. До того ж, відсутність чіткої законодавчої бази, політична нестабільність, військові дії є вагомими чинниками, що можуть заважати ефективному функціонуванню систем моніторингу.

Для подолання цих проблем необхідна тісна співпраця державних органів, наукових установ, міжнародних організацій та громадськості, а також пошук і впровадження інноваційних технологій.

1.2. Сучасні системи моніторингу довкілля територій та об'єктів ПЗФ

Моніторинг довкілля об'єктів ПЗФ є важливим інструментом для оцінки стану природних комплексів та розробки стратегій збереження й сталого управління територіями.

Антропогенні чинники, які аналізуються в межах моніторингу довкілля, передбачають вплив людської діяльності на природні комплекси, такі як рекреаційне навантаження, забруднення, порушення природного середовища та інші форми використання природних ресурсів. Моніторинг дозволяє виявляти зони підвищеного ризику й вживати заходи для мінімізації негативного впливу.

Розвиток систем моніторингу компонентів навколишнього середовища в умовах радіоактивного забруднення вимагає впровадження новітніх технологій

збору, обробки та аналізу даних. У різних країнах світу використовуються різноманітні підходи, що базуються на інтеграції дистанційного зондування, автоматизованих польових датчиків, геоінформаційних систем (ГІС) та штучного інтелекту.

Супутникові системи, такі як Sentinel-2 (ESA) та Landsat (USGS), забезпечують регулярний моніторинг змін рослинного покриву та структури ландшафтів [117, 255, 259]. Ці платформи допомагають виявляти аномалії в радіоактивно забруднених зонах, ідентифікувати деградацію екосистем та визначати території, які потребують додаткового дослідження [130]. Наприклад, дослідження в Японії показали, що поєднання оптичних та радарних даних дозволяє відстежувати відновлення лісових екосистем після ядерних аварій [192].

Науковці у Фінляндії та Норвегії впровадили мережу польових датчиків, які вимірюють рівні радіоактивного випромінювання, хімічний склад води та повітря в реальному часі [108]. Ці датчики передають дані до центральних обчислювальних вузлів, де вони аналізуються з використанням машинного навчання. У США та Канаді подібні системи використовуються для моніторингу міграції радіонуклідів у ґрунті та водних екосистемах [189, 161].

ГІС-аналіз є ключовим інструментом для оцінки стану біорізноманіття в умовах радіоактивного забруднення. У Швеції створена ГІС-система, яка об'єднує дані про радіаційний фон, стан ґрунтів та рослинності, а також розподіл рідкісних видів тварин; подібні системи розроблені в Австралії для моніторингу змін біорізноманіття у віддалених регіонах [194].

Штучний інтелект (ШІ) та методи машинного навчання дозволяють не тільки обробляти великі масиви даних, а й прогнозувати можливі екологічні зміни. У Франції та Німеччині моделі на основі ШІ використовуються для оцінки ризиків забруднення водою радіонуклідами та визначення найбільш ефективних заходів щодо їх відновлення [120, 241, 254]. У Китаї такі підходи допомагають виявляти зони ризику втрати біорізноманіття через вторинне радіоактивне забруднення [77].

Сучасні тенденції включають застосування автономних роботизованих платформ, здатних пересуватися забрудненими територіями, проводити

автоматичний аналіз проб ґрунту, води та повітря. У Південній Кореї реалізований проєкт створення автономного роботизованого комплексу для моніторингу зон впливу атомних електростанцій. Це дозволяє значно знизити ризики для персоналу та отримувати дані в реальному часі [86]. У США використовують безпілотні літальні апарати (БПЛА) із встановленими спектрометрами для виявлення локальних радіоактивних аномалій, особливо в районах, де неможливо використовувати наземні транспортні засоби [90].

На рівні міжнародного співробітництва існують спільні проєкти, спрямовані на вдосконалення моніторингових технологій. Наприклад, програма МАГАТЕ «Environmental Monitoring in Contaminated Zones» об'єднує країни Європи та Азії для розробки стандартів і протоколів моніторингу, включаючи інтеграцію даних із різних джерел, таких як супутники, стаціонарні датчики та польові вимірювання [144]. Ще один приклад — європейський проєкт 7-ї Рамкової програми Європейської Комісії «СОМЕТ» (Координація та впровадження пан'європейського інструменту для радіоекології), який зосереджувався на виконанні інноваційних досліджень з радіоекології, оцінці ризиків, а також створенні механізмів ефективного прийняття рішень під час радіоактивних аварій [47].

Важливу роль відіграє економічна ефективність моніторингових систем. У Японії, наприклад, був розроблений метод комбінованого використання комерційно доступних дронів та спрощених радіологічних детекторів. Такий підхід дозволив знизити витрати на збір даних, забезпечуючи при цьому достатню точність для виявлення основних зон ризику [109]. У Норвегії уряд підтримує впровадження порівняно дешевих портативних сенсорів, які можна швидко розгорнути на територіях із невизначеним рівнем забруднення [79].

Аналіз досвіду різних країн світу демонструє важливість багаторівневого підходу до моніторингу: від глобальних супутникових даних до локальних автоматизованих станцій. Зокрема, Японія після аварії на Фукусімі-1 запровадила національну програму моніторингу, яка поєднує наземні сенсори, супутникові знімки та участь місцевих громад у зборі даних [116, 178].

Хоча сучасні технології забезпечують високоточний збір даних і швидкий аналіз, існують певні обмеження, зокрема фінансові витрати, необхідність навчання персоналу та адаптація до специфічних екосистем. Попри це, інтеграція різноманітних джерел даних і використання передових алгоритмів дозволяє підвищити ефективність системи моніторингу і забезпечити своєчасну реакцію на екологічні загрози. Ці додаткові аспекти підкреслюють важливість комплексного підходу до побудови системи моніторингу, яка включає не лише новітні технології, а й виважений підхід до економічного, екологічного та соціального складників процесу.

Таким чином, побудова ефективної системи моніторингу компонентів навколишнього середовища об'єктів ПЗФ на радіоактивно забруднених територіях вимагає використання передових інструментів дистанційного зондування, автоматизованих датчиків, ГІС, методів машинного навчання та широкої міжнародної кооперації. Застосування цього комплексного підходу сприятиме поліпшенню екологічного стану таких територій і збереженню їхнього біорізноманіття.

1.3. Інструменти забезпечення моніторингу довкілля територій та об'єктів ПЗФ

Охоронювані природні території (ОПТ) є основними інструментами для збереження біорізноманіття, яке відіграє ключову роль у підтриманні екосистемних послуг та стабільності глобального середовища [209, 139]. Біосферні заповідники, як частина міжнародної системи збереження природи, виконують багатофункціональну роль, зокрема слугують платформами для моніторингу навколишнього середовища, дослідження біорізноманіття та впровадження принципів сталого розвитку [98].

Моніторинг біорізноманіття визначається як систематичне відстеження стану видів, середовищ їх проживання та екологічних процесів для виявлення змін та оцінки ризиків [268]. Ця діяльність є важливим елементом управління ОПТ,

оскільки дозволяє оцінювати ефективність заходів зі збереження біорізноманіття, а також планувати подальші дії [175].

Сучасні підходи до моніторингу включають інтеграцію польових методів збору даних із використанням ДЗЗ та ГІС для картографування екологічних градієнтів і середовищ існування [212]. Однак існуючі методології нерідко мають певні обмеження, серед яких нерівномірність стандартів, обмежена точність вимірювань, а також високі витрати часу і ресурсів [103]. Особливо актуальним є питання вдосконалення моніторингу біорізноманіття для великих та важкодоступних територій, таких як ЧРЕБЗ, який наразі є найбільшим природоохоронним об'єктом України та розташований на території з високим рівнем неоднорідного радіоактивного забруднення (ІАЕА, 2006). Просторовий розподіл радіонуклідів, таких як ^{137}Cs та ^{90}Sr , істотно впливає на структуру екосистем та визначає специфіку їх моніторингу [172, 195]. Традиційні методи оцінки стану біорізноманіття в Заповіднику базуються на польових обстеженнях, які, попри їх високу точність, обмежуються значними витратами ресурсів [205].

Використання супутникових зображень високої роздільної здатності, дронів та автоматизованих систем збору даних дає змогу виявляти просторові та часові закономірності змін біорізноманіття, не вимагаючи великих затрат на польові дослідження [210, 222, 228]. Наприклад, застосування автоматичних дозиметрів, таких як bGeigie Nano, у поєднанні з платформами для обробки даних, зокрема Safecast, відкриває нові можливості для оперативного моніторингу радіаційного стану та оцінки його впливу на біорізноманіття [230].

Таким чином, огляд сучасних досліджень та методів моніторингу біорізноманіття свідчить про необхідність інтеграції традиційних польових методів із новітніми технологіями дистанційного зондування для покращення оцінки стану екосистем на охоронюваних територіях, зокрема в умовах радіоактивного забруднення. Це особливо актуально для ЧРЕБЗ, який є унікальним прикладом взаємодії природних процесів із антропогенними факторами, такими як радіоактивне забруднення.

1.3.1. Застосування даних дистанційного зондування Землі у системі моніторингу територій та об'єктів ПЗФ

Дистанційне зондування та застосування геоінформаційних систем – це велике технологічне поле, що відкриває незліченну кількість інструментів для оцінки умов і розвитку різних екосистем. Однією з областей, де такі розробки є надзвичайно корисними, є Чорнобильська зона відчуження (ЧЕЗ), яка нині відноситься до одного із найбільш унікальних об'єктів ПЗФ – ЧРЕБЗ. Після розплавлення ядерного реактора №4 Чорнобильської АЕС 26 квітня 1986 року міста і навколишні землі в радіусі 30 км були покинуті через небезпечно високий рівень викиду радіоактивних частинок в атмосферу [84]. Відтоді місцевість залишається переважно незаселеною, і вся діяльність винесена за межі 30 км зони [37].

Після аварії на ЧАЕС відмова від використання радіоактивно забруднених територій призвела до того, що багато земель були залишені без нагляду на тривалий час, включаючи величезні площі сільськогосподарських угідь, лісів та урболандшафтів [171]. Місцевість через свою ізольованість «породила» територію із багатьма можливостями для вивчення природного відновлення та ревайлдингу екосистем, пов'язаних із техногенними катастрофами. Усі ці фактори, фактично, перетворили зону відчуження на один із найбільших заповідників та притулків дикої природи на Землі [217], спочатку формально, а згодом і офіційно [51]. Оскільки територія сучасного ЧРЕБ була ізольована протягом 37 років, більша частина землі повільно «затягувалася» рослинністю, і багато видів, особливо ссавців, повернулися у спустошені ареали [76, 206, 218, 253]. На сьогодні територія площею 226964,7 га, що належить до ЧРЕБЗ, потребує ретельного моніторингу. Зважаючи на її радіоактивне забруднення, а також наслідки військових дій, які охоплювали цю територію навесні 2022 року, понад третина земель несе велику кількість небезпек та є недосяжною для працівників і дослідників. Тому чи не єдиними методами моніторингу, контролю та управління такими територіями лишаються дистанційні.

Дистанційне зондування (ДЗЗ) є сучасним інструментом спостереження за станом навколишнього середовища, що базується на зборі даних за допомогою супутників, дронів та аерофотозйомки. Цей метод дозволяє отримувати точну і систематичну інформацію про природні території без безпосереднього контакту з досліджуваними об'єктами.

Однією з основних переваг дистанційного зондування є можливість спостереження за великими територіями в режимі реального часу. Це особливо важливо для об'єктів ПЗФ, які потребують постійного моніторингу через їхню унікальність і важливість для екологічної рівноваги. ДЗЗ дає змогу оперативно виявляти зміни в природних комплексах, такі як знищення лісів, зникнення водно-болотних угідь або поширення інвазивних видів. Наприклад, за допомогою супутникових знімків можна оцінити масштаби лісових пожеж або виявити незаконні вирубки лісу на територіях заповідників [92, 95].

ГІС виступають ключовим елементом сучасних моніторингових систем, дозволяючи візуалізувати та аналізувати великі масиви екологічних даних. У зоні відчуження Чорнобильської АЕС, наприклад, створено тематичні шари, що відображають розподіл радіаційного фону, динаміку змін рослинного покриву, стан водних ресурсів і маршрути міграції диких тварин [232]. У Канаді ГІС використовується для оцінки довгострокових наслідків видобутку урану, дозволяючи інтегрувати дані супутникового моніторингу, наземних вимірювань і моделювання розповсюдження радіонуклідів [242]. Зокрема, створення моделей водозборів і моделювання ландшафтної стійкості сприяє ефективному управлінню забрудненими територіями.

Сучасні платформи ДЗЗ забезпечують отримання регулярних і об'єктивних даних про стан ландшафтів та екосистем. Так, система Copernicus (ESA) надає супутникові знімки високої роздільної здатності, які використовуються для картування радіоактивно забруднених територій у Східній Європі [119]. Дані ДЗЗ допомагають визначати осередки деградації ґрунтів, виявляти ділянки з підвищеною концентрацією радіонуклідів та оцінювати темпи відновлення природних ландшафтів після ядерних аварій.

Інфрачервоні знімки, отримані з супутників, дозволяють відстежувати зміни вегетаційного індексу (NDVI) на радіоактивно забруднених територіях. Це допомагає виявляти стресові ділянки у лісових масивах, аналізувати швидкість природної сукцесії рослинності і прогнозувати майбутню структуру екосистем [227]. Наприклад, у центральній та східній Європі ці дані використовуються для оцінки відновлення сільськогосподарських угідь і зниження ризиків, пов'язаних із сільськогосподарським виробництвом [221].

Знімки з радарних супутників, таких як Sentinel-1, дозволяють виконувати картування змін гідрологічного режиму, виявляти витoki забруднень у водні об'єкти та аналізувати гідрологічні наслідки радіоактивного забруднення. Наприклад, у скандинавських країнах радіолокаційні дані використовуються для моніторингу льодового покриву річок і озер, вивчення зміни рівня води в забруднених водоймах та для оцінки їхньої екологічної ємності [158].

Об'єднання даних ДЗЗ з ГІС дозволяє проводити багатофакторний аналіз і створювати комплексні карти ризиків. У США, зокрема, поєднання супутникових даних і наземних вимірювань в ГІС забезпечило більш точну оцінку розповсюдження радіоактивних ізотопів після інциденту на Хенфордському полігоні [80]. У Китаї подібний підхід використовується для моделювання можливих сценаріїв забруднення водозборів, що дозволяє оптимізувати заходи з мінімізації екологічних наслідків [81].

Розвиток хмарних платформ, таких як Google Earth Engine, спрощує доступ до супутникових даних і забезпечує їх швидку обробку для моніторингу стану природоохоронних територій. Цей інструмент активно використовується в Австралії для регулярного оновлення карт забруднених зон, аналізу динаміки змін ландшафтів та оцінки ефективності відновлювальних заходів [105]. У Великій Британії подібні платформи дозволяють інтегрувати дані з різних джерел і створювати моделі прогнозування довгострокових наслідків радіоактивного забруднення [162].

Таким чином, використання ГІС-технологій і дистанційного зондування Землі є основою сучасних систем моніторингу, забезпечуючи високу точність і

деталізацію екологічних даних, необхідних для управління природоохоронними територіями в умовах радіоактивного забруднення.

Використання дистанційного зондування також застосовується в різних галузях екології, наприклад: для реалізації прибережних програм, які включають відстеження змін берегових ліній, транспортування наносів та картографування загальних прибережних особливостей з метою запобігання ерозії та потенційних прибережних повеней [125, 177, 190, 199]; програми, що передбачають відстеження та оцінку небезпеки щодо стихійних лих, таких як повені, ерозія, землетруси та урагани, з метою подальшого управління небезпеками та формування профілактичних стратегій [96, 174, 179] і, звичайно, програми та заходи, що передбачають управління природними ресурсами на основі картографування земельного покриву та середовищ існування дикої природи, а також моніторинг землекористування, щоб краще зрозуміти особливості співіснування людини й природи, їх вплив на навколишнє середовище та допомогти визначитися із найкращими захисними стратегіями [160, 266]. У контексті боротьби з антропогенним впливом дистанційне зондування ефективно використовується для виявлення забруднень і оцінки наслідків господарської діяльності людини [1, 213]. Це дозволяє розробляти стратегії для мінімізації негативного впливу на заповідні території.

Загалом, використання дистанційного зондування для вирішення проблем об'єктів ПЗФ значно підвищує ефективність природоохоронної діяльності. Інтеграція цих технологій у практику управління дозволяє оперативно реагувати на екологічні виклики, оптимізувати ресурси та забезпечувати довготривале збереження природних комплексів.

1.3.2. ГІС у системі моніторингу навколишнього середовища територій та об'єктів ПЗФ

Використання ГІС у поєднанні з даними ДЗЗ сприяє моделюванню екологічних сценаріїв і підтримує ухвалення рішень у сфері природоохоронної політики. Територія Заповідника надзвичайно велика, тому для оцінки відновлення та розвитку ландшафтів у цілому та окремих її частин дистанційне зондування розглядається як ключова технологія із широким спектром інструментів та баз даних, доступних для поглибленого аналізу та вивчення, а також розуміння геопросторового розподілу [206]. Особливості змін в екосистемах можна розглядати у зв'язку з іншими факторами, що впливають на перебіг процесів у екосистемах чорнобильської зони, включаючи такі, як лісові пожежі [92, 215, 233, 263], радіаційні відкладення [207, 250, 262] тощо. Окрім того, це також дозволить більш детально оцінити особливості розвитку рослинності всередині евакуйованих урболандшафтів та покинутих сільськогосподарських угідь [170].

Геоінформаційні системи (ГІС) є основним інструментом для інтеграції, аналізу та візуалізації екологічних даних. Завдяки можливості працювати з великими обсягами просторової інформації ГІС широко використовуються для оцінки стану ландшафтів, водних екосистем, біорізноманіття та виявлення порушень природоохоронного режиму [169]. В умовах радіоактивного забруднення ГІС дозволяє не лише створювати карти радіаційного фону, але й виявляти динаміку змін рослинного покриву, гідрологічного стану водойм та просторового розподілу популяцій видів.

Використання ГІС для моніторингу ландшафтів включає створення базових та тематичних карт, що відображають розподіл рослинності, площі деградації та ділянки з високим рівнем радіаційного впливу. Наприклад, дослідження на території Чорнобильської зони відчуження показали ефективність аналізу супутникових знімків у поєднанні з польовими даними для моніторингу сукцесійних процесів [87]. Аналіз індексів вегетації (NDVI) за допомогою ГІС дозволяє відстежувати зміни рослинного покриву, виявляти деградовані зони та визначати пріоритети для природоохоронних заходів [126, 127].

У ГІС часто інтегруються дані *гідрологічного моделювання*, що дозволяє проводити оцінку стану річок, озер і водно-болотних угідь на територіях із

радіоактивним забрудненням. Наприклад, у Фінляндії для моніторингу водних об'єктів, забруднених після аварій на атомних станціях, використовуються моделі розповсюдження радіонуклідів у водозбірних басейнах, інтегровані в ГІС-платформи [204]. Подібні підходи впроваджені в Японії, де після аварії на Фукусімі застосовуються інтегровані ГІС-моделі для оцінки накопичення радіонуклідів у водоймах та їх впливу на водну флору і фауну [182].

ГІС-технології дозволяють моделювати просторовий розподіл видів, оцінювати зміну чисельності популяцій та ідентифікувати місця проживання рідкісних видів на забруднених територіях. Наприклад, Johansson M. та інші (2021) показують можливості створення тематичних ГІС-шарів, що включають дані про видовий склад флори та фауни, рівень забруднення радіонуклідами та стан ключових екосистем [131]. На основі таких даних вдається визначати найбільш уразливі види та екосистеми, а також розробляти рекомендації для їх охорони.

ГІС є ефективним засобом контролю дотримання природоохоронного режиму. Завдяки аналізу просторових даних та інтеграції супутникових знімків з польовими спостереженнями можна швидко виявляти порушення, такі як незаконні рубки, самовільне будівництво чи інші види антропогенного впливу. У Швеції, наприклад, використовуються інтегровані ГІС-платформи для автоматичного виявлення змін у лісових масивах і водних об'єктах, що дає змогу швидко реагувати на потенційні загрози [188]. В Австралії та інших країнах ГІС застосовується для моніторингу віддалених природоохоронних територій, де виявлення порушень є особливо складним через важкодоступність регіонів [197, 132].

На основі даних ГІС проводяться *моделювання сценаріїв відновлення забруднених територій*, оцінка ризиків та пріоритетизація природоохоронних заходів. Це дозволяє зменшити витрати на управління заповідниками та покращити ефективність використання ресурсів. У Африці ГІС використовуються для оцінки можливостей природної ремедіації земель, забруднених радіонуклідами, а також для оптимізації заходів із відновлення водних об'єктів і підтримки рідкісних видів [134, 180].

До недавнього часу більшість наукових робіт, що здійснювалися у зоні відчуження, реалізувалися шляхом проведення польових оцінок та експериментів,

зборів натурних даних щодо розподілу радіонуклідів у просторі, їх впливі на людину, тварин і рослин. Однак останні десятиліття зріс потенціал використання віддаленої інформації, яка робить вагомий внесок у реалізацію процесів оцінки впливу на довкілля. Тому це дослідження ми спрямували на використання сучасних та ретроспективних даних дистанційного зондування та геоінформаційної обробки даних в рамках алгоритму машинного навчання для аналізу та моніторингу території, доступ до якої обмежений через низку факторів. У першу чергу це пов'язано з тим, що територія забруднена радіонуклідами, розподіл яких вкрай нерівномірний і частина територій несе потенційну небезпеку для їх дослідників, а також із тим, що у зв'язку з військовою агресією Росії частина території зони відчуження з 2022 року була замінована та лишається недосяжною для проведення наземних досліджень та аналізів. Методи дистанційного зондування відкривають у зазначеній сфері новий спектр можливостей. Ці методи вже були використані нами у роботах із моніторингу зони відчуження при аналізі біорізноманіття, оцінки наслідків пожеж, побудови прогнозів пожежонебезпек, відновлення згарищ та вирішення інших проблем [92 206, 133, 203 та ін.].

Висновки до розділу 1

Радіоактивне забруднення, спричинене Чорнобильською катастрофою 1986 року, стало однією з наймасштабніших техногенних катастроф в історії людства, що істотно змінило екосистеми великої частини півночі України. Сьогодні питання управління цими територіями та збереження біорізноманіття, яке тут відроджується, набуває критичного значення для сталого розвитку та збереження природної спадщини.

Екосистеми на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення, демонструють унікальні механізми адаптації, завдяки чому ці зони мають велике значення для наукових досліджень. Наприклад, ЧЗВ протягом десятиліть ізольованості стала природним заповідником, де фауна і флора відновилися унікальним чином. Особливо важливими є дослідження впливу радіації на організми та процеси природного самовідновлення екосистем, що дають цінну інформацію для розробки нових підходів у радіоекології та екологічному управлінні.

Із юридичної точки зору створення природно-заповідних об'єктів на забруднених територіях потребує впровадження нових правових норм, спрямованих на дотримання безпеки людей та охорону довкілля. Окрім того, впровадження таких норм має передбачати ефективні заходи з управління, що враховують складність і специфіку забруднених територій, де продовжується міграція радіонуклідів і є ризики, пов'язані з антропогенним впливом. Відповідно розробка спеціальних механізмів управління природоохоронними зонами стає необхідною умовою для збереження біорізноманіття та забезпечення екологічної рівноваги.

Після аварії на Чорнобильській АЕС були проведені масштабні заходи з оцінки радіаційного забруднення та встановлення просторової структури поширення радіонуклідів. У результаті незаселені території поступово перетворилися на унікальні природні зони з високим рівнем біорізноманіття, що зберегли рідкісні види та стали цінними об'єктами для моніторингу. Особливу роль у вивченні цих територій відіграє ДЗЗ, яке дозволяє фіксувати екологічні зміни на великій площі з високою точністю.

Слід зазначити, що питання відновлення таких територій набули нового значення після вторгнення російських окупаційних військ в Україну, що призвело до додаткової деградації екосистем, забруднення ґрунтів та замінування великих ділянок землі. Це створює нові виклики для сталого управління природними ресурсами і відновлення пошкоджених екосистем.

У розділі 1 обґрунтовано потенціал геоінформаційних технологій і методів дистанційного зондування для ефективного управління природоохоронними територіями, які зазнали радіоактивного або іншого техногенного впливу.

Основні положення даного розділу висвітлені у публікаціях [1, 4, 5, 6, 7,8, 9].

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Схема організації досліджень

У дисертаційній роботі проведено дослідження щодо організації системи моніторингу об'єктів ПЗФ на радіаційно забруднених територіях, що є важливим з огляду на те, що аварія на Чорнобильській АЕС суттєво змінила екологічний стан регіону. Це призвело до формування специфічних умов для розвитку природоохоронних територій. Відсутність детального моніторингу може спричинити неконтрольовані зміни екосистем, що вплине на біорізноманіття та стан природних ресурсів. Виявлення проблем та перспектив функціонування системи моніторингу є ключовим для забезпечення ефективного управління такими територіями.

З огляду на це, **метою дослідження** є виявлення особливостей організації системи моніторингу територій та об'єктів ПЗФ на територіях, які зазнали радіаційного забруднення. Дослідження спрямоване на впровадження та аналіз відповідності і ефективності методів збору інформації про стан навколишнього середовища запитам управління об'єкту ПЗФ.

Для реалізації мети було поставлено наступні завдання та обрано відповідні методи їх досягнення (рис. 2.1).

Завдання досліджень:

1. Визначити проблеми та перспективи розвитку системи моніторингу в об'єктах ПЗФ України, створених на радіоактивно забруднених територіях.
2. Запропонувати механізми спеціальних видів моніторингу окремих об'єктів ПЗВ, які створені на радіоактивно забруднених територіях
3. Запропонувати механізми моніторингу та управління станом та структурою ландшафтів об'єктів ПЗФ на основі ДЗЗ та ГІС.
4. Запропонувати механізми моніторингу та управління водними ресурсами об'єктів ПЗФ на основі ДЗЗ та ГІС.

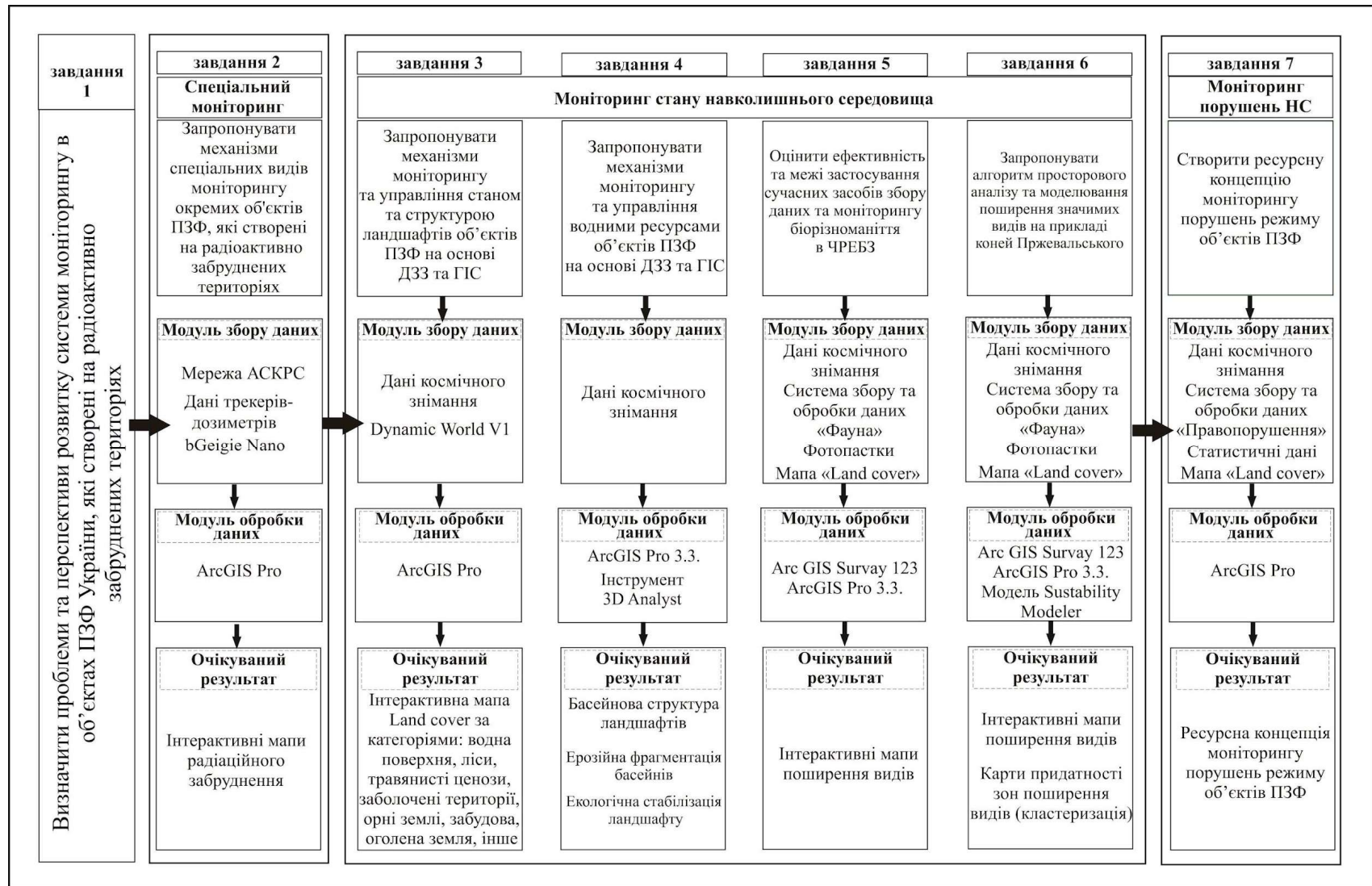


Рис. 2.1. Загальна схема досліджень.

5. Оцінити ефективність та межі застосування сучасних засобів збору даних та моніторингу біорізноманіття в ЧРЕБЗ.

6. Запропонувати алгоритм просторового аналізу та моделювання поширення значимих видів на прикладі коней Пржевальського.

7. Створити ресурсну концепцію моніторингу порушень режиму об'єктів ПЗФ.

Об'єктом дослідження є особливості системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду на радіаційно забруднених територіях, з урахуванням екологічних, радіоекологічних та управлінських аспектів.

Предмет дослідження — система моніторингу територій та об'єктів природно-заповідного фонду України, які розташовані на територіях, що зазнали впливу аварії на ЧАЕС.

В якості модельного об'єкту було обрано Чорнобильській радіаційно-екологічний біосферний заповідник (ЧРЕБЗ), який створено у 2016 році в межах ЗВіЗБ(О)В. Він має наступні особливості: велика територія, відсутність населення, радіоактивне забруднення, значна кількість різноманітних антропогенних ландшафтів у стадії ренатуралізації. На час проведення дослідження установа знаходилась в процесі становлення. Це створило необхідність забезпечення інформацією процесів моніторингу навколишнього середовища та обґрунтування прийняття природоохоронних рішень, а також відкрило можливість для тестування нових інструментів моніторингу та збору даних про стан навколишнього середовища.

2.2. Природні умови території досліджень

ЧРЕБЗ розташований у Київській області на півночі України, а саме — між N51.084 та N51.351, E29.262 та E30.384 (рис. 2.2). Регіон досліджень має висоту між 93 і 200 м над рівнем моря, середньорічну температуру +8,2°C і середньорічну кількість опадів 619 мм. ЧРЕБЗ знаходиться на території ЧЗВ, яка охоплює площу приблизно 2.600 км², включаючи нині виведену з експлуатації атомну

електростанцію, розташовану у східній частині зони відчуження, уздовж північно-західної частини ставка-охолоджувача.

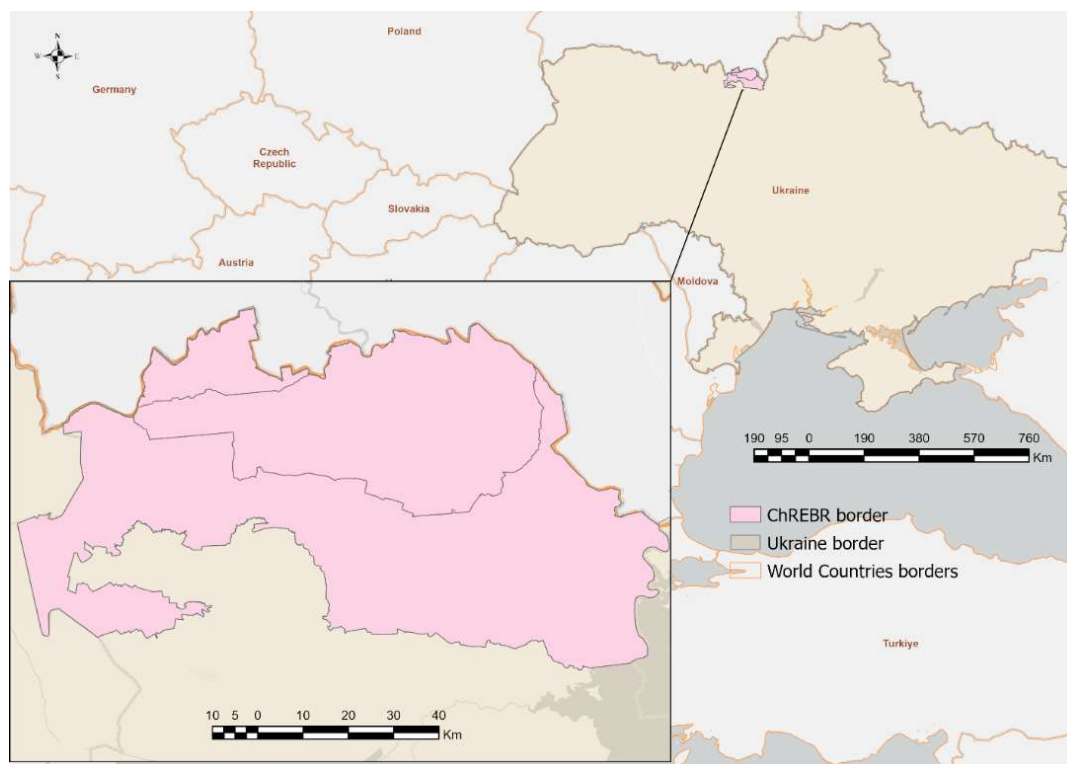


Рис. 2.2. Карта загального розташування ЧРЕБЗ.

ЧРЕБЗ утворено відповідно до Указу Президента України від 26 квітня 2016 року № 174/2016 із метою зберегти найбільш типові природні комплекси Полісся в їх природному стані, підтримувати та вдосконалювати бар'єрну функцію ЗВіЗБ(О)В для стабілізації гідрологічного режиму та реабілітації забруднених радіонуклідами територій, для сприяння організації та проведенню міжнародних наукових досліджень [34].

Заповідник розміщено на території ЗВіЗБ(О)В, що внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС зазнала радіоактивного забруднення. Межі ЧРЕБЗ на півночі та північному сході збігаються з державним кордоном України та Республіки Білорусь.

Територія ЧРЕБЗ належить до рівнинного класу ландшафтної зони мішаних лісів помірного поясу. Вона охоплює різноманітні географічні райони Київського Полісся, включаючи Новошепелицько-Вільчанський, Чорнобильсько-

Чистогалівський та інші [18]. Переважають рівнинні форми рельєфу, зокрема моренно-зандрові, алювіально-зандрові, денудаційні та терасові. Значна частина території характеризується слабким дренажем, наявністю заболочених ландшафтів і заплавних комплексів [19].

Київське Полісся пролягає на північно-східному схилі Українського щита. Осадкові породи, які перекривають кристалічний фундамент, утворені пісками, глинами та мергелями різних геологічних періодів [32]. Рельєф слабкохвилястий, зі змінами висот від 1° до 2°. Чергування заболочених низин та плосковершинних підвищень створює унікальну геоморфологічну структуру. Основні форми рельєфу формувалися внаслідок водно-льодовикових процесів після танення льодовика [31].

Територія багата на льодовикові форми рельєфу, зокрема зандрові рівнини, ози та ками, складені піском і галькою. Чорнобильсько-Чистогалівська височина, утворена мореною, характеризується хвилястим рельєфом із ерозійними борознами. Ці форми є важливими свідченнями льодовикового минулого регіону [34].

На алювіальних та зандрових рівнинах поширені піщані дюни, пагорби та пасма. Дюни закріплені рослинністю, проте у деяких місцях вони руйнуються через відсутність покриву. Ці утворення мають післяльодовикове походження і відображають водно-вітрову діяльність.

Ландшафтне різноманіття території зумовлене геологічними процесами та антропогенним впливом. Основні ландшафти включають моренно-зандрові, заплавні, алювіальні, воднольодовикові та денудаційні рівнини [20, 27, 28]. Вони представлені різноманітними типами лісів, болотами та лучними екосистемами. Значні ділянки території перебувають у стадії природного відновлення після тривалого антропогенного використання [4, 20, 106].

Територія ЧРЕБЗ розташована в межах Правобережно-південнополіського району Південнополіського округу Поліської підпровінції. Флора заповідника формувалась протягом плейстоцену та середнього голоцену і представлена бореальними та лучно-степовими видами із домішкою неморальних і аркто-

бореальних. Полісся залишається областю з історично молодого та міграційною флорою, з обмеженим поширенням ендемічних видів [28].

Найважливішими елементами рельєфу є долини річок Прип'ять та її приток. Широка заплава Прип'яті (до 30-40 км) включає кілька терас. Друга надзаплавна тераса, сформована у пізньому антропогені, височіє на 8-16 м, тоді як перша надзаплавна тераса висотою 3-12 м складена алювіальними відкладами з потужністю до 35 м. Заплава завширшки до 6-8 км демонструє динамічний рельєф із піщаними пасмами, протоками і старицями. Басейн р. Уж добре вписується в загальну схему екомережі загальноєвропейського та національного значення. Протікає територіями двох заповідників — ЧРЕБЗ та Древланського. Згадані об'єкти ПЗФ відіграють важливу роль як екологічне ядро. Територія утворює Народицьке підядро Чорнобильського ядра Поліського екологічного коридору міжнародного значення [35]. Басейн річки Уж належить до М5.1.4 – Суббасейн р. Прип'ять, водогосподарська ділянка М5.1.4.52 – р. Уж. Гирло річки Уж є частиною ділянки «Гирло Прип'яті», яке планується віднести до Рамсарської конвенції як унікальне водно-болотне угіддя. Земля утворена внаслідок затоплення заплави Прип'яті та будівництва Київського водосховища і розташована в північній частині Київського Полісся. Великі ділянки мілководдя є визначальною рисою цього регіону, посеред якого розвинулась мережа островів і півостровів із сосновими (на сосновій терасі) і заплавленими лісами. Визначальною ознакою є весняна повінь, яка затоплює більшість островів приблизно на дві третини їхньої поверхні. Клімат території дещо континентальний з опадами 530–570 мм на рік, середньорічною температурою січня 6 °С, максимальною річною температурою липня 19 °С.

Протягом усього сезону територією мігрують близько 5-7 тисяч гусей, 100-150 тисяч качок і до 1,5 мільйона інших птахів [63, 148]. На території басейну були виявлені значні колонії *циконіформних*, *харадріоформних*, *гусеобразних*, *пелеканіформних* рядів птахів. У значних кількостях присутні рідкісні біотопи (С1.222, С1.223, С1.225, С1.32, С1.3411, С1.4, С3.4, D5.2, E1.12, E3.4, F9.1, G1.11, X35) і рідкісні рослинні угруповання [63].

Загалом слід зазначити, що річки північної частини України отримують підземні води із різноманітних водоносних горизонтів, що сприяє їх доброму гідрохімічному стану та неоднорідності хімічного складу вод системи «верхів'я-гірло». Басейн річки Уж є територією, яка все ще зазнає негативного впливу індустріалізації та урбанізації. Наслідки діяльності людини для навколишнього середовища тут найбільше відчувалися через катастрофу на Чорнобильській АЕС. Остання призвела до низки проблем, у тому числі з чистою водою, ґрунтами, донними відкладеннями тощо. Але найделікатнішим аспектом природного середовища виявилися поверхневі води суші. Через це за їхнім станом необхідно ретельно стежити.

Ліси займають понад 50% території заповідника і представлені здебільшого сосновими насадженнями (близько 30–35% лісової площі). Інші основні породи включають березу, дуб, вільху та осику. Серед соснових лісів найбільш поширені зеленомохові, лишайникові та чорницево-молінієві угруповання. На бідних ґрунтах зростають сосняки лишайникові та чорницеві, у зниженнях – сфагнові [40].

Дубово-соснові ліси найбільш поширені у південній частині Полісся. Їх деревостан зазвичай двоярусний, із добре вираженим трав'яно-чагарничковим покривом [8]. Грабово-дубово-соснові ліси є найбільш багатоярусними, з розвиненим підліском і трав'яним ярусом. Вторинні ліси, сформовані після рубок, представлені переважно березовими та осиковими насадженнями. Вільхові ліси характерні для зволжених знижень, зокрема заплав.

Болота – характерний елемент ландшафту заповідника, представлені евтрофними, мезотрофними та оліготрофними типами. Основні угруповання включають трав'яно-мохові, осокові, сосново-сфагнові та вільхові болота. Оліготрофні болота зростають у зниженнях і на плоских вододілах, а мезотрофні представлені переважно лісовими та рідколісними формаціями. Осушення боліт у минулому змінювало їхню структуру, проте в посткатастрофний період спостерігається повторне заболочення.

Луки займають близько 10% території, зосереджені в заплавах річок. Заплавні луки характеризуються різноманітними угрупованнями, включаючи

справжні, остепнені, болотисті та торф'яністі. Перелоги утворені на покинутих орних землях і представлені булавоносцевими, метлюговими та різнотравними угрупованнями. Вони поступово залісняються внаслідок природної сукцесії, формуючи нові лісові екосистеми [167].

Рослинність водойм і прибережних ділянок представлена угрупованнями очерету, рогозу, стрілолисту, глечиків, латаття та водяного різака [24]. У затоплених місцях поширені рдесники, кушир, елодея, а в затишних зниженнях – угруповання сфагнових мохів. Водяний горіх і латаття демонструють тенденцію до розширення ареалу [6, 243].

До аварії на ЧАЕС територія сучасного заповідника зазнавала інтенсивної експлуатації. Основним напрямом господарської діяльності було створення соснових монокультур, що призвело до збільшення лісистості до 32%. Після катастрофи відбувся поступовий перехід до самовідновлення лісових екосистем, які зараз демонструють високу природну динаміку та стабілізацію [2, 7].

Фауна зони відчуження сформувалася ще в плейстоцені й голоцені внаслідок змін природних умов, таких як льодовиковий період і антропогенні втручання. Колись регіон був вкритий південними тайговими лісами, багатими на рослинний і тваринний світ. До XVIII століття людський вплив був незначним, але подальше освоєння призвело до зникнення або скорочення чисельності багатьох видів (тур, зубр, лісовий кінь, ведмідь та ін.).

Евакуація населення після аварії на ЧАЕС у 1986 році створила унікальні умови для відновлення природи. Антропогенний тиск зник, що сприяло розвитку дикої флори й фауни [16]. Спостерігалось різке зростання чисельності синантропних видів (гризуни, голуби), але згодом їх чисельність стабілізувалася, а домінування перейшло до лісових і чагарникових тварин [46]. Повернення великих хижаків (вовк, рись, ведмідь) стало важливим фактором стабілізації екосистем [17].

Зміни у структурі фауни

- **Ссавці:** у зоні відчуження зареєстровано 58 видів, включаючи інтродукованих (єнотовидний собака, ондатра) і рідкісних (кінь

Пржевальського). Після аварії відновилися популяції копитних (лось, козуля, олень) і хижаків (вовк, рись) [15, 25, 118, 229].

- **Птахи:** орнітофауна регіону представлена 227 видами, серед яких зростає частка лісових і водно-болотних птахів. Після аварії відбулося зростання чисельності деяких рідкісних видів, наприклад, лелеки чорного та орлана-білохвоста [23, 72, 184, 187].
- **Риби:** у водоймах регіону зареєстровано 46 видів риб. Відновлення чисельності природних видів почалося після припинення інтенсивного рибальства.
- **Плазуни та земноводні:** у зоні зафіксовано 7 видів плазунів і 12 видів земноводних, характерних для Полісся [9].
- **Безхребетні:** значне зростання чисельності й видового різноманіття членистоногих відбулося завдяки відновленню природних рослинних угруповань.

Фауна зони відчуження є унікальною. Тут мешкає 355 видів, занесених до різних природоохоронних списків. Червона книга України включає 101 вид, серед яких рись, видра, лось, та ряд птахів і риб. Умови зони сприяють підтримці видового різноманіття, але дослідження залишаються фрагментарними.

Подальший розвиток екосистем залежить від стабільності екологічних ніш і відсутності втручання людини. Територія зони відчуження залишається важливим природним резерватом, який слугує науковою лабораторією для вивчення природних процесів в умовах мінімального антропогенного впливу.

Ця стисла викладена інформація відображає головні аспекти тваринного світу зони відчуження та підкреслює значення цих територій для збереження біорізноманіття.

2.3. Методика визначення стану компонентів екосистем природоохоронних територій

2.3.1. Методика забезпечення спеціальних видів моніторингу окремих територій та об'єктів ПЗВ

Матеріалами для написання розділу стали:

- результати цільового обстеження території: мапи радіоактивного забруднення ЗВіЗБ(О)В основними дозоутворюючими ізотопами ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , а також показниками потужності експозиційної дози та щільності потоку бета-часток [70, 71, 234];
- власні картографічні матеріали щодо радіоактивного забруднення території ЗВіЗБ(О)В на основі обрахунку радіоактивного розпаду окремих ізотопів без польових досліджень;
- дані оперативного контролю радіаційного стану території ЗВіЗБ(О)В ДСП «Екоцентр». Мережа спостереження складається із 146 пунктів спостережень. (рис. 2.3.).

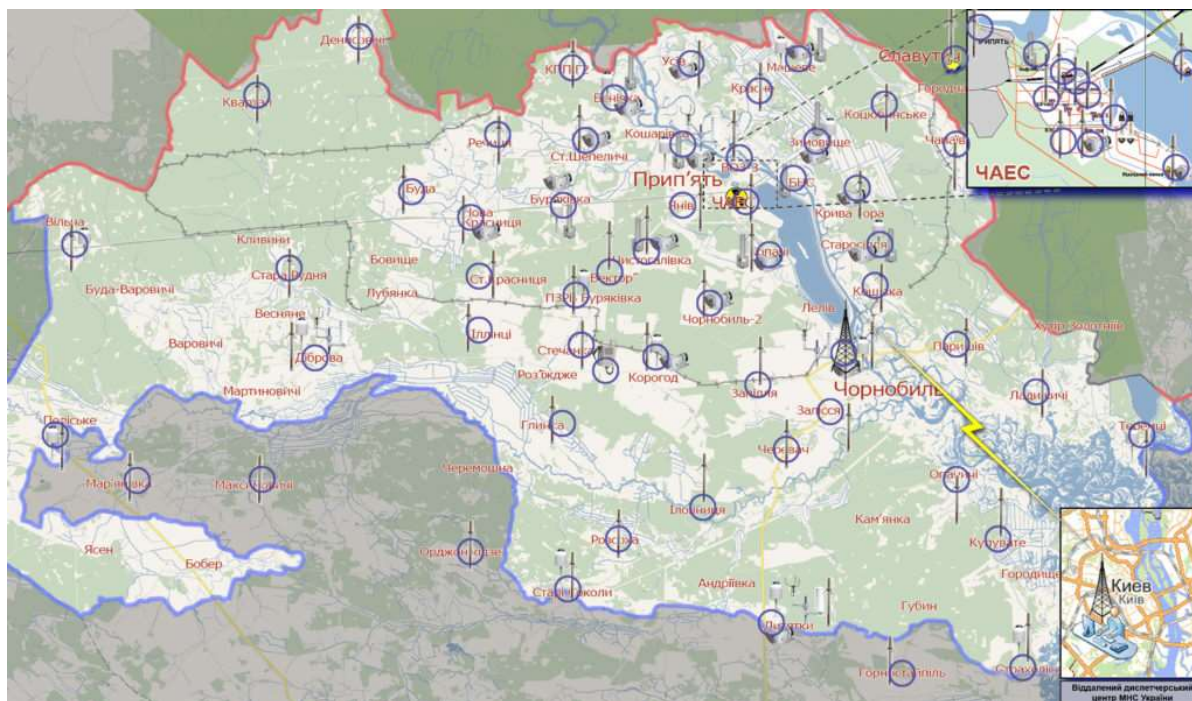


Рис. 2.3. Розташування постів АСКРС у ЗВіЗБ(О)В, джерело - <https://eco-centre.com.ua/>.

За допомогою автоматизованої системи контролю радіаційного стану (АСКРС) у безперервному режимі проводиться контроль за потужністю еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання на 39 пунктах спостереження, розташованих на території ЧЗВ, у тому числі на проммайданчику ДСП «ЧАЕС» і у м. Славутич

На сьогодні мережа спостереження за територією ЧРЕБЗ включає такі елементи: пунктів АСКРС – 16 од.; пунктів моніторингу поверхневих вод – 7 од.; пунктів моніторингу приземного шару атмосфери – 5 од. На основі цієї мережі формуються щодо радіаційного стану території ЧРЕБЗ, які оприлюднюються у формі щоденних та щомісячних довідок.

Дані про радіаційний стан зібрані співробітниками заповідника з використанням трекерів-дозиметрів bGeigie Nano в рамках співпраці із міжнародною некомерційною організацією Safecast (рис. 2.4). Починаючи з червня 2022 року проведено приблизно 143275 вимірювань ПЕД (мкЗв/год).



Рис. 2.4. Трекер-дозиметр bGeigie Nano на службовому транспорті ЧРЕБЗ.

2.3.2. Методика визначення показників стану та динаміки ландшафтів (Land cover)

У якості вихідних даних було використано такі джерела, як:

1. Офіційні статистичні дані, опубліковані у щорічних Літописах природи ЧРЕБЗ.

2. Супутникові знімки, представлені відповідними наборами карт, із шарами, що містять інформацію про стан рослинного покриву завдяки застосуванню різних сенсорних пристроїв у різних хвильових діапазонах.

4. Звіти систем глобального моніторингу довкілля.

5. Натурні спостереження для апробації досліджень, отриманих методом ДЗЗ.

Попередня обробка даних та композитування зображень Landsat

Загальний аналіз базується на використанні складених показників зображень, створених із використанням усіх доступних зображень Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L1, Landsat 7 ETM+ C2 L1, Landsat 4-5 TM C2 L1, Landsat 1-5 MSS C2 L1, що охоплюють весь ЧРЕБЗ, протягом 2017 — 2022 років [83]. (табл 2.1).

Таблиця 2.1.

Операційне відображення землі Landsat 8/9 (OLI) і тепловий інфрачервоний датчик (TIRS) [261]

Назва смуги	Діапазон	Призначення
Смуга 1 — береговий аерозоль	0,43-0,45	Берегові та аерозольні дослідження.
Смуга 2 — синя	0,45-0,51	Батиметричне картографування, що дозволяє відрізнити ґрунт від рослинності та листяну рослинність від хвойної.
Смуга 3 - зелена	0,53-0,59	Підкреслює пік вегетації, що корисно для оцінки сили рослин.
Смуга 4 - червона	0,64-0,67	Розрізняє рослинність схилів.
Діапазон 5 — ближній інфрачервоний діапазон (NIR)	0,85-0,88	Підкреслює вміст біомаси та берегові лінії.
Діапазон 6 — Короткохвильовий інфрачервоний (SWIR) 1	1,57-1,65	Розрізняє вологість ґрунту та рослинності; проникає через тонкі хмари.

Назва смуги	Діапазон	Призначення
Діапазон 7 — Короткохвильовий інфрачервоний (SWIR) 2	2.11-2.29	Покращена вологість ґрунту та рослинності; проникає через тонкі хмари.
Смуга 8 — панхроматична	0,50-0,68	Роздільна здатність 15 метрів, чіткіше зображення.
Смуга 9 — Цирус	1,36-1,38	Покращене виявлення забруднення перистих хмар.
Група 10 — TIRS 1	10.60- 11.19	Роздільна здатність 100 метрів, термокартування та оцінка вологості ґрунту.
Група 11 — TIRS 2	11.50- 12.51	Роздільна здатність 100 метрів, покращене теплове картографування та оцінка вологості ґрунту.

Складені метрики зображень – це мозаїки без розривів, створені шляхом обчислення вибраної статистики піксельного рівня на всіх доступних спектральних зображеннях у визначеному часі та просторі [113, 138, 219]. У процесі обробки зображення компонували з метою мінімізації негативних наслідків від хмар і хмарних тіней, що часто може зробити отримання інформації із поодиноких оптичних зображень неможливим. Окрім того, оскільки композитні метрики зображень представляють агреговані показники оптичного відбиття та структури поверхні, вони також здатні фіксувати події, специфічні для часу, такі як фенологія, а також кліматичний вплив на рослинність [91, 138].

Усі зображення, використані для цього дослідження, надійшли від Геологічної служби США – USGS [108] у якості, скоригованій на місцевості (L1T).

При просторовому сортуванні доступних зображень Landsat обиралися тільки зображення із слідом, що покриває ЧРЕБЗ незалежно від того, наскільки великою площею охоплено зображення.

Позаяк різні датчики Landsat мають чіткі специфікації, деякі зображення Landsat необхідно трансформувати/гармонізувати [219]. Це особливо помітно при порівнянні знімків з OLI-сенсора Landsat 8 зі знінками, зробленими датчиком ETM+ на борту більш ранніх супутників Landsat. Таким чином, дані супутників Landsat 8 гармонізувалася за допомогою функції RMA OLI до ETM+ за методикою, запропонованою Roy та ін. (2016) [219, 220].

Попередню обробку даних та композитування зображень Landsat здійснено відповідно до методики, запропонованої World Resources Institute Google - Dynamic World V1 [112].

Збір даних. Основне джерело даних для цього проєкту було створено за допомогою продукту «Dynamic World V1» на платформі Google Earth Engine platform (Google LLC, American multinational technology company, USA) [101]. Dynamic World — це 10-метровий набір даних землекористування/земного покриття (LULC) у майже реальному часі (NRT), який включає ймовірні можливості класу та інформацію про мітки для дев'яти класів. Наше дослідження базувалося на щорічних даних із 2016 по 2022 роки.

Обробка даних. Для додаткової обробки та перетворення даних і проведення кількох просторових аналізів з метою виявлення змін у землекористуванні та покритті використовувався ArcGIS Pro 3.1.0, Esri Inc. Подальша обробка даних також була виконана в ArcGIS Pro або здійснювалася попередня конвертація даних у формат, який можна використовувати в ArcGIS Pro з подальшим виконанням серії просторових аналізів для виявлення змін у ґрунтовому покритті та землекористуванні. Просторовий аналіз, виконаний в ArcGIS Pro, включав наступне:

- виявлення змін ґрунтового покриття: цей аналіз використовувався для виявлення змін ґрунтового покриття за період 2016–2022 рр.;
- виявлення змін у землекористуванні: цей аналіз використовувався для виявлення змін у землекористуванні між двома періодами часу (2016–2022);
- просторовий аналіз ґрунтового покриття та зміни землекористування: цей аналіз використовувався для визначення тенденцій у розвитку землекористування та змінах землекористування.

Аналіз даних. Подальша обробка цифрової інформації здійснювалася мовою програмування R та Excel. Це передбачало графічний аналіз даних для виявлення тенденцій зміни ґрунтового покриття та землекористування. Статистичний аналіз, виконаний у R та Excel, включав опис розподілу ґрунтового покриття та даних про

зміни землекористування, а також ідентифікацію тенденцій у розвитку та змінах землекористування.

2.3.3. Методика проведення досліджень щодо моніторингу та управління водними ресурсами територій та об'єктів ПЗФ

Для проведення дослідження ми вибрали річку Уж та басейн її притоку (рис. 2.5). Проєкт був нанесений на карту за допомогою програмного забезпечення ArcGis Pro 2.5.0, а цифрова модель місцевості була створена за допомогою інструментарію Geoprocessing: 3D Analyst.

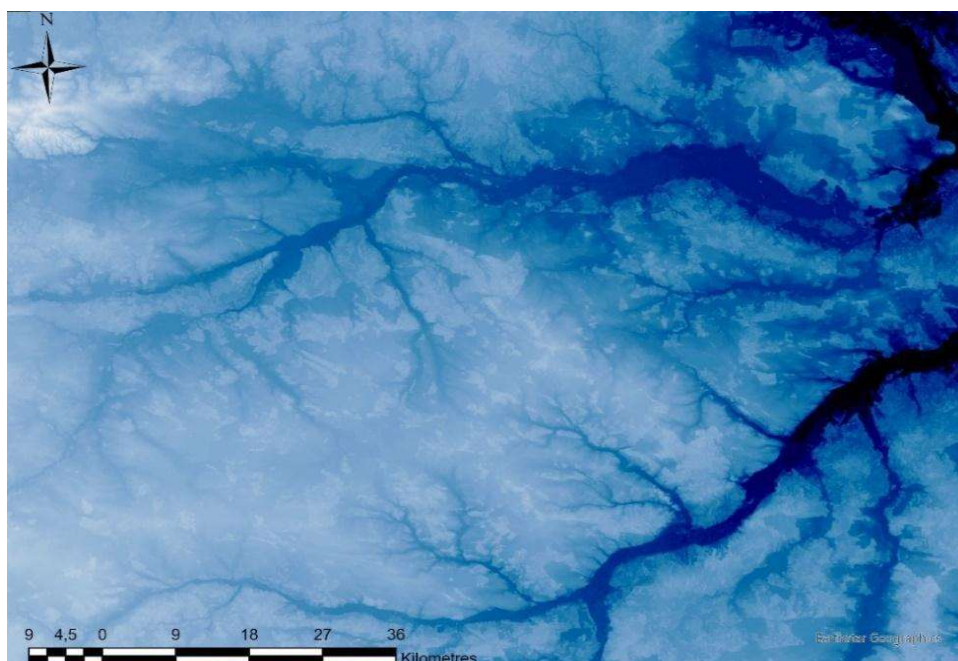


Рис. 2.5. Гідрографічна мережа басейну річки Уж

За допомогою методу гідрологічного моделювання робочого модуля «Гідрологія» програми просторового аналітика виконано відстеження та окреслення водотоків та їх порядків (басейн, водозбірна площа, напрямок течії тощо), підхід Штрахлера (1952) був використаний для оцінки порядку водотоків на основі цифрової моделі місцевості [239]. Вся територія басейну була розділена на масиви (рис. 2.6).

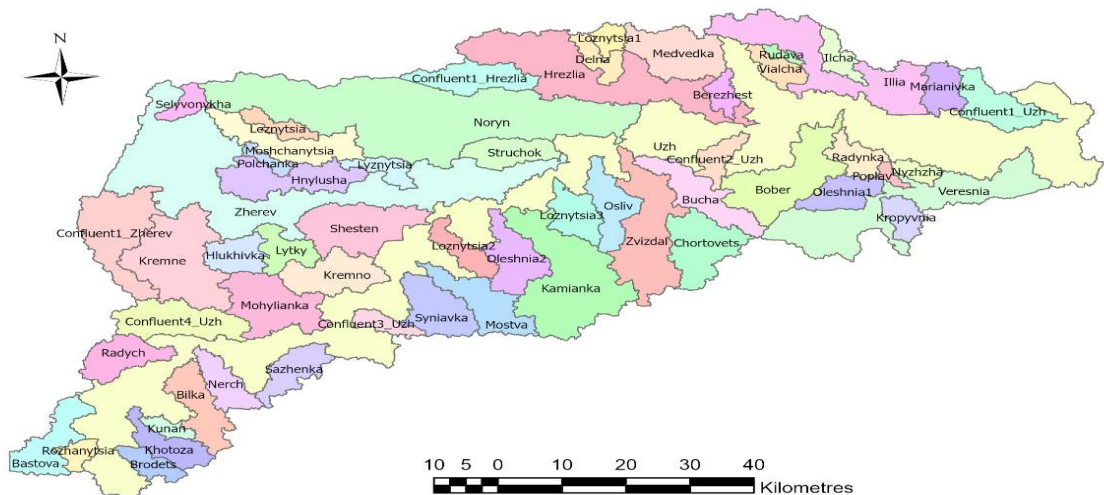


Рис. 2.6. Масиви в межах басейну річки Уж

Кожен із масивів, що склали загальну область басейну, представляв водозбірну зону притоки першого і другого порядку. У межах кожного масиву оцінювався ступінь впливу як природних, так і антропогенних змінних через аналітику структури ландшафту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Кодування та вимірювання масивів басейну річки Уж

Object ID	Назва	Площа, км ²	Object ID	Назва	Площа, км ²
1	Loznytsia1	27	30	Kropyvnia	43
2	Rudava	12	31	Osliv	84
3	Medvedka	130	32	Shesten	155
4	Delna	42	33	Hlukhivka	61
5	Ilcha	40	34	Veresnia	292
6	Confluent1_Hrezlia	93	35	Lytky	59
7	Vialcha	42	36	Loznytsia2	51
8	Selyvonykha	32	37	Kremno	106
9	Illia	246	38	Chortovets	127
10	Berezhest	32	39	Confluent1_Zherev	167
11	Marianivka	56	40	Oleshnia2	99
12	Hrezlia	315	41	Kremne	223
13	Leznytsia	36	42	Zvizdal	204
14	Confluent1_Uzh	95	43	Mohylianka	145

Object ID	Назва	Площа, км ²	Object ID	Назва	Площа, км ²
15	Moshchanytsia	118	44	Syniavka	101
16	Noryn	686	45	Mostva	105
17	Struchok	72	46	Confluent3 Uzh	32
18	Polchanka	20	47	Confluent4 Uzh	127
19	Lyznytsia	38	48	Kamianka	286
20	Radyuka	51	49	Radych	82
21	Confluent2 Uzh	43	50	Sazhenka	71
22	Nyzhza	26	51	Nerch	65
23	Hnylusha	126	52	Kunan	23
24	Poplav	12	53	Bilka	96
25	Oleshnia1	65	54	Khotoza	65
26	Bober	184	55	Rozhanytsia	28
27	Zherev	642	56	Bastova	95
28	Bucha	108	57	Brodets	41
29	Loznytsia3	70	58	Uzh	1660

Для того, щоб охарактеризувати структуру ландшафтів, було нанесено на карту типові ландшафті фракції по всьому ЧРЕБЗ; складені метрики зображень разом із навчальним набором даних були використані в алгоритмі машинного навчання градієнтного прискорення регресії. Так, навчальний набір даних складався із серії вибраних ділянок по всьому ЧРЕБЗ, де фракції біотехнічних елементів ландшафтів (забудова (сільська, міська, промислова), рілля, виноградники, фруктові сади, лісосмуги, городи, луки, лісосмуги (листяні породи), пасовища, водойми й болота) були оцифровані вручну за допомогою зображень з Google Earth Pro. Усього було відібрано 550 ділянок, 150 використовувалися для прогнозування деревного покриву, 50 — забудови, 20 – ріллі, 120 – луків, пасовищ, 140 – водних об’єктів. Для кожної ділянки рослинний покрив оцінювався в межах 30x30 м², щоб відповідати роздільній здатності для зображень Landsat [260]. Щоб переконатися, що для кожної ділянки був оцінений правильний тип біотехнічних елементів, для пересвідчення використані Проект землеустрою ЧРЕБЗ та натурні спостереження. Для запобігання автокореляції всі обрані ділянки мали мінімальну відстань між ними — 900 м. Це також допомогло переконатися, що ділянки

розподілені рівномірно територією ЧРЕБЗ, а навчальний набір даних охоплював весь можливий діапазон фракційного рослинного покриву.

Для оцінки стану ландшафтів ЧРЕБЗ ми використали ряд коефіцієнтів, які зможуть максимально відобразити рівень стійкості та антропогенної трансформації.

Індекс ерозійної фрагментації території був розрахований за допомогою рівняння (1):

$$K_{er} = L/P \quad (1),$$

де: L — загальна протяжність ярів, км;

P — загальна площа сільськогосподарського ландшафту, км².

Коефіцієнт ерозійної фрагментації території оцінюється за такими значеннями:

менше 0,2 — слабе розчленування, задовільний стан навколишнього середовища;

0,2-0,7 – середнє розчленування, напружений екологічний стан;

0,71-2,5 – сильне розчленування, екстремальний стан навколишнього середовища;

більше 2,5 - сильне розчленування, екологічне лихо.

Для оцінки стану екологічного ландшафту в межах досліджуваних ділянок був використаний метод Е. Клементової і В. Гейніхе, за яким були визначені коефіцієнт стабілізації екологічного ландшафту (КЕСЛ1) та коефіцієнт екологічної стабілізації як біотехнічних елементів, так і всього ландшафту (КЕСЛ2) [163]. Визначення KESL1 полягало у відображенні площ, зайнятих стабілізуючими і дестабілізуючими елементами ландшафту за допомогою рівняння (2):

$$KESL_1 = \frac{\sum_{i=1}^n F_{st i}}{\sum_{j=1}^n F_{nst j}} \quad (2),$$

де: $F_{st i}$ = площі під культурами і рослинними угрупованнями, які позитивно впливають на ландшафт (ліси, зелені насадження, природні луки, заповідники, рілля, що використовуються для вирощування багаторічних трав, все це дано в га); $F_{nst j}$ = площі, зайняті нестійкими елементами ландшафту (однорічні оброблювані

ріллі, нестійкі луки, забудовані території і дорожня мережа, зарослі і каламутні водойми та інші землі, що мають антропогенний вплив, все це дано в га). KESL1 оцінювався за шкалою (табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Шкала стійкості ландшафту відповідно до значень KESL1 і KESL2

Характеристика ландшафту	KESL 1		KESL 2	
	цінність	точка	цінність	точка
Нестійкий, із яскравою нестабільністю	≤ 0.5	1		
Нестабільний	0,51–1,0	2	≤ 0.33	1
Умовно стабільний	1.01–3.0	3	0.34–0.5	2
Стабільний	3.01–4.50	4	0.51–0.66	3–4
Стабільний, із яскравою стабільністю	4.5–5	5	≥ 0.66	5

Коефіцієнт екологічної стабілізації біотехнічних елементів і всього ландшафту (KESL2) розраховувався за рівнянням (3):

$$KESL_2 = \sum_{i=1}^n \frac{f \cdot K_e \cdot K_{gm}}{F_t} \quad (3),$$

де: f = площа біотехнічного елемента; K = коефіцієнт, що характеризує екологічну цінність окремих біотехнічних елементів; K_{gm} = коефіцієнт геолого-морфологічної стійкості місцевості; F_t = площа всієї території. KESL2 оцінювався за шкалою, як і в таблиці 2.3.

Первинний аналіз даних та їх статистична обробка проводилися за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2010 та Statistica 12.0.

2.4. Методика збору даних, моніторингу, прогнозування та управління біологічними ресурсами

Збір наземних даних. Для збору первинних даних про біорізноманіття тварин у ЧРЕБЗ використовували мобільний додаток ArcGIS Survey123, в якому було сформовано шаблон форми збору даних «Фауна». Він являв собою електронний варіант картки спостереження з автоматичною фіксацією геопросторових даних (табл. 2.4). Опитувальник дозволяє в польових умовах швидко заносити дані та одразу, або в умовах доступу до мережі Internet, пересилати їх на сайт ArcGIS

Survey123. Сайт накопичує дані, доступні в різних форматах таблиць, та дозволяє проводити їх первинний аналіз online. Опитувальник включає тільки наземних хребетних тварин. Таке рішення було прийнято після оцінки даних спостережень за тваринами, які персонал проводив у період 2017 — 2020 рр.

Таблиця 2.4.

Структура опитувальника «Фауна»

№	Категорія	Зміст
1	Підрозділ	Керівництво
2		Відділ державної охорони ПЗФ
3		Науковий відділ
4		Відділ збереження та відтворення тваринного світу
5		Відділ режиму
6	Клас тварин	Риби
7		Амфібії
8		Рептилії
9		Птахи
10		Ссавці
11	Об'єкт	Тварина
12		Труп, залишки
13		Слід
14		Погризи, задіри
15		Нора
16		Гніздо
17		Дамба
18		Хатка
19		Здобич
20		Інше
21	Опис	Нотатки у вільній формі

Дані збирали під час будь-якого перебування на території заповідника. Тому їх можна віднести до класу спонтанних даних, тобто таких, що не збираються цілеспрямовано за окремою методичною програмою. Попри таку відносну методологічну слабкість, вони є доволі чисельними і створюють потужний масив даних.

Об'єм даних, зібраних опитувальником «Фауна» в період із 11.03.2020 року по 11.05.2024 року, становив 2600 записів. Опитувальник мав закритий характер –

обирати можна було тільки варіанти відповіді. Нотатки вносилися до категорії «Опис».

Дана вибірка використовувалася для аналізу зібраних даних із метою виявлення їх складу, структури та особливостей.

Також застосували додаток iNaturalist для запису даних про рослини та безхребетних. За допомогою мобільної платформи для збору даних про біорізноманіття iNaturalist було зібрано 3117 записів на території ЦЕЗ з 2004 по 2023 роки.

Окрім того, застосовували дані фотопасток, які було обрано за допомогою центральної точки випадково вибраних клітинок сітки 3,1 x 3,1 км у межах загальної території проекту. Камера-пастки були розгорнуті не далі, ніж за ~25 м від цієї центральної точки, на дереві з безперешкодним видом на північ принаймні 5 м, щоб уникнути відбиття від прямого сонячного світла. Використовували фотопастки серій Cuddeback C і G з інфрачервоними чорними спалахами та Acorn з інфрачервоними спалахами. Якщо у попередньо вибраній комірці не було відповідного місця розташування камери, камера переміщувалась у випадкову центральну точку в резервній сітці. Загалом у дослідженні було задіяно 92 камери: 76 успішно працювали протягом літнього сезону 2020 року та 13 фотопасток протягом літа 2021 року.

Моделювання та прогнозування поширення видів. Побудова карт придатності поширення видів. У рамках цього дослідження було поставлено за мету розробити мапи придатності, які оцінюють придатність зони відчуження як середовища для успішного проживання окремих видів, на прикладі поширення коней Пржевальського, враховуючи різні екологічні фактори, такі як клімат, місцевість, наявність водних ресурсів, близькість доріг, конкуренція взаємодії та присутність хижака. Природне середовище існування коня Пржевальського значно скоротилося через діяльність людини, що підкреслює критичну важливість зусиль щодо збереження цього виду.

Створення карт ландшафтної придатності для розповсюдження коней Пржевальського та визначення оптимальних середовищ існування проводилося у

декілька етапів: відбір вхідних даних (огляд літератури та дані спостережень), оцінка значущості фактора, моделювання, валідація та картографування результатів.

Дослідження використовувало методологію Multi Scale Large (MSLarge), комплексну оцінку придатності, яка враховує обширні просторові контексти для визначення придатних регіонів для розвитку інфраструктури або ініціатив щодо збереження навколишнього середовища. Цей метод полегшує аналіз великих територій і використовує просторові залежності, що є вирішальним для комплексного планування великих територій. Одночасно він використовується для інтеграції різних шарів даних (карт) із ваговими коефіцієнтами для визначення найбільш відповідних місць залежно від заданих критеріїв.

Побудова карт придатності охоплювала кілька етапів:

Визначення та встановлення критеріїв: збір даних про рельєф, клімат, наявність джерел води, рослинний покрив та інформацію про поведінку, харчові потреби, територіальність та схеми міграції коней Пржевальського, а також документування присутності коней у зонах відчуження. Для побудови карти придатності було створено сукупність найбільш вагомих факторів, що охоплюють близькість до доріг, водойм, наявність супутньої фауни (конкуренти за кормові ресурси, існування хижаків), топографічні елементи, зокрема висоту над рівнем моря і класифікацію земельного покриву (ліс, пасовища, будівлі, дороги), усі з яких об'єднані в підмодель.

Аналіз підмоделі проводився із використанням програмного забезпечення ArcGIS Pro 3.3 (з ліцензією Spatial Analyst) і моделі Suitability Modeler (впровадження робочого процесу моделювання придатності, ArcGIS Pro 3.3, <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/analysis/spatial-analyst/suitability-modeler/implement-the-suitability-modeling-workflow-using-the-suitability-modeler.htm>). Щодо коней Пржевальського, то оптимальні місця були обрані на основі компромісу між трьома основними цілями: середовищем проживання, доступністю їжі та безпекою. Наприклад, критерії цілі безпеки включали віддаленість від автомагістралей і будівель, розповсюдження хижаків, а також

перебування поблизу лісів і заповідних територій. Три субмоделі були інтегровані, щоб створити остаточну карту придатності.

Підмодель житла: включені зважені та комбіновані змінні, які всебічно визначають середовища існування, ландшафт, близькість до джерел води та геологічні характеристики місцевості.

Наявність їжі — підмодель: визначає регіони, де коні Пржевальського, найімовірніше, знайдуть прожиток, враховуючи розподіл конкуруючих видів за постачання їжі.

Підмодель безпеки: визначає регіони, які забезпечують оптимальну безпеку для коней Пржевальського. Найбезпечніші локації віддалені від доріг і житлових приміщень і характеризуються наявністю хижаків.

Аналіз змінних придатності та вагових критеріїв було проведено із використанням підходу «Множник» для параметра «Вага за» в «Налаштування», за допомогою якої перетворені значення критеріїв множаться на це число для створення карти придатності. Агреговані перетворені значення критерію згодом підсумовуються. Вагомість 2 означає, що критерій є вдвічі більш значущим, ніж критерій із вагою 1. Вагомість 10 означає, що умова є у десять разів більш значущою. Цю стратегію було використано, оскільки вона є оптимальною для зважування критеріїв по відношенню один до одного (Реалізація робочого процесу моделювання придатності: ArcGIS Pro 3.3) (табл. 2.5.).

Таблиця 2.5.

Основні типи даних (карти придатності), отримані з вагових коефіцієнтів і оціночних гіпотез

Фактор	Оцінювання за 10-бальною шкалою	Оцінна заява	Метод факторного перетворення
Дороги	7	Придорожні трав'янисті ценози служать кормовою базою для коней, які також вважають за краще пересуватися по дорогах.	MSLarge: чим ближче, тим краще

Фактор	Оцінювання за 10-бальною шкалою	Оцінна заява	Метод факторного перетворення
Водосховища	7	Коні часто зустрічаються в заплаві і в межах першої тераси.	MSLarge: чим ближче, тим краще
Тварини-компаньйони	6	Коні унікальні за своєю харчовою поведінкою, олені близькі до них за поведінкою.	MSLarge: чим ближче, тим краще
Тварини–хижаки	3	Коні мають систему захисту від хижаків, тому цей фактор не критичний.	MSLarge: чим далі, тим краще
Висота над рівнем моря (м)	5	Коні віддають перевагу рівнинним або помірно похилим ділянкам.	Розподіл Гауса
Трав'янисті ценози (як компонент Land Cover (LCC))	6	Коні віддають перевагу відкритим ландшафтам, таким як перелоги, узлісся, пустирі, ліси без розвиненого підліску.	9
Забудовані території (як складник LCC)	6	Уникайте покинутих поселень, але можете бути поблизу покинутих ферм.	3
Лісисті території (як складник LCC)	6	Коні водяться переважно в світлих соснових лісах.	6
Землі сільськогосподарського призначення (як складник земельного покриву (LCC))	6	Особливо приваблюють їх перелоги та занедбані сільськогосподарські угіддя.	10

Визначення оптимального місця для збереження видів залежить від характеристик кожного конкретного місця; наприклад, він враховує градієнт схилу, близькість до доріг або джерел води та тип використання землі. Ми створюємо карту, змінюючи критерії та встановлюючи пріоритети. Карта придатності оцінює значущість кожного елемента середовища за 10-бальною шкалою.

Підмоделі згодом були зважені та агреговані для створення остаточної карти відповідності.

Модель на основі підмоделей або зведені фітнес-карти — для кожної підмоделі було ранжовано відносну перевагу кожного місця по відношенню до мети конкретної підмоделі. Остаточна карта придатності для кожного місця

визначає, наскільки воно придатне, виходячи з того, чи є воно гідним місцем для життя, чи є достатньо їжі та чи безпечно. Окремо проведено кластеризацію середовищ, які є найбільш прийнятними з урахуванням усіх аналізованих параметрів.

Перевірку та калібрування результатів моделювання здійснювали шляхом порівняння прогнозованих даних із реальними спостереженнями за популяціями коней Пржевальського. Ми відкалібрували моделі, щоб переконатися у точності карт.

Спостереження у зоні відчуження проводилися в період з 2018 по 2024 роки. Основою для карти поширення коней Пржевальського стали понад 2000 записів про їх присутність. Ми наклали дані про фіксацію коня на сформовані фітнес-карти, потім візуально оцінили збіги.

2.5. Методика побудови системи моніторингу безпеки ландшафтів територій та об'єктів ПЗФ

Організація ефективної системи охорони ПЗФ через вивчення та аналіз порушень, пов'язаних із нелегальним використанням природних ресурсів на території ЧРЕБЗ, мала за мету: визначення природних об'єктів, які є об'єктами нелегальної діяльності; вивчення груп людей, які можуть брати участь у незаконному використанні ресурсів; аналіз просторового і часового розподілу природних ресурсів та супутньої інфраструктури, які цікавлять потенційних порушників; розробка рекомендацій для підвищення ефективності служби охорони ПЗФ. При цьому застосовували такі методи дослідження:

Збір даних про порушення:

- Використання мобільного додатку ArcGIS Survey123 (2020–2024 рр.).
- Аналіз статистики попередніх років (правоохоронними органами).
- Фотомоніторинг тварин (2020-2024 р.).

Аналіз ресурсів:

- Наукові дослідження щодо видів природних ресурсів.
- Експертна оцінка просторового та часового розподілу ресурсів.

- Геоінформаційний аналіз за допомогою ArcGIS для визначення гарячих точок нелегальної діяльності.

Вивчення груп порушників: аналіз соціально-економічних характеристик груп, які потенційно займаються нелегальним використанням ресурсів; ідентифікація ознак професійної злочинності (наприклад, лов риби, збір ягід, грибів тощо).

Вивчення інфраструктури: визначення шляхів доступу, засобів пересування та обладнання, яке використовується для нелегального видобутку ресурсів.

Елементами аналізу при цьому були *ресурси*, які є об'єктом незаконного використання. Наприклад, *тваринні ресурси*: риба, копитні (лось, олень благородний, сарна, свиня дика), хутрові звірі; *рослинні ресурси*: гриби, ягоди; *інші ресурси*: корисні копалини, земельні ресурси.

Також особливу увагу приділяли окремим тваринним ресурсам: копитним видам: (Лось європейський (*Alces alces*), Олень благородний (*Cervus elaphus*), Сарна європейська (*Capreolus capreolus*), Свиня дика (*Sus scrofa*), а також їх деривативам.

За допомогою ГІС технологій визначалися шляхи доступу та місця концентрації порушень (зони, де частіше фіксуються порушення), які і є основою подальшого ухвалення управлінських рішень.

Висновки до розділу 2

Програма дослідження побудована у відповідності до мети вивчення організації системи моніторингу територій та об'єктів ПЗФ на територіях, що зазнали радіаційного забруднення, зокрема ЧРЕБЗ.

Головною метою дослідження є визначення особливостей організації моніторингових систем на радіаційно забруднених територіях, їхньої ефективності та відповідності сучасним запитам управління природоохоронними територіями. У цьому контексті дослідження включало низку завдань, які охоплюють аналіз існуючих проблем моніторингу, розробку спеціальних механізмів спостереження за станом екосистем, оцінку ефективності сучасних засобів збору даних та моделювання поширення значущих видів (зокрема, коня Пржевальського).

Об'єктом дослідження виступає система моніторингу природно-заповідних територій, що знаходяться в зоні впливу Чорнобильської аварії, з урахуванням екологічних, радіоекологічних та управлінських аспектів. У ролі модельного об'єкта обрано ЧРЕБЗ – одну з найбільших природоохоронних територій України, що характеризується унікальними умовами: значним рівнем радіоактивного забруднення, великою площею, відсутністю постійного населення та активною ренатуралізацією ландшафтів.

Важливим компонентом системи моніторингу, що інтегрований у програму дослідження практично всіх компонентів навколишнього середовища, є методи ДЗЗ, використання ГІС та оптимізація алгоритмів збору і обробки даних. Особливий акцент зроблено на розробці нових підходів до спостереження за ландшафтними та гідрологічними процесами, аналізу змін рослинного покриву, моніторингу стану водних ресурсів та оцінки впливу екологічних факторів на розподіл і чисельність окремих видів.

Таким чином, запропонована методика та програма дослідження створюють підґрунтя для розробки та вдосконалення системи моніторингу довкілля на територіях з підвищеним рівнем радіаційного забруднення.

Основні положення даного розділу висвітлені у публікаціях [1, 2, 4, 5, 6, 8].

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ВИДІВ МОНІТОРИНГУ ОКРЕМИХ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ, ПОРУШЕНИХ ВНАСЛІДОК АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Головною особливістю територій та об'єктів ПЗФ, створених на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення, є наявність радіаційного фактора як абіотичного компонента середовища. Це відрізняє їх від інших об'єктів ПЗФ країни.

У початковий період після аварії основним завданням стало виявлення масштабу радіоактивного забруднення місцевості, його просторової структури, а також концентрації радіонуклідів в основних складниках навколишнього середовища, таких як: приземний шар атмосфери, поверхневі та підземні води, ґрунт, окремі біологічні об'єкти. Просторову структуру радіоактивних випадіннь встановили співробітники Держгідромету СРСР. У той час також було зроблено велику кількість дозиметричних обстежень місцевості різними установами за різною методологією та різноманітними технічними засобами. Попри те, що отримані дані потребували узагальнення та верифікації, вони дозволили встановити загальний характер радіоактивного забруднення в частині просторового розподілу та розподілу радіонуклідів у компонентах навколишнього середовища. Згодом було здійснено цільове обстеження території, у якому ставили за мету створити детальну мапу радіоактивного забруднення ЗВіЗБ(О)В на основі єдиної методології. Як результат — було створено комплекс мап забруднення місцевості основними дозоутворюючими ізотопами: ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , а також показниками потужності експозиційної дози та щільності потоку бета-часток [70, 234, 240, 245]. У подальшому картографічні матеріали щодо радіоактивного забруднення території ЗВіЗБ(О)В створювалися на основі цього обстеження через обрахунок радіоактивного розпаду окремих ізотопів без польових досліджень [58]. На це були такі причини: перша – великі витрати ресурсів на польовий відбір проб, вимірювання вмісту радіонуклідів та побудову картографічних матеріалів; друга – відсутність управлінських завдань для такої

масштабної зйомки, за різними оцінками постійна господарська діяльність відбувається на 5-10% площі ЗВіЗБ(О)В; третя – незважаючи на вплив сукупності факторів, що зумовлюють міграцію та перерозподіл ізотопів у навколишньому середовищі, поверхневий шар ґрунту протягом усього періоду спостережень залишається основним акумулятором радіонуклідів в екосистемі, у якому зосереджується 80-90% від їх загального запасу [38, 39]. Вертикальні та горизонтальні переміщення радіонуклідів у ґрунті не спричиняють суттєвих змін у просторовому розподілі забруднення території. Це особливо стосується ізотопу цезію-137, який характеризується відносно низькою міграційною здатністю на пізніх етапах аварії та залишається основним джерелом гамма-випромінювання, що визначає рівень потужності еквівалентної дози (далі — ПЕД). Тривалі спостереження за рівнем потужності еквівалентної дози (ПЕД) на постах АСКРС показали, що її зміни загалом відповідають рівнянню радіоактивного розпаду цього нукліда. За період, що минув після аварії, рівень ПЕД зменшився у 1000 разів [12, 65].

Стабільність щільності поверхневого забруднення супроводжується неоднорідністю, що проявляється на всіх щаблях і має фрактальну структуру [30, 68, 69]. З огляду на це загострюється потреба проведення радіаційно-екологічного моніторингу [74, 54]. Окрім того, частина території ЗВіЗБ(О)В охоплена технологічними роботами, у т.ч. у місцях із високою щільністю поверхневого забруднення (промислова зона ЧАЕС, сліди радіоактивних випадінь), а також роботами щодо поводження із радіоактивними відходами. Це несе ризики переносу радіонуклідів як всередині, так і за межами ЗВіЗБ(О)В внаслідок пожеж, пилопідйому, інтенсивного потрапляння у водотоки [13, 59, 257].

Головна особливість ЗВіЗБ(О)В полягає у тому, що тут працює та проживає вахтовим методом персонал підприємств та установ, які виконують функції у ЗВіЗБ(О)В. На інших територіях, які зазнали впливу аварійного радіоактивного забруднення – Східноуральській слід радіоактивних випадінь та Поліський радіаційно-екологічний заповідник, – персонал постійно знаходиться за межами

радіаційно небезпечних земель, тому не вимагає таких широких заходів радіаційної безпеки.

Оперативний контроль радіаційного стану території ЗВіЗБ(О)В здійснюється у рамках радіаційно-екологічного моніторингу навколишнього середовища, який проводить ДСП «Екоцентр». Моніторинг передбачає визначення концентрації радіонуклідів у атмосферному повітрі, водах (поверхневих, стічних, підземних і відпрацьованих), ґрунтовому покриві, компонентах наземних і водних екосистем, продуктах харчування, а також у районах несанкціонованого проживання осіб, які самовільно заселилися.

Мережа спостережень охопила 146 пунктів. Система АСКРС здійснює безперервний моніторинг потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання на 39 пунктах спостереження, розташованих у ЧЗВ, зокрема на промисловому майданчику ДСП «ЧАЕС» та у місті Славутич.

Слід зазначити, що найбільша концентрація пунктів спостереження моніторингу зосереджена за межами заповідника – у промисловій зоні, де розташована ЧАЕС та об'єкти поводження із РАВ. Як вже зазначалося вище, на території ЧРЕБЗ збір даних здійснювали через мережу 16 пунктів АСКРС; 7 пунктів моніторингу поверхневих вод; 5 пунктів моніторингу приземного шару атмосфери. На основі цієї мережі формуються інформація про радіаційний стан на території заповідника, яка надається у формі щоденної та щомісячної довідки.

Особливістю ЧРЕБЗ та інших територій та об'єктів ПЗФ, розташованих на територіях, що зазнали впливу радіаційного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС у 1986 році, є необхідність оцінки такого особливого фактору середовища, як радіоактивне забруднення. Загалом оцінка радіаційного стану потребує значних витрат ресурсів – матеріальних, технічних та інтелектуальних. У залежності від програми дослідження це вимірювання концентрації радіонуклідів в окремих об'єктах навколишнього середовища, вимірювання щільності потоку альфа- та бета-часток, потужності еквівалентної дози. За таких умов установи ПЗФ для проведення радіаційного обстеження можуть залучати сторонні організації та

користуватися матеріалами оцінки радіаційного стану регіонального або місцевого рівня.

Збір інформації про радіаційний стан як компонент навколишнього середовища у ПЗФ має декілька цілей. Перша — оцінка просторової структури радіаційного забруднення як базової інформації для проведення радіобіологічних та радіоекологічних досліджень. Друга – оцінка території з позиції радіаційної безпеки персоналу та відвідувачів. Третя – зменшення невизначеності щодо радіаційного стану. Для їх досягнення достатньо користуватися одним параметром радіаційної ситуації – потужністю еквівалентної дози. За умови дотримання вимог правил радіаційної безпеки зовнішнє опромінення є головним фактором формування дози опромінення людини. Також вимірювання ПЕД не потребує складної техніки та методів.

Із середини 2022 року в рамках співпраці з міжнародною некомерційною організацією Safecast розпочато збір даних про радіаційний стан за допомогою трекерів-дозиметрів bGeigie Nano (рис.3.1). Починаючи з червня 2022 року проведено приблизно 143275 вимірювань ПЕД (мкЗв/год). Потужність еквівалентної дози є швидким та найменш невитратним показником радіаційного стану території.

Оперативний контроль потужності еквівалентної дози (ПЕД) здійснюється вибірково та відображає рівень активності співробітників ЧРЕБЗ у межах ЗВіЗБ(О)В. Отримані дані вимірювань узагальнені у вигляді просторового розподілу щільності по території. Із цією метою територія ЗВіЗБ(О)В була розбита на сітку комірок розміром 1×1 км.

Для кожної комірки було обраховано кількість вимірювань (рис. 3.1). Найбільша кількість вимірювань зафіксована в місті Чорнобиль та його околицях, що зумовлено розташуванням тут установ ЗВіЗБ(О)В і підрозділів ЧРЕБЗ. Відповідно, саме у цьому районі переважно розпочинаються та завершуються виїзди. Цю ділянку можна визначити як базову точку діяльності.

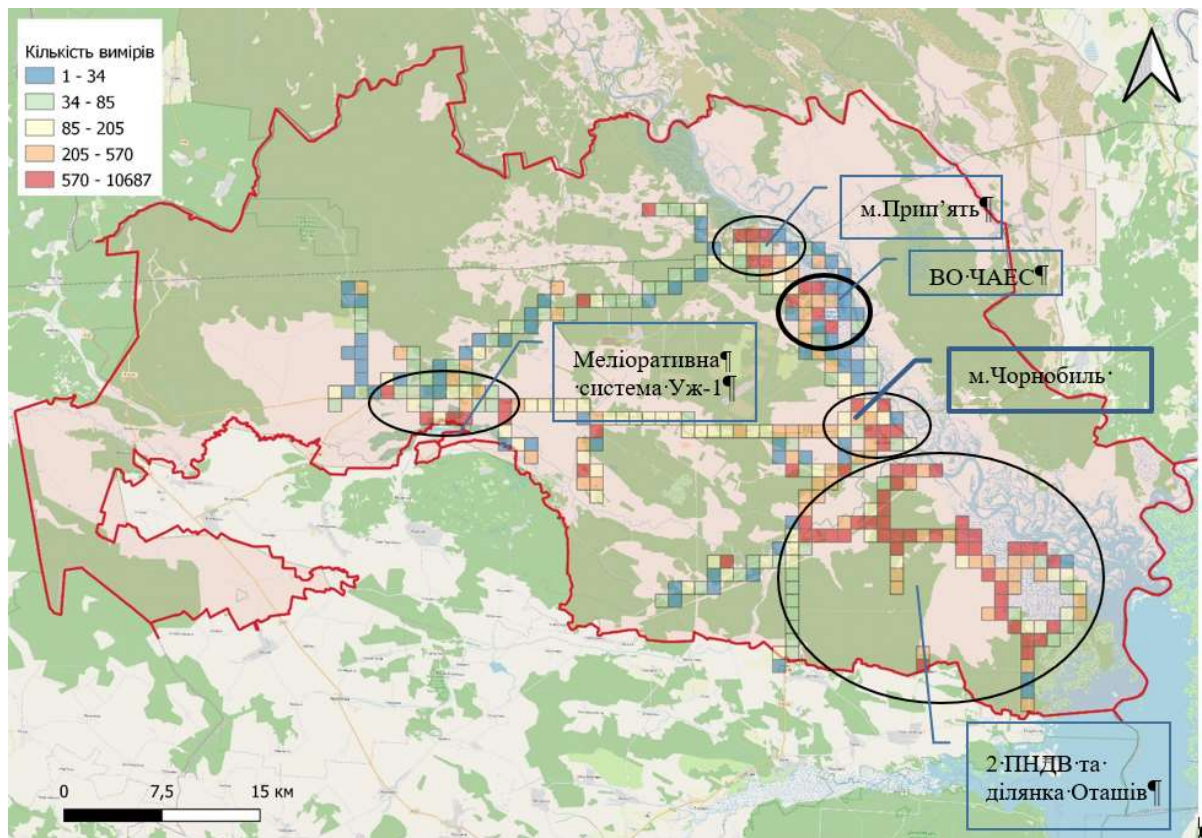


Рис. 3.1. Розподіл кількості вимірів ПЕД по території ЗВіЗБ(О)В

Локації із високими показниками кількості вимірів у південно-західній частині ЗВіЗБ(О)В вздовж заплави р. Прип'ять пов'язана із базами заповідника – тут розташовано Купуватське та Опачичецьке природоохоронне науково-дослідне відділення та ділянка Оташів для контролю акваторії. Також тут знаходяться наукові полігони ЧРЕБЗ, де постійно проводяться дослідження; меліоративна система «Уж», у межах якої ведуться регулярні спостереження із метою відновлення тут водно-болотних угідь із природним гідрологічним режимом.

У центральній частині ЗВіЗБ(О)В виділяються дві зони із підвищеною щільністю вимірювань — водойма-охолоджувач ЧАЕС та місто Прип'ять. За період спостережень було зібрано 143275 вимірювань. Значення ПЕД варіюють у діапазоні від 0,02 до 6,8 мкЗв/год (табл. 3.2).

Загалом отримані показники відображають просторову структуру слідів радіоактивних випадінь і характеризують неоднорідність щільності поверхневого забруднення території ЗВіЗБ(О)В.

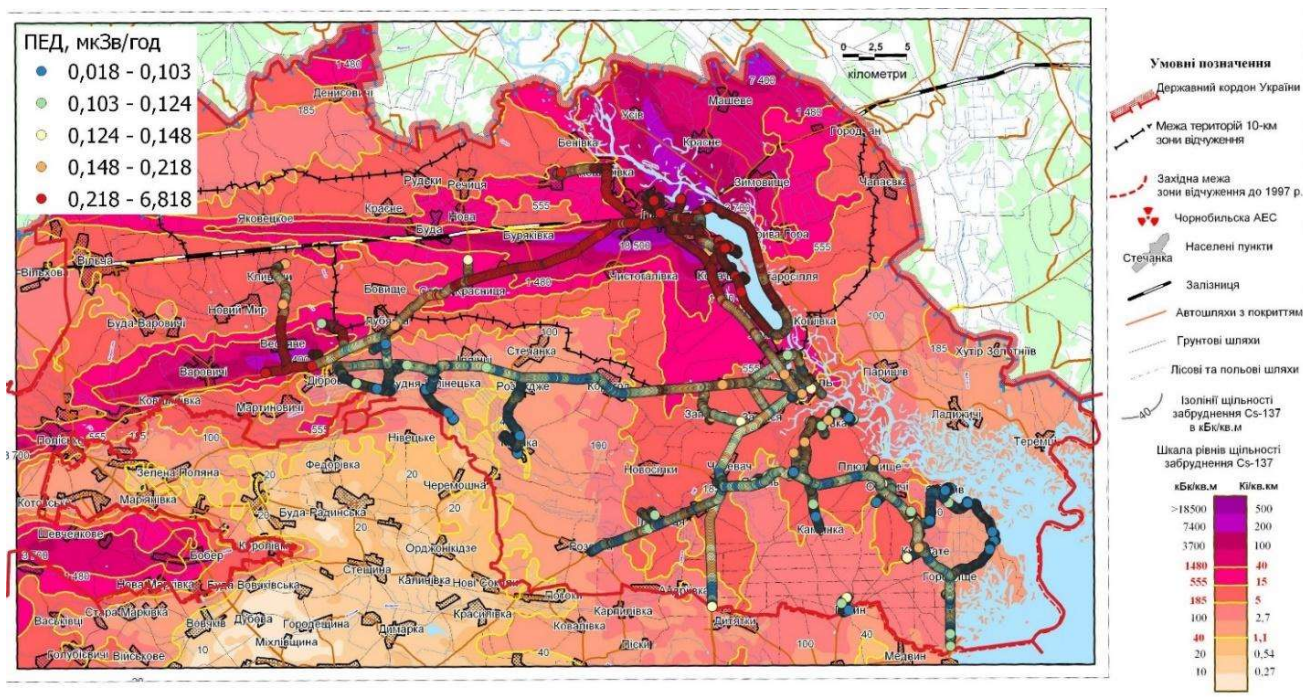


Рис. 3.2. Результати вимірювань ПЕД, отриманих з трекер-дозиметрів bGeigie Nano, основа карта масштабу 1:500 000 з «Атлас України. Радіоактивне забруднення», МНС, ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО», 2011.

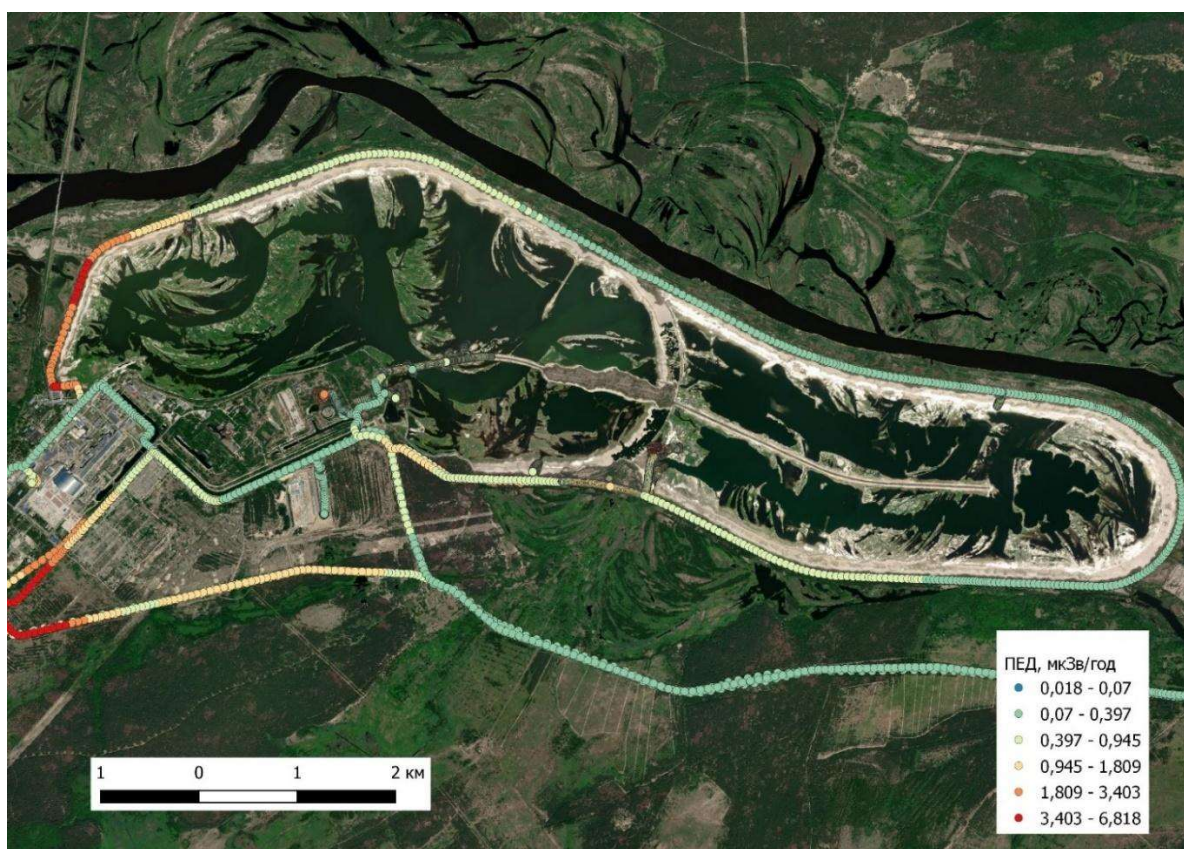


Рис. 3.3. Результати вимірювань ПЕД на території водойми-охолоджувача ЧАЕС

Водночас у межах ПНДВ заповідника та в місті Чорнобиль спостерігаються відносно низькі та однорідні значення ПЕД. Натомість для ближньої зони ЧАЕС, зокрема міста Прип'ять і водойми-охолоджувача ЧАЕС, характерні високі та варіативні показники ПЕД (рис. 3.3).

Аналіз результатів вимірювань ПЕД (табл. 3.1.) показав, що у більшості локацій ПНДВ середнє значення ПЕД становить 0,1 – 0,2 мкЗв/год, що свідчить про відносно низький рівень забруднення. Винятком є Дібровське (0,2 мкЗв/год), де спостерігається значно більший розкид даних (максимальне значення – 2,3 мкЗв/год). Найбільш стабільні значення ПЕД зафіксовані в Бенівському (мінімальна варіативність – 15%). Водойма-охолоджувач ЧАЕС має значно вищий рівень ПЕД, із середнім значенням 1,0 мкЗв/год (максимум – 4,6 мкЗв/год). У рамках проекту SATREPS дослідна ділянка 1 має найвищий середній рівень ПЕД (2,4 мкЗв/год), що вказує на локальну зону підвищеного радіаційного фону.

Місто Прип'ять демонструє середній рівень 0,4 мкЗв/год, але з високою варіативністю (до 1,4 мкЗв/год). Найвище значення ПЕД зафіксовано на території ЗВіЗБ(О)В – 6,8 мкЗв/год, що свідчить про наявність зон із суттєво підвищеним радіаційним фоном.

Таблиця 3.1.

Результати вимірювань ПЕД, мкЗв/год (у співпраці з організацією Safecast)

Локація	N	Середнє	Мін.	Макс.	Стандартне відхилення	Кв, %
ПНДВ						
Купуватське	10065	0,1	0,02	0,2	0,02	20
Опачичське	41573	0,1	0,02	0,6	0,04	40
Корогодське	5403	0,1	0,03	0,3	0,04	40
Луб'янське	6319	0,1	0,04	0,3	0,04	40
Розсохівське	1774	0,1	0,05	0,2	0,03	30
Дібровське	7047	0,2	0,04	2,3	0,2	100
Бенівське	2396	0,2	0,1	0,4	0,03	15
Інші локації						
Водойма-охолоджувач ЧАЕС	7352	1,0	0,1	4,6	0,6	60

Локація	N	Середнє	Мін.	Макс.	Стандартне відхилення	Кв, %
Водойма-охолоджувач ЧАЕС. Проєкт SATREPS, дослідна ділянка 1	252	2,4	0,8	3,2	0,6	25
Водойма-охолоджувач ЧАЕС. Проєкт SATREPS, дослідна ділянка 2	194	0,6	0,5	0,8	0,06	10
Водойма-охолоджувач ЧАЕС. Проєкт SATREPS, дослідна ділянка 3	1227	1,1	0,3	2,7	0,4	36
Меліоративна система Уж-1	6212	0,1	0,04	0,2	0,02	20
м. Прип'ять	6523	0,4	0,07	1,4	0,2	50
м. Чорнобиль	21284	0,1	0,03	0,7	0,03	33
ЗВІЗБ(О)В	143275	0,2	0,02	6,8	0,4	200

Отже, більшість обстеженої території зони відчуження демонструє відносно стабільні рівні ПЕД з мінімальними коливаннями. Локальні аномалії спостерігаються у водоймі-охолоджувачі ЧАЕС та в місті Прип'ять, де значення значно перевищують середній рівень по всій зоні. Отримані результати підтверджують неоднорідність радіаційного забруднення, що узгоджується з історією розподілу радіоактивних випадінь після аварії на ЧАЕС.

Висновки до розділу 3

Особливості ЧРЕБЗ, зокрема велика площа та високий рівень радіаційного забруднення, обумовлюють необхідність застосування геопросторових даних для оцінки радіоекологічної ситуації. Зібрані дані про потужність еквівалентної дози, отримані за допомогою вимірювального пристрою з GPS-модулем, не тільки підвищують якість контролю радіаційної ситуації, але й слугують базою для наукових робіт і освітніх проєктів. Загалом, за результатами 143275 вимірів у межах ЗВІЗБ(О)В), середнє значення потужності еквівалентної дози (ПЕД) становить 0,2 мкЗв/год, тоді як максимальне зафіксоване значення сягає

6,8 мкЗв/год. Висока варіативність показників, яка досягала 200%, обумовлена нерівномірним розподілом радіаційного забруднення. Особливо високі рівні ПЕД спостерігалися поблизу джерела надходження радіонуклідів у навколишнє середовище – у ближній зоні ЧАЕС: на водоймі-охолоджувачі ЧАЕС та м. Прип'ять.

Отримані дані адекватно відображають просторову структуру поверхневого забруднення радіонуклідами ЗВіЗБ(О)В: збільшення неоднорідності показників ПЕД в ближній зоні та її зменшення при віддаленні від джерела викиду радіонуклідів, сліди радіоактивних випадіннь та локальні ділянки концентрації радіоактивного забруднення.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що застосування методу моніторингу та контролю радіаційного стану є доволі ефективним: дані збираються доволі швидко, зберігаються у форматі ГІС-даних.

Основні положення даного розділу висвітлені у публікаціях [4, 9, 19, 20].

РОЗДІЛ 4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ

4.1. Ландшафтний аналіз та моніторинг змін природно-територіальних комплексів територій та об'єктів ПЗФ

На сьогодні опубліковано декілька комплексних досліджень щодо моніторингу екологічного стану зони відчуження та оцінки впливу наслідків аварії на ЧАЕС, які ґрунтуються на використанні супутникових даних. Дані щодо екологічного стану визначеної території доступні та охоплюють понад 50-річний термін (місії Landsat, супутники Terra і Aqua тощо). Ряд вчених використали їх для аналізу екологічних даних у глобальному масштабі для оцінки змін клімату, гідрологічних параметрів, залісненості територій, поширення пожеж, оцінки продуктивного потенціалу територій тощо [85, 94, 122, 113, 141, 196]. Однією із наймасштабніших робіт оцінки змін рослинного покриву зони відчуження була праця Gemitzi, A. (2020) [126].

Починаючи від аварії на ЧАЕС ландшафтна структура зони відчуження суттєво змінилася [82, 136]. За підрахунками деяких дослідників, біля 30% ландшафтів зони відчуження змінили належність до певного класу земного покриву. Аналіз усіх 18-річних зображень типу земельного покриву показав, що приблизно 20% 30-кілометрової зони відчуження змінили тип земельного покриву [126]. Таким чином, занедбаність земель у цій зоні призвела до розширення густих і розріджених лісових площ за рахунок пасовищ. Таким чином, протягом останніх десятиліть спостерігалось значне зменшення площ пасовищ, що цілком пов'язано із поступовим заростанням дерев'янистими рослинами [157].

Зміни ландшафтів цієї території можуть бути оцінені починаючи з 1986 року, за допомогою алгоритму градієнтної підсиленої регресії, у поєднанні з історичним архівом Landsat. Розробка механізмів геопросторового управління даними об'єктами ускладнюється рядом факторів, а саме: залишенням сільськогосподарських угідь та незаселеним міським середовищем, наявністю

лісових пожеж, різними рівнями радіоактивного забруднення, наслідками перебування російських військових на території зазначеного об'єкту ПЗФ (замінування, залишки вибухових пристроїв та речовин) тощо [146]. Однак нашу увагу привертають останні 7 років, тобто, час від моменту, коли територія зони відчуження стала офіційно об'єктом ПЗФ та набула статусу охоронюваного об'єкта. Це також пов'язано із тим, що у дослідженні технічно ми не можемо проводити аналіз починаючи з 1986 року, оскільки космічні зображення з платформи, яку ми використовуємо — платформа Google Earth Engin (Google LLC, американська транснаціональна технологічна компанія, США) із роздільною здатністю 10 м — доступні лише з 2016. Усі попередні знімки інших ресурсів мають меншу роздільну здатність та нижчу точність отриманих результатів. Ретроспективний аналіз наземного покриття на основі щільних часових серій космічних знімків до 2016 року відрізняються тим, що виникає потреба в узгодженості між даними суміжних років на рівні пікселя. Наприклад, критичним моментом є унеможливлення або суттєва мінімізація появи ситуацій, коли один піксель за кілька років по-різному класифікується. Саме тому зміни ландшафтів років, що передують 2016, можуть бути невірно спрогнозовані саме тому, що знімок на такий рік був зі значними вкрапленнями невідфільтрованої хмарності, тіней від хмар, шлейфів диму від лісових пожеж тощо [166, 247]. Відтак періодом досліджень обрано 8 років — від моменту надання території охоронюваного статусу.

Подальшій стабілізації функціонування та безперешкодного ревайлдингу території ЧЗВ сприяло надання у 2016 році статусу охоронюваної території – ЧРЕБЗ. Таким чином, занедбаність земель у попередні періоди у цій зоні призвела до розширення густих і розріджених лісових площ за рахунок пасовищ, поступового перетворення покинутих населених пунктів та сільськогосподарських територій. Структура ландшафтів станом на 2022 рік показана на рис. 4.1.

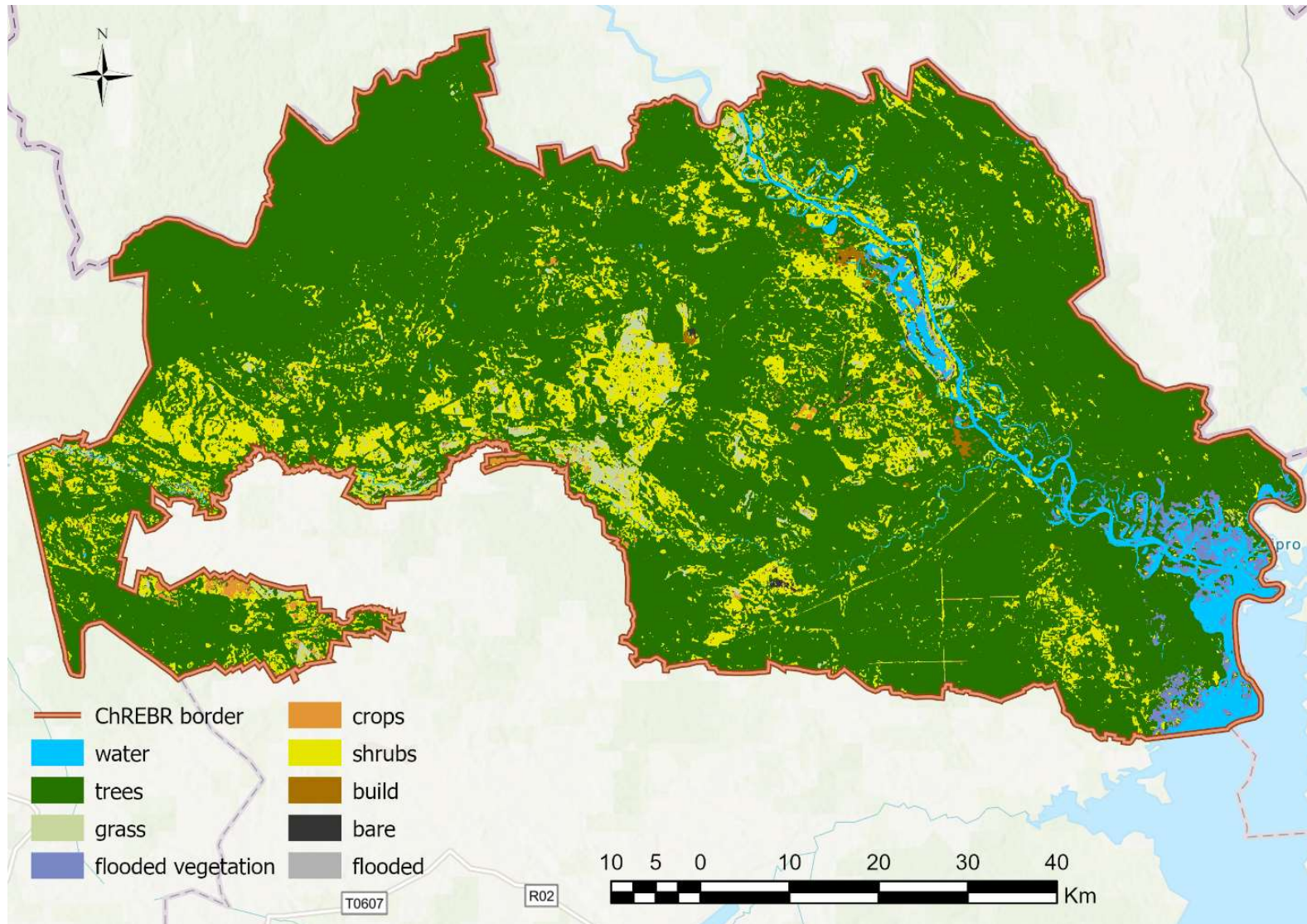


Рис. 4.1. Ландшафтна структура ЧРЕБЗ станом на 2022 рік.

Після аварії більшість фахівців передбачала швидке природне відновлення деревних порід на колишніх сільськогосподарських угіддях та збільшення лісистості зони відчуження до 90% і понад. Однак процес заміщення трав'яного покриву куртинами природного поновлення дерев відбувався переважно після порушення щільного трав'яного шару внаслідок пожеж, підтоплень або впливу диких тварин, за умови наявності джерел насіння. Зокрема, останні дослідження свідчать, що загальна лісистість зони відчуження збільшилась з 41% (у 1986 р.) до 59% (у 2020 р.), що свідчить про високий потенціал до природного поновлення лісів [196]. Збільшення площі лісів пояснюється заростанням колишніх сільськогосподарських угідь, яке особливо швидко відбувається після 2000 року.

Лісовий покрив зони відчуження у досліджуваному періоді складав від 192,784 до 181,177 тис. га (табл. 4.1). Ліси зони відчуження переважно складаються із насаджень сосни звичайної. Найбільш вираженим проявом радіобіологічної реакції рослин стало відмирання сосен та ялин у районі, який отримав назву «Рудий ліс».

Таблиця 4.1.

Динаміка змін ландшафтної структури ЧРЕБЗ, тис. га.

Клас земного покриву, тис. га	Роки						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Вода	6.44	6.45	8.39	7.48	7.48	7.20	8.08
Заліснені території	184.47	188.31	192.78	187.09	188.51	187.68	181.18
Трав'янисті ценози	4.19	5.79	4.79	2.39	3.48	2.13	3.35
Заболочені території	3.98	3.22	1.75	2.65	2.81	2.05	2.68
Культивовані угіддя	0.33	0.48	0.71	0.62	0.79	0.64	1.30
Кущі/чагарники	25.42	20.77	16.53	24.59	21.71	24.38	27.67
Забудови	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.06	0.05
Оголена земля	0.09	0.10	0.09	0.25	0.18	0.72	0.28
Всього	225.03	225.20	225.11	225.14	225.03	224.85	224.58

У межах антропогенної радіонуклідної аномалії сформувався унікальний природний осередок, що разом із Древланським та Поліським природними заповідниками становить значну територію, яку необхідно зберегти зі спеціальним заповідним статусом.

Дослідники зазначають, що впродовж останніх десятиліть у Чорнобильській зоні відчуження відбуваються активні процеси заростання луків і перелогів деревною рослинністю. При цьому видове різноманіття рослинного покриву залишається досить високим навіть після Чорнобильської катастрофи [126, 36]. Протягом останніх 7 років заліснені території загалом по заповіднику знизилися на 3,298 тис. га, у той же час суттєві варіювання лісовкритих площ відмічені за роками: так, у 2018 році фіксувалося 192,7 га вкритих лісом площ та до 2022 року було втрачено понад 11 тис. га лісів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2.

Темпи змін земного покриву ландшафтів ЧРЕБЗ у порівнянні з попереднім роком

Клас земного покриву	Роки					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Вода	0,127176	30,07834	-10,8003	0,020364	-3,62563	12,24016
Заліснені території	2,002744	2,417887	-2,9646	0,802703	-0,35901	-3,34699
Трав'янисті ценози	38,02628	-17,3102	-50,1629	46,14847	-38,9006	57,59543
Заболочені території	-19,1056	-45,7884	51,52754	6,172437	-27,0428	30,98405
Культивовані угіддя	43,13638	49,1162	-12,3878	27,34728	-18,9768	102,7375
Кущі/чагарники	-18,3694	-20,3862	48,75918	-11,6638	12,39355	13,61981
Забудови	-18,7522	-3,40967	-11,9157	1,399092	-18,6016	-14,6509
Оголена земля	10,78686	-13,691	184,0556	-28,3663	299,7611	-60,2316

Суттєвий вплив на зміни рослинного покриву зони відчуження мали пожежі. Для прикладу: згідно з отриманими нами даними, внаслідок пожеж 2020 року зазнали змін близько 25% територій. Серед них 62,2% – ліси, 20,3% — перелоги, 11,5% — болота, 2,5% — згарища та загиблі насадження [191]. Окрім того, пожежами знищено трав'янисту і деревно-чагарникову рослинність, якою заросли дороги, території під лініями електропередачі, заплави річок, меліоративні канали, що також відобразилося на результатах аналізу супутникових даних. У той же час загалом по заповіднику відмічена тенденція до збільшення територій під кущами

та чагарниками, таким чином, площі за останні 7 років зросли на 2,25 тис. га (табл. 4.1). При оцінюванні змін рослинного покриву видно, що лісові пожежі знищують переважну більшість деревного покриву із наступним поступовим відновленням чагарникового покриву. Розвиток чагарникового покриву, швидше за все, пов'язаний із вилученням з угруповань деревного покриву — таким чином створюються нові можливості розширення для інших типів рослинності. Перелоги та галявини після пожеж зазнали найменшого впливу. Полум'я у таких пожежах зазвичай поширюється швидко, знищуючи суху рослинність, але не завдаючи значної шкоди кореневим системам. Після лісових пожеж трав'янисті та чагарникові специфікації нерідко розглядаються як перші види, які розширилися у цій місцевості частково через збільшення доступності сонячного світла та через відсутність тіней крони дерев. Головною лісоутворюючою породою на згарищах до пожеж майже повсюдно у заповіднику є сосна звичайна. Головною перешкодою для природного поновлення сосни є щільний трав'яний покрив, який швидко розвивається при збільшенні освітленості звільненої від дерев ділянки [223, 123].

Трав'яна рослинність за семирічний період показала від'ємну динаміку (0,8 тис. га), що, очевидно, також пов'язано із пошкодженням пожежами (на це також вказує тенденція до збільшення оголених ділянок 2021 року – 0,715 тис. га порівняно з 0,179 у 2020 році) і поступовим затягуванням кущами та чагарниками згарищ попередніх років (табл. 4.2). У наших попередніх дослідженнях зазначалося, що після пожеж трава на перелогах розпочинала активно відновлюватися вже через 2–3 тижні після їхнього проходження. [173].

Зміни клімату, меліорації та осушення спричинили зміни у водно-болотних угіддях зони відчуження. Характерною особливістю гідрологічного режиму водотоків заповідника є підвищена водність зимової межені, низьке весняне водопілля, низька та тривала літньо-осіння межень. Малі річки, а також менші водотоки й меліоративні канали пересихають протягом серпня-жовтня [246]. Загалом, протягом останніх 7 років спостерігалася тенденція до збільшення площі водних об'єктів (табл. 4.1). Частково причиною цього може бути захаращеність меліоративних каналів зони відчуження. Це спричинило появу низки водних

об'єктів та підтоплення цілих лісових масивів, що призвело до їх загибелі. Це зумовлено тим, що до 1986 року на нинішній території зони відчуження, переважно на сільськогосподарських угіддях, було створено 27 меліоративних систем, які охоплювали понад 20 тисяч гектарів, з яких 6,6 тис. гав становили торфовища. Після аварії їх функціональне призначення (осушувально-зволожувальне) змінилось на контролювання та попередження надходження радіонуклідів до річки Прип'ять [73]. Значна їх частина (70–80%) евтрофікована та заросла очеретом і рогозом. Більш ніж половина споруд не експлуатується вже багато років або потребує ремонту. Подальше використання меліоративних систем з метою радіаційного - 15 – захисту не є актуальним. Однак частина їх може бути використана для регулювання стоку і водного режиму водно-болотних угідь (утримання надлишкового талого і паводкового стоку), а також для попередження і гасіння пожеж. Наразі їх наявність та занедбаність є причиною утворення значних площ підтоплених територій повсюдно у зоні відчуження.

Так, у 2018 році площа водних екосистем збільшилася на 1,9 тис га, що пояснюється тим, що річна сума опадів за 2018 природний рік склала 762 мм — це майже в 2 рази більше, ніж за минулий природний рік. Зимовий період 2017–2018 рр. на р. Прип'ять характеризувався підвищеною водністю (за рахунок проходження тало-дощових паводків у грудні та сніготанення у кінці січня) та нестійким льодовим покривом. Протягом 2019-2021 років площі ветлендів заповідника були меншими і становили 7,204-7,483 навіть у надто посушливому 2020 році. Підтоплення значною мірою впливають на зміни структури ландшафтів. Яскравим прикладом вияву цього процесу можна вважати перехід 847 га лісів у затоплені землі у 2022 році.

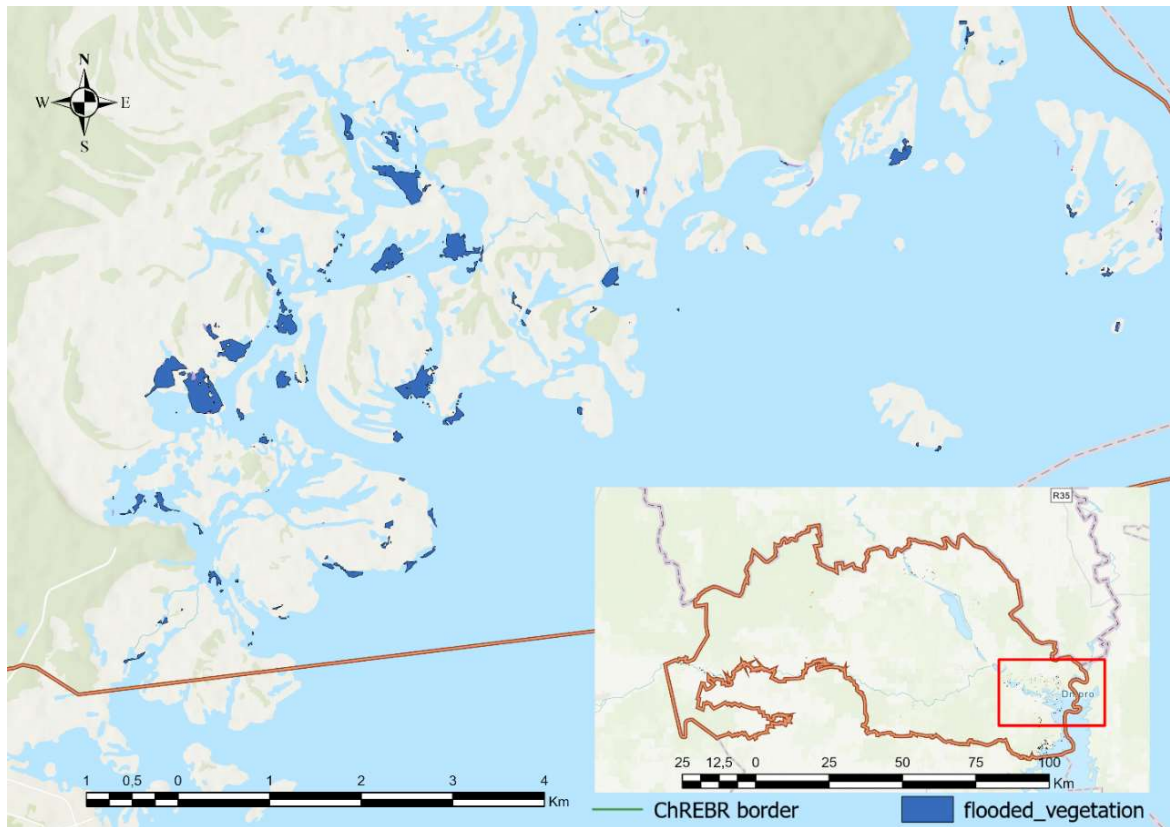


Рис. 4.2. Підтоплені ділянки 2022 року, що перейшли у категорію «Вода» із категорії «Дерева».

Попри позитивний вплив ветлендів у збереженні біорізноманіття [214, 244], стояння паводкових вод понад 20 днів призводить до загибелі лісових культур, особливо це стосується молодих насаджень до 10 років [181]. Регіони північної частини України представлені в основному суборовими умовами, в яких сосна звичайна відіграє ключову роль. Сосна звичайна не потребує багато води і така кількість для неї згубна [137]. Небезпека також загрожує і тим лісовим культурам, які не стоять у воді, але ростуть поблизу місць локалізації підтоплення. Від високого рівня ґрунтових вод і перезволоження ґрунту корінь дерев може почати гнити. Яскравим прикладом загибелі лісових насаджень є узбережжя ріки Прип'ять в районах селищ Городище та Купувате. На рис. 4.2 представлені підтоплені ділянки 2022 року, що перейшли у категорію «Вода» із категорії «Дерева» на ділянці р. Прип'ять, де чітко простежується розмив берегової лінії, результатом чого є утворення відмілин, осередків і островів, що негативно впливає на стійкість русла.

Водночас протягом 7-річного періоду близько 1047 га перейшло у категорію «Дерева» із категорії «Вода» (табл. 4.1). У заплавах річок, по берегах озер та меліоративних каналів розвиваються угруповання болотних лук та трав'яних боліт Phragmito-Magnocaricetea, інколи за участю верб. Угруповання вологих лук знижених і рівнинних ділянок річкових заплав на лучноболотних супіщаних ґрунтах союзу *Deschampsion cespitosae* представлені синтаксонами *Deschampsietum cespitosae* та *Poo palustris-Alopecuretum pratensis*. Ці угруповання формуються у міжпасмових зниженнях центральної та прируслової частин заплави річки Прип'ять. На верхніх частинах річкових заплав та на місці закинутих сіяних сінокосів на ділянках з дерновими, дерново-лучними й лучними супіщаними ґрунтами формуються угруповання *Poëtum pratensis*.

Зниження рівнів ґрунтових вод (подекуди до 2 м) протягом останніх десятиліть призвело до того, що частина зони відчуження та прилеглі території постійно знаходяться у стані високого рівня пожежної небезпеки. Для прикладу, під час пожеж 2020 року значно постраждали болота, а їх відновлення більш тривале порівняно з перелогами. Зокрема, внаслідок пожежі 2020 року пошкоджено 1,96 тис. га боліт [92]. Відновлення боліт відбувається лише природним шляхом, тому повернення їх до природного стану та повного відновлення екосистем потребуватиме тривалого часу.

Розвиток рослинності по відношенню до сільськогосподарських угідь нерідко, як очікується, буде слідувати правилам вторинного правонаступництва, якщо земля залишається непорушною протягом досить тривалого часу. Трав'янисті рослини, як правило, є піонерами, які «наступають» на сільськогосподарські угіддя, причому їх послідовна стадія триває лише кілька місяців або рік [201]. Після початкового покриття її рослинністю чагарники почнуть мігрувати у занедбану місцевість, утворюючи тінь над трав'яним покривом, поступово випереджаючи його. Те ж саме відбувається і у випадках, коли дерева прибувають в цей район і починають перевершувати нинішні чагарники.

У досліджуваному періоді динаміка зміни площ розораних угідь на території ЧРЕБЗ незадовільна. Якщо протягом останніх 5 років їх площі коливалися в межах

0,6-0,7 тис. га, що засвідчує поступову стабілізацію рослинних угруповань на раніше розораних площах, то у 2022 зросло майже удвічі – 1,3 тис. га (табл. 4.1).

На рис. 4.3 показані культивовані ділянки станом на 2022 рік. Ділянки поблизу с. Рудня Іллінецька та Варовичі – це спірні території заповідника та Поліської громади, між якими наразі тривають судові провадження. Ділянка з-поміж сіл Мар'янівка та Нова Марківка – це територія згарища 2020 року, де тривають процеси штучного заліснення. Окрім цього, на території заповідника відображаються численні незначні розорані ділянки, які вказують на місця проведення штучного заліснення.

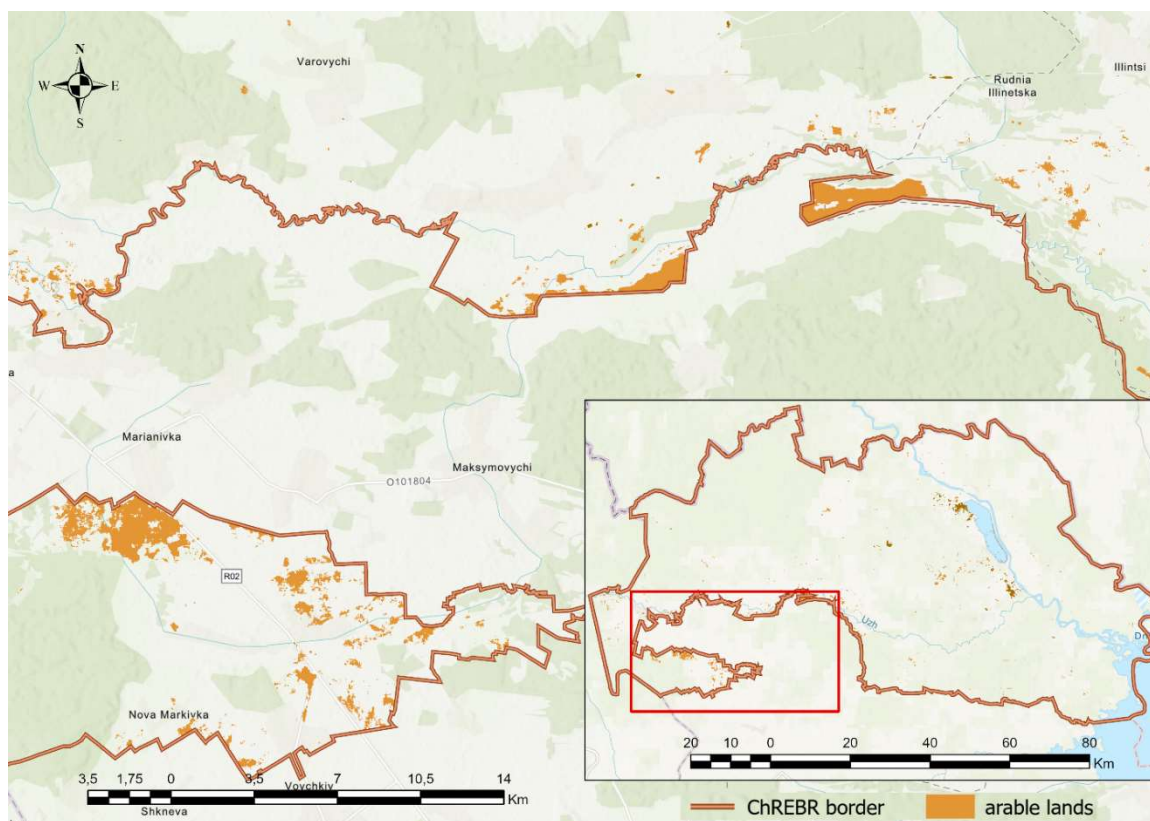


Рис. 4.3. Розорані ділянки (померанчевим) на території ЧРЕБЗ.

На території заповідника частка забудованих територій протягом останніх 7 років була майже стабільною – від 0,047% площі заповідника у 2016 році до 0,023% у 2022 році. Таким чином, спостерігається повільна зміна колишніх урбанізованих територій на інші типи ландшафтів. Так, на території заповідника є декілька десятків колишніх сіл, частина яких була зруйнована під час дезактивації

або внаслідок пожеж. В окремих населених пунктах досі проживають самосели (Опачичі, Теремці, Паришів та Купувате). Села розміщуються у різних варіантах ландшафтно-екологічних умов. Одну групу утворюють поселення на горбистих піщаних відкладах потужністю понад 2 м у свіжоборових умовах. Це усі села на лівому березі р. Прип'ять (окрім с. Паришів), а також Городище, Купувате, Іванівка, Оташів, Бенівка, частина Опачичів та Нових Шепеличів. Більшість же сіл розташована на ділянках із проміжними ґрунтово-гідрологічними умовами, оціненими переважно едафотопами свіжого та вологого складного субору. На сьогодні спостерігається їх інтенсивне перетворення (у садах утворюються напівприродні сукцесії, дерев'яні будівлі майже повністю зруйновані). Кормові ресурси (плодові дерева та ряд культурних рослин) і захисні умови, що їх надають будівлі чи залишки будівель, приваблюють численних тварин. Зараз ці населені пункти використовує досить широкий спектр видів тварин – від мишоподібних гризунів до копитних. Попереднє дослідження деревного покриву в урболандшафтах ЧРЕБЗ також показало чітке збільшення деревного покриву, а також те, що дерева у цих колишніх урбанізованих районах, як правило, у хорошому стані [168], на сьогодні частина представлених у нашому дослідженні населених пунктів не відображаються на знімках як урбанізовані території взагалі.

Процеси ревайлдингу охоплюють усі без винятку компоненти ландшафтів. У дослідженнях інших авторів відмічалися ті ж тенденції, за даними Gemitzi, A. (2020), 20% територій зони відчуження змінили тип земельного покриву. На думку вченого, обмеження втручання людини та занедбаність земель у цій зоні призвела до розширення густих і розріджених лісових площ за рахунок пасовищ. Однак наші дослідження дозволили проаналізувати динаміку змін не лише лісового покриву зони відчуження, але й усіх інших класів земного покриву (рис 4.4).

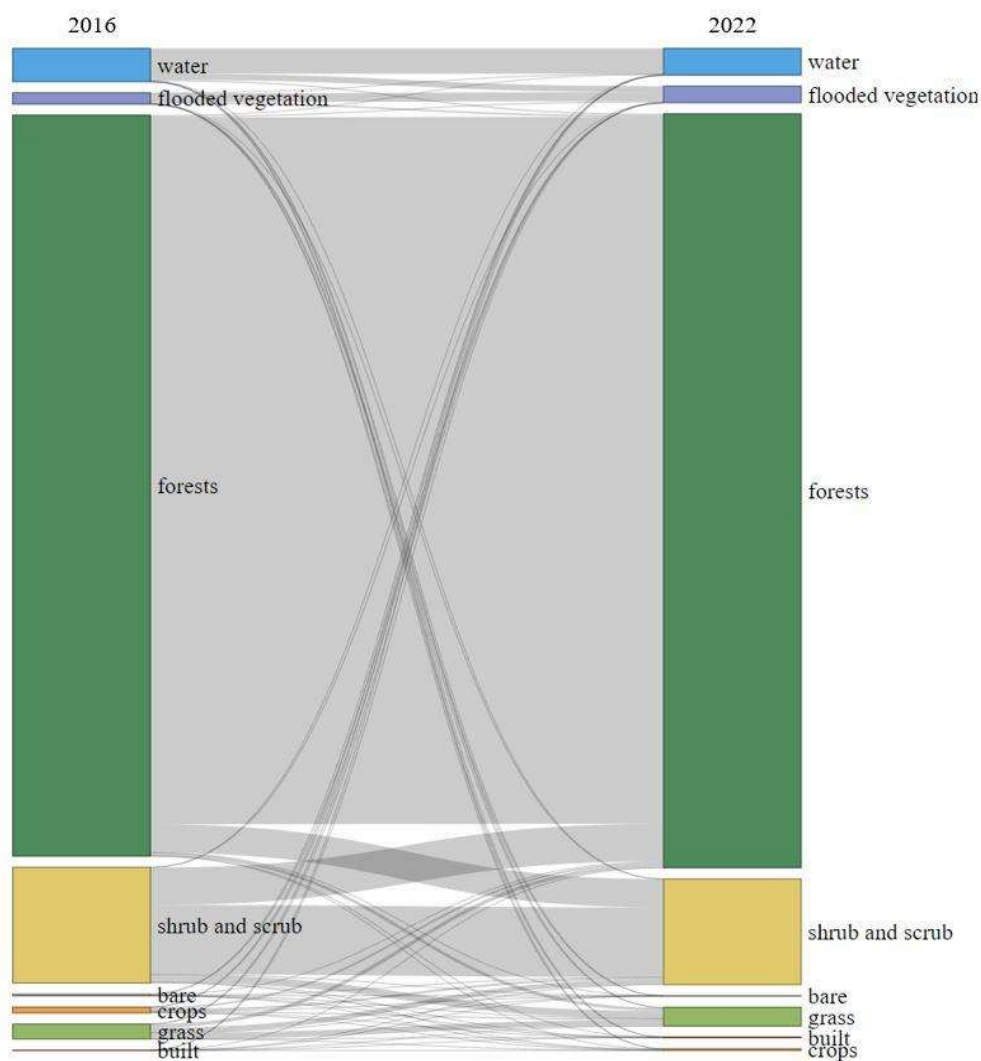


Рис. 4.4. Загальна схема перетворення класів земного покриття у ЧРЕБЗ за період з 2016 по 2022 роки.

Площі лісових масивів за останні 7 років змінювалися (-1.303%) шляхом подальшого заростання пасовищ, що відмічалось й у дослідженні Gemitzi, A. (2020), а також із ряду інших причин (2016 році ліс займав 81.976%, а у 2022 році частка скоротилася до 80.673%). Значні їх масиви втрачені внаслідок підтоплень, особливо у руслі р. Прип'ять та Уж (2018 р.), та великих лісових пожеж (2020 р.). Утворення згарищ та сукцесійні процеси сприяли збільшенню площ кущів та чагарників. Ці дані висвітлені і в інших публікаціях, які стосуються питань постпірогенного відновлення території зони відчуження [267, 215]. Із результатів аналізу космічних знімків видно зростання, відмічене за чагарниками: у 2016 році їх частка в структурі ландшафтів становила 11.296%, а в 2022 році вона

збільшилася до 12.319%. Зростання (+1.023%) свідчить про розширення площ чагарників, можливо, через природне відновлення територій.

Зростання частки водних об'єктів (+0.735%) може бути пов'язане із підвищенням рівня води або змінами гідрологічного режиму (у 2016 році площа водного покриву становила 2.861%, а в 2022 році зросла до 3.596%). Зниження частки трав'яного покриву (-0.371%) вказує на скорочення площ (у 2016 році - 1.862%, а в 2022 році – 1.491%), можливо, через збільшення чагарників, часткове підтоплення чи інші зміни умов середовища.

Загалом зміни у структурі ландшафтів останніх 7 років засвідчують, що інтенсивність процесів перетворень у порівнянні з попередніми десятиріччями поступово знижується. Причини, що викликають зміни у структурі земельного покриву, зумовлені протіканням природних процесів у екосистемах тваринного і рослинного світу, а також періодичним виникненням пожеж, захаращеністю меліоративних каналів тощо.

Цілком прогнозованим було зниження площі забудови від 0.048% у 2016 році до 0.023% у 2022 році. Зниження (-0.025%) свідчить про руйнування чи поступове заростання забудованих територій. Процеси перетворення забудов (у садах утворюються напівприродні сукцесії, дерев'яні будівлі майже повністю зруйновані) майже завершилися. Низка населених пунктів вже не відображаються на космічних знімках як урбанізовані території, а швидше як зарослі чагарниками та дерев'янистою рослинністю. Та ж тенденція відмічається і для колишніх розораних територій, виняток становлять лише ділянки, які є предметами судових суперечок від моменту утворення заповідника, та деякі ділянки, які зафіксовані як розорані під час аналізу космічних знімків, однак доступ до наземних спостережень обмежений через замінування території внаслідок російської військової агресії. Загалом, динаміка їх площ пов'язана у більшості або з проведенням лісовідновних робіт або з порушеннями режиму заповідної території навколишніми громадами. Зростання розораних площ становило +0.431% (у 2016 році 0.148%, а у 2022 році - 0.579%).

Отже, ліс залишається домінуючим типом покриву, хоча його частка зменшилася. Зростання площ води, чагарників і відкритого ґрунту може свідчити

про природні зміни або вплив людської діяльності. Зменшення трав'яного покриву та затопленої рослинності вказує на трансформацію ландшафту.

4.2. Моніторинг водних об'єктів ПЗФ

Приблизно 85% водно-болотних угідь у світі було осушено протягом останніх трьох століть, щоб звільнити місце для житла, промисловості та сільського господарства [224]. Водночас значна частина Полісся, зокрема, та, що в тій чи іншій мірі стосується ЧРЕБЗ, залишилася практично незмінною.

Особливу увагу ці території привертають у зв'язку з питаннями радіоактивного забруднення ландшафтів, які будуть актуальним ще довго. Але водночас не менш нагальними є питання ревайлдингу території [111]. Це вологі території, які охоплюють тисячі водно-болотних угідь. Стан їх визначають багато параметрів функціонування навколишніх ландшафтів та сталість розвитку території.

Із часу аварії на ЧАЕС на цій території були введені обмеження на проживання та господарську діяльність. При зниженні антропогенного фактору спонтанно відновлюються природні комплекси на різних рівнях [236, 121, 151], у тому числі й водно-болотні екосистеми. За попередніми дослідженнями, ключовими факторами, що впливають на біорізноманіття цієї водно-болотної екосистеми, є радіоактивне забруднення (і специфічні реакції рослинних та тваринних угруповань на нього), режим охорони та господарська діяльність на прилеглих територіях, що визначає їх відмінності від розвитку інших екосистем водно-болотних угідь в Україні [208, 231]. Однак антропогенні ризики для водних екосистем, які розвивалися в цих районах, все ж існують. Вирубка лісів та пропозиції щодо будівництва водного шляху через цю територію, на думку експертів, можуть призвести до невиправної шкоди довкіллю [225, 148, 246]. Одна із найбільш вагомих внутрішніх водно-болотних екосистем в Європі на даний час охороняється в міжнародному масштабі, на думку вчених, допомагаючи забезпечити майбутнє [26, 75]. Окрім того, об'єкти ПЗФ захищають життєво важливі гідрологічні та вуглецево накопичувачні функції транскордонних

ландшафтних екосистем, а також їх величезний потенціал як напрямків екотуризму [67].

Найбільша річкова екосистема ЧРЕБЗ – річка Прип'ять, була штучно змінена в районі Чорнобильської АЕС, однак багато ділянок цієї землі зараз є безмежною дикою природою, яка повністю вільна від будь-якого впливу людської діяльності і відновлюється цілком природними механізмами, однак все ж зазнаючи антропогенного впливу попередніх десятиліть у вигляді зарегульованості стоку, захаращеності меліоративних каналів тощо. Серед приток р. Припять такі річки, як Брагінка, Уж та інші є джерелами переміщення (міграції) радіонуклідів за межі зони відчуження внаслідок значного забруднення радіонуклідами окремих зон водозбору [14]. Тут розвивається багато видів водних рослин, поширення та екологічні особливості яких досліджуються працівниками заповідника не один рік [3, 63].

Відновлення водно-болотних екосистем до їх природного стану постійно триває на цих територіях (Древлянський природний заповідник створений 31 грудня 2009 року, а ЧРЕБЗ — 26 квітня 2016 року). Вони почали відновлювати самотутню флору, яка нарешті повернулася сюди через десятиліття. Дика природа сьогодення знаходиться під контролем. Вивчення цієї місцевості матиме вирішальне значення, оскільки це єдине нагадування про те, як природа змогла відновитися після значної техногенної катастрофи.

У площині зазначеного, вивчення ландшафтної структури однієї з найбільших приток річки Прип'ять – річки Уж – дозволило класифікувати ключові території, які на даний час охороняються, а також території, які не визнані охоронюваними ландшафтами, такі як праліси, інші ліси високої природоохоронної цінності, місця зростання рідкісних видів макрофітів.

Дослідженнями управління водно-болотними екосистемами з метою визначення оптимальних гідротехнічних рішень, показників структури ландшафту, стабілізації ерозійних процесів, моделювання та моніторингу водної ерозії ґрунтів шляхом використання супутникових даних дистанційного зондування, займались значна кількість дослідників та відзначали їх високу інформативність [140, 135, 198, 124, 236, 165]. Тому ми здійснили геоінформаційний аналіз стану та структури

ландшафтів басейну річки Уж задля забезпечення оптимального механізму управління водними ресурсами.

Із екологічної точки зору річку Уж слід розглядати як цілісну водну екосистему, в якій флора, фауна та їхнє середовище поєднані шляхом обміну речовиною та енергією. Тому для оцінки екологічного стану водних об'єктів та їх моніторингу, окрім абіотичних факторів середовища (освітлення, вологість, тепловий режим тощо), необхідно враховувати стан рослин та динаміку їх змін під впливом гідрофізичних, гідрологічних і гідрохімічних факторів.

Гідрографічна мережа р. Уж досить розгалужена (рис. 4.5). Річкові долини у більшості з них добре виражені, із чіткими ознаками звивистості.

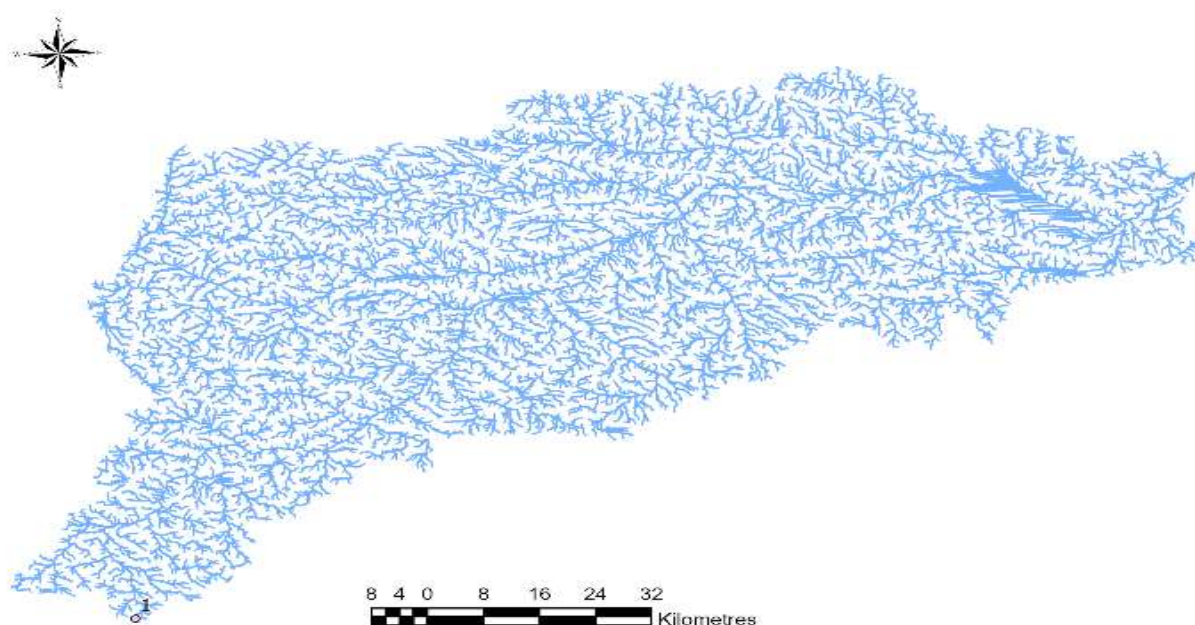


Рис. 4.5. Гідрографічна мережа р. Уж

Територія басейну включає кілька природних і штучних водойм. Майже всюди вздовж річки зустрічаються заплави. Часті паводки спричиняють заболочування заплави; болота переважно евтрофні. На формування хімічного складу вод басейну р. Уж впливають лесові відклади та ґрунти, багаті карбонатами. Це зумовлює помірну мінералізацію і гідрокарбонатно-натрієвий тип річкових вод. Співвідношення основних іонів, групи кальцію, відносить річкову воду до гідрокарбонатного класу. Басейн річки зазнав змін ландшафту протягом останніх

кількох десятиліть із розширенням як міських, так і сільськогосподарських територій.

Для розробки комплексу заходів щодо розвитку та підтримки екологічно стабільних ландшафтів необхідний комплексний багатовимірний аналіз. Серед екологічних проблем, які слід виділити при характеристиці екологічного стану основних приток річкового басейну, джерелами антропогенного впливу є насамперед розораність території, зарегульованість стоку, відсутність прибережних захисних смуг тощо. Для приток існує проблема впливу меліоративної системи на формування стоку, регулювання стоку, значні розміри ставкових господарств. Відсутність прибережних захисних смуг доповнюється також загальним браком локальних очисних споруд для всього басейну. Річка Уж відноситься до тих річок, які мають середнє екологічне значення за розвитком заплави, але сама заплава змінена та порушена. Для досягнення поставленої мети ми використали низку коефіцієнтів, які максимальною мірою відображали рівень стабільності та антропогенну модифікацію. Таким чином, ми розділили ландшафт на стабілізуючий і дестабілізуючий компоненти, згідно з методологією Клементової і Хейніхе [163] (рис. 4.6).

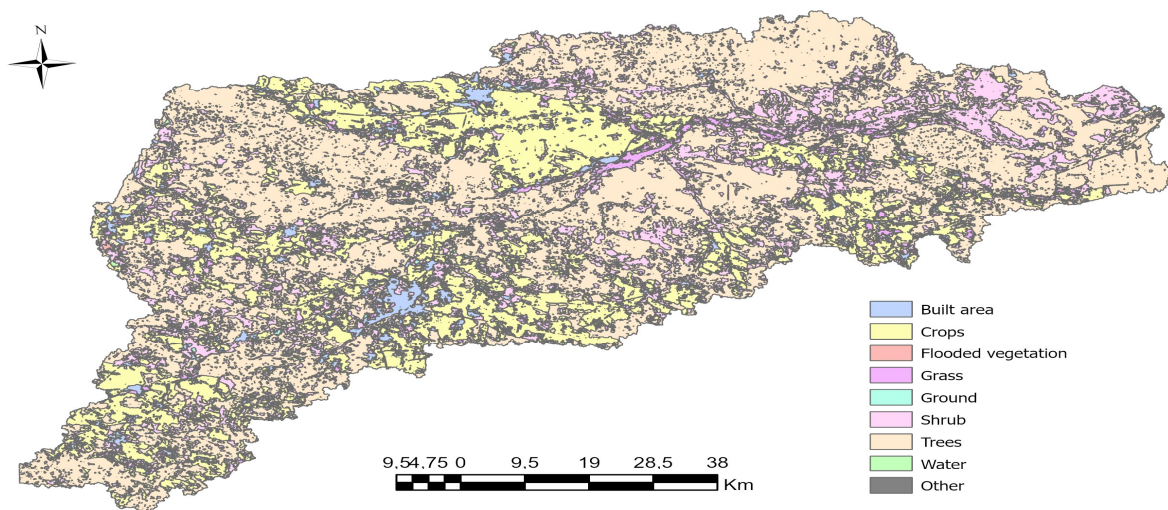


Рис. 4.6. ГІС-сегментація ландшафтів басейну р. Уж на стабілізуючу та дестабілізуючу складові

У результаті ГІС-аналізу ми перетворили ландшафтні дані на цифрові (табл. 4.4).

Таблиця 4.4.

Рівень стійкості та антропогенної перетвореності ландшафтів басейну р. Уж

Object ID	KESL1	KESL2	Katl	Ketf	Object ID	KESL1	KESL2	Katl	Ketf
1	1,345	0,610	3,612	0,410	30	0,685	0,330	4,986	0,596
2	0,653	0,301	6000	0,590	31	1,457	0,430	3,160	0,554
3	1966	0,500	4680	0,470	32	0,673	0,410	4920	0,606
4	0,585	0,390	3,575	0,389	33	0,838	0,410	4920	0,586
5	0,636	0,390	4680	0,530	34	0,745	0,289	6,512	0,553
6	0,585	0,170	3,568	0,563	35	1,056	0,400	4800	0,440
7	0,575	0,170	6,254	0,612	36	1,252	0,360	4320	0,565
8	0,585	0,360	3,356	0,555	37	1,032	0,360	4320	0,522
9	0,452	0,290	3,578	0,430	38	0,862	0,260	5250	0,524
10	1466	0,559	4540	0,412	39	1,112	0,512	4,142	0,503
11	1745	0,654	2,457	0,410	40	0,480	0,321	4,152	0,598
12	1,236	0,785	4,526	0,460	41	1,682	0,400	3,859	0,492
13	1,275	0,523	2,987	0,430	42	0,838	0,330	3960	0,508
14	1,213	0,652	3550	0,460	43	1,324	0,598	3,156	0,495
15	0,274	0,220	7,325	0,510	44	0,761	0,360	4320	0,514
16	1,356	0,642	5,462	0,545	45	0,506	0,380	4560	0,492
17	0,311	0,230	5,120	0,485	46	0,656	0,390	4680	0,650
18	0,507	0,230	6,524	0,510	47	0,687	0,460	5520	0,478
19	0,236	0,230	5,426	0,460	48	1,323	0,420	5,040	0,515
20	0,452	0,213	6,521	0,440	49	0,681	0,420	5,040	0,501
21	0,253	0,320	4,892	0,564	50	0,875	0,430	5,160	0,560
22	0,848	0,360	4320	0,556	51	1,111	0,360	4320	0,554
23	0,876	0,360	3,325	0,452	52	1,146	0,330	3960	0,563
24	1,894	0,550	4,256	0,451	53	0,942	0,580	3450	0,452
25	1654	0,550	4,102	0,523	54	0,867	0,580	6,160	0,615
26	0,770	0,380	4560	0,435	55	0,525	0,210	6 520	0,566
27	0,631	0,380	4560	0,523	56	0,756	0,301	5,152	0,615
28	0,640	0,360	4320	0,568	57	0,862	0,260	3,120	0,501
29	1,146	0,560	3720	0,612	58	0,838	0,290	3480	0,580

Ще одним важливим показником якості поверхневих вод території є рівень її розораності. Попри те, що в басейнах річок півночі України розорано 70-80% земель, басейн річки Уж та її притоки розорано менше (55%) через радіоактивне забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Проте в басейнах приток розораність сягає 60%. Виходячи із сучасного стану розораності території,

екологічний стан можна охарактеризувати як «напружений», а ступінь розораності земель як «середній».

Оскільки заплава р. Уж має ерозійно-аккумулятивний характер, ерозійна фрагментація є однією з причин різкого зниження якості води в басейні річки. Ми оцінили коефіцієнти ерозійної фрагментації для більш поглибленого вивчення ступеня ерозійної деградації ландшафту. За результатами дослідження, всі масиви мають ознаки середньої роздробленості та напруженого екологічного стану (рис 4.7). Тільки масив №31 характеризувався коефіцієнтом розчленованості рельєфу понад 0,5, тобто значною розчленованістю та надзвичайним екологічним станом. Водночас найгірші показники відзначені для масивів Уж (масив №58) і Бродець (масив №57): 0,58 і 0,65 відповідно. У наших попередніх роботах ми використовували цей критерій для оцінки стійкості річкових ландшафтів Полісся [145, 133]. Саме він відображає дані про співвідношення площ, зайнятих стабілізуючими і дестабілізуючими компонентами ландшафтів (КЕСЛ 1), і відношення екологічно стійких елементів до всього ландшафту (КЕСЛ 2).

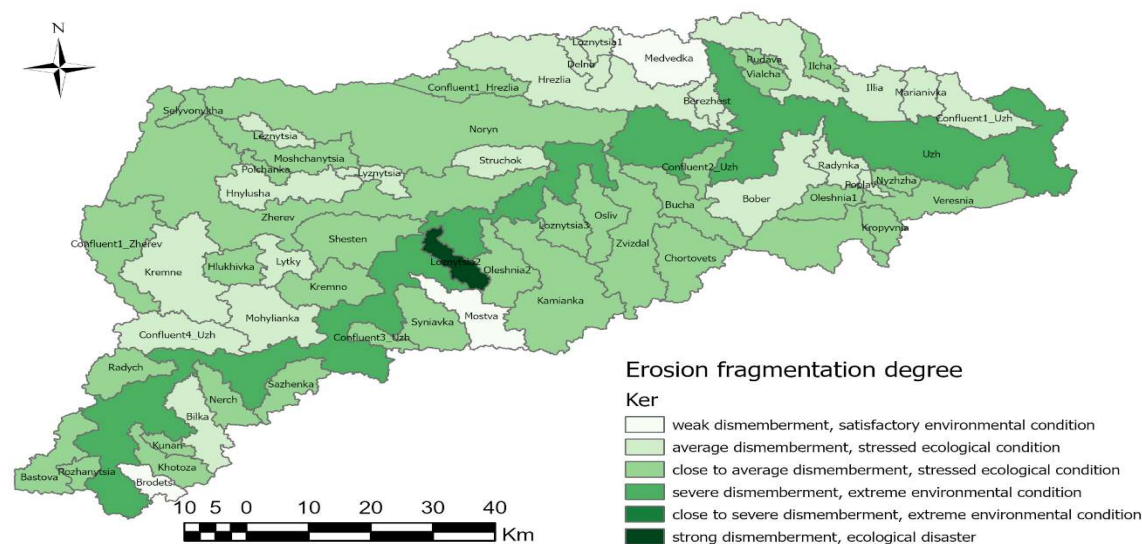


Рис. 4.7. Ступінь ерозійної роздробленості заплави басейну р. Уж

З аналізу даних видно, що досліджуваний ландшафт за показником KESL1 має яскраво виражену нестабільність. Визначено, що 38 масивів є нестійкими за

ландшафтною структурою. Найгіршими умовами характеризуються 11 масивів (ID 19–21, 13–17, 9–11, 39, 43), ландшафти яких визначаються як високонестабільні.

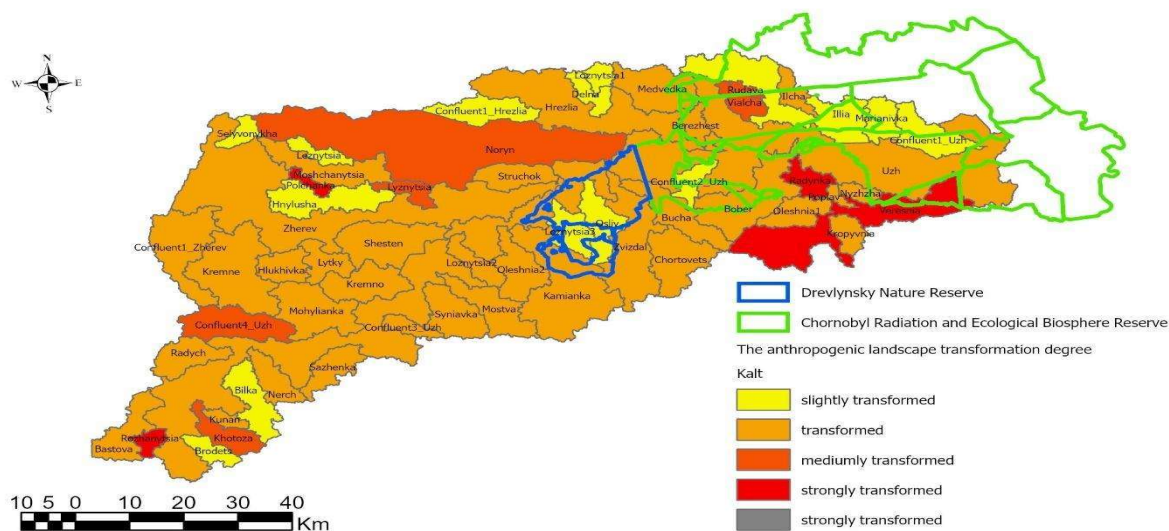


Рис. 4.8. Антропогенна трансформація ландшафтів басейну р. Уж.

За показником KESL2 21 масив визначено як нестабільний (KESL2 менше 0,34), а ще 26 можна вважати умовно стабільними (KESL2 в діапазоні від 0,34 до 0,5). Аналіз території за рівнем антропогенної трансформації показав, що більшість масивів території відноситься до категорії «трансформовані» (рис. 4.8).

Більшість масивів, які визначені як «слабо трансформовані», знаходиться у межах природоохоронних територій (ЧРЕБЗ та Древянський природний заповідник), навіть незважаючи на радіоактивний слід, який залишила аварія на ЧАЕС. Потужна трансформація ландшафтів (ID 34, 55, 20, 18, 15) пов'язана зі значною розораністю території. Середньоперетвореним виявився один із найбільших масивів на території ID 16. Лівобережні притоки р. Норинь мають значну каламутність, що нагадує селеві потоки, спричинені виносом великої кількості теритогенного матеріалу, який легко розмивається.

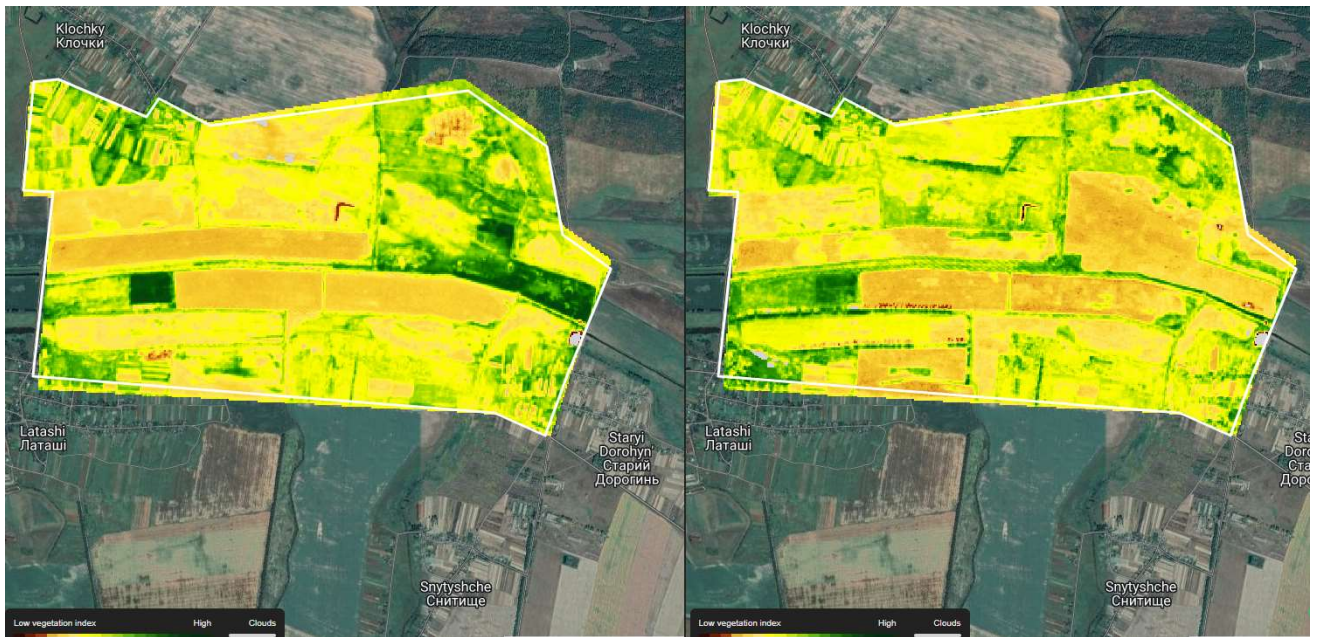


Рис. 4.9. Індекс рослинності NDVI для заплави р. Норинь між селами Латаші, Клочки, Отруби станом на 05.05.2022 (зліва) та 07.10.2022 (справа) [200].

Аналіз заплави річки за програмою Onesoil [200] засвідчив, що заплава покривається рослинністю лише в період з початку червня до другої декади вересня, враховуючи нахил поверхні, це може спровокувати надходження азоту, фосфору, калію, важких металів та інших сполук із розораних ділянок у поверхневі води річки Норинь (рис. 4.9).

Висновки до розділу 4

У розділі представлені результати аналізу ландшафтної структури території ЧРЕБЗ. Внаслідок радіоактивного забруднення, різкого зниження антропогенної діяльності та подальшого надання території статусу охоронюваного об'єкта процеси ревайлдингу території набули певних особливостей та призвели до відновлення природних процесів у екосистемах. За результатами досліджень, процеси ревайлдингу охоплюють усі без винятку компоненти ландшафтів. Площі лісових масивів за останні 7 років змінювалися, таким чином, відбувалося подальше заростання пасовищ, однак і значні масиви лісів втрачені внаслідок підтоплень, особливо у руслі р. Прип'ять та Уж (2018 р.), та великих лісових пожеж (2020 р.). Частка урбанізованих територій у межах заповідника лишається стабільною протягом останніх 7 років. Процеси перетворення забудов (у садах утворюються напівприродні сукцесії, дерев'яні будівлі майже повністю зруйновані) майже завершилися. Низка населених пунктів вже не відображається на космічних знімках як урбанізовані території, а швидше як зарослі чагарниками та дерев'янистою рослинністю. Та ж тенденція стосується розораних ділянок: динаміка їх площ пов'язана у більшості або з проведенням лісовідновних робіт, або подекуди з порушеннями режиму заповідної території навколишніми громадами. Загалом зміни у структурі ландшафтів останніх 7 років засвідчують, що інтенсивність процесів перетворень у порівнянні з попередніми десятиріччями поступово знижується. Зміни у структурі земельного покриву пов'язані з протіканням природних процесів у екосистемах, а також періодичним виникненням пожеж, захаращенням меліоративних каналів, що викликають періодичні підтоплення тощо.

Основні положення даного розділу висвітлені у публікаціях [1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16].

РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ, ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ТА УПРАВЛІННЯ БІОЛОГІЧНИМИ РЕСУРСАМИ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ

Положенням про організацію наукових досліджень у заповідниках і національних природних парках України передбачено функціонування наукових фондів. Відповідно до цього документа, установи ПЗФ зобов'язані забезпечувати постійне ведення та поповнення наукових фондів. Відповідно до Програми Літопису природи, формою фіксації первинної наукової інформацією є картки спостережень [48, 56, 57]. За об'єктом спостереження картки поділяють на зоологічні, флористичні, фітоценотичні та інші [56]. На основі даних із карток формуються узагальнення щодо біотопічного розміщення видів, структури популяції, смертності, народжуваності та виживання потомства, сезонного життя.

Традиційна практика збору первинних даних в об'єктах ПЗФ передбачає ведення паперового польового щоденника співробітниками, які працюють у полі, із наступним перенесенням отриманих даних до карток у паперовому або електронному вигляді (переважно таблиці Excel або Access). Це затратний за часом процес, у якому є ризики втрати даних: втрата щоденника, некоректні записи, їх розшифровування та інші. Головною проблемою фіксації усіх спостережень є їх неточна просторова прив'язка. Співробітники використовують для цього систему топонімів, або прив'язку відносно населених пунктів, у кращому випадку — квартальну мережу. Використання пристроїв із GPS модулем покращує ситуацію, втім все ще не набуло широкої практики. Таким чином, є проблема якості збору первинних даних про біорізноманіття у системі об'єктів ПЗФ України.

5.1. Просторовий розподіл даних опитувальника «Фауна»

Просторовий розподіл фіксацій є нерівномірним (рис. 5.1). У загальному вигляді відмічається зменшення кількості фіксацій зі сходу на захід та від центра до периферії. Полігони із високою концентрацією спостережень розташовані біля м. Чорнобиль, с. Черевач та с. Оташів.

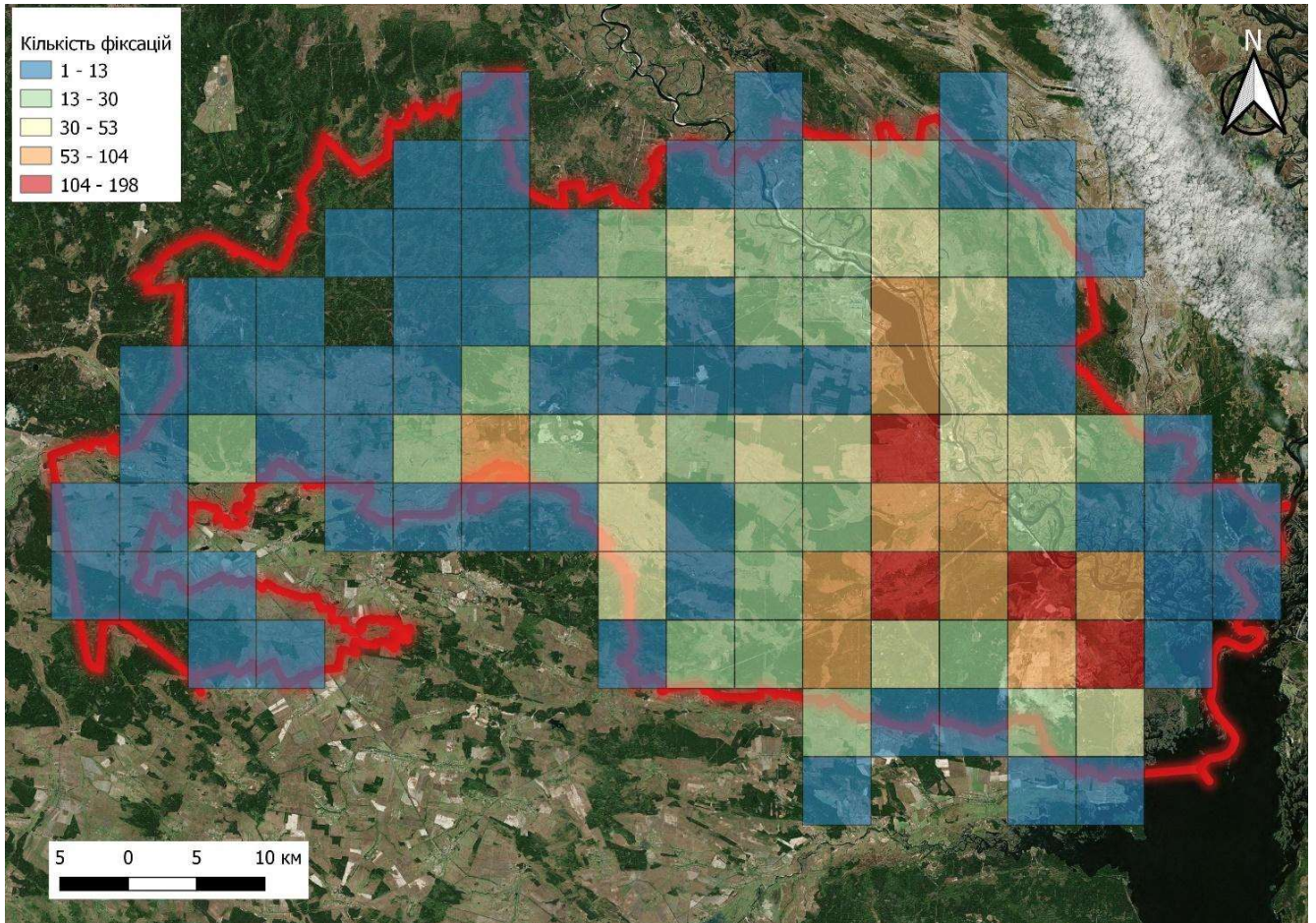


Рис. 5.1. Просторовий розподіл фіксацій опитувальника «Фауна» за 2020-2024 рр.

Розподіл фіксацій по полігонах нерівномірний: 80% полігонів мають найнижчі показники – від 1 до 40 спостережень. Найвищі показники – 100-200 спостережень на полігон – мають 5,4% полігонів. На нашу думку, це вказує на нерівномірний характер опрацювання персоналом території заповідника. Це актуально для території ЧРЕБЗ, де велика площа поєднується із дефіцитом територіальних баз та низькою насиченістю інфраструктури у ЗВіЗБ(О)В загалом.

Розподілу частот фіксації опитувальника «Фауна»

Кількість фіксацій	Кількість спостережень	Кількість спостережень, %
1-20	68	60.2
20-40	23	20.4
40-60	10	8.8
60-80	5	4.4
80-100	1	0.9
100-120	2	1.8
120-140	0	0.0
140-160	1	0.9
160-180	0	0.0
180-200	3	2.7

Фактор концентрації спостережень. На макрорівні найбільша концентрація спостережень лежить біля автодоріг: 69 % усіх фіксацій відмічені у 100 м, а 89 % — на 1000 м віддалі з обох сторін доріг (рис. 5.2). Отже, транспортна доступність території має велике значення для збору даних.

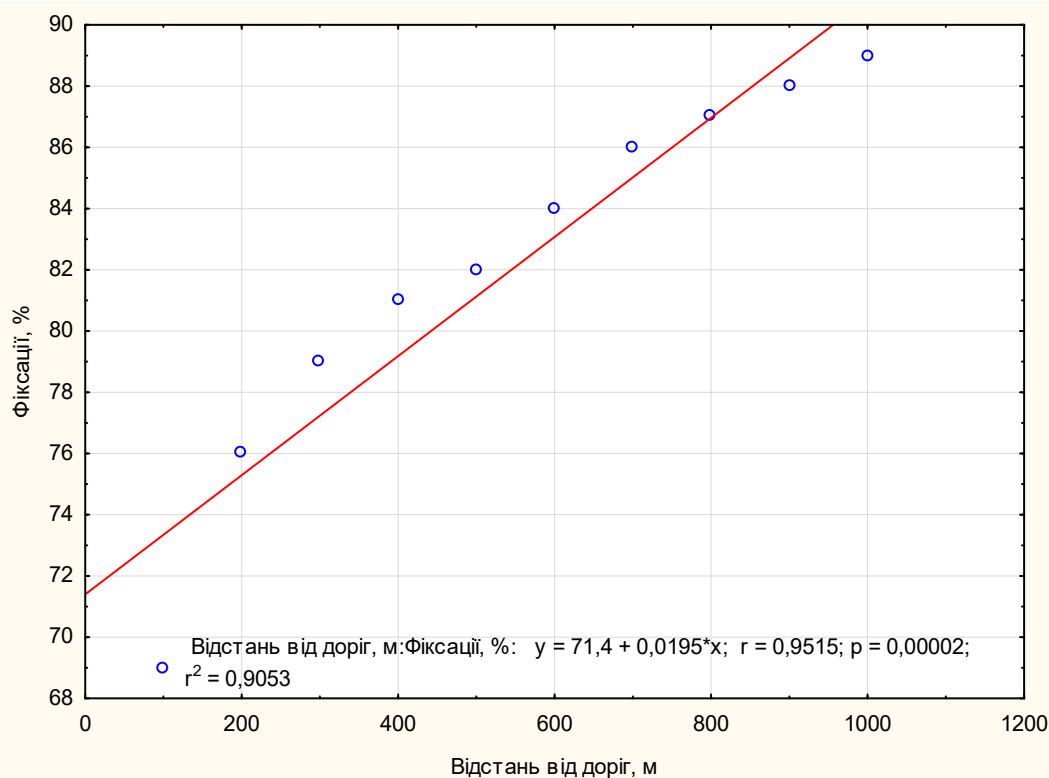


Рис. 5.2. Залежність кількості фіксацій тварин у опитувальнику від відстані від автодоріг

Інший фактор, який призводить до концентрації у просторі точок фіксації, — це об'єкти інфраструктури, де постійно знаходиться персонал заповідника: ПНДВ, бази та інші служби. У м. Чорнобиль розташовано науковий відділ та відділ охорони. У зоні радіусом 10 км навколо цього міста приходиться 1066 фіксацій, що складає 36%. При цьому вони охоплюють площу 314 км², що складає 12% від площі ЗВіЗБ(О)В. Причин цього декілька. Перша — територія навколо міста насичена транспортними шляхами. Друга — нерідко активність співробітників також концентрується поблизу місця постійного розташування. Для економії часу та ресурсів дослідні полігони розташовують якомога ближче до місць постійного перебування. Маршрути патрулювання території також починаються та закінчуються з опорних точок служби охорони ПЗФ — бази та ПНДВ. У зоні радіусом 5 км навколо місць постійного перебування персоналу – м. Чорнобиль, Опачицьке та Купуватське ПНДВ, база Оташів – знаходиться 46% фіксацій.

Інший фактор збільшення концентрації фіксацій у просторі – це наявність точок інтересу, місць, де виконуються дослідні роботи: полігони, точки моніторингових спостережень і т.п. Водойма-охолоджувач ЧАЕС лежить за межами заповідника у промисловій зоні ЗВіЗБ(О)В. Там проводяться радіобіологічні дослідження з 2018 року – спочатку в рамках проекту науково-технічного співробітництва між Україною та Японією SATREPS, потім самостійно. Разом зі співробітниками НАНУ виконуються дослідження розвитку екосистем на осушених ділянках водойми-охолоджувача. Також тут проводяться щорічні спостереження за міграцією птахів. На цей об'єкт припадає 105 фіксацій (4% від їх загальної кількості), але він займає 1% від площі ЗВіЗБ(О)В. Меліоративні системи «Гало» та «Уж-1» розглядаються як ділянки для відновлення природного гідрологічного режиму. Тут з 2023 року запроваджені регулярні спостереження за гідрологічними та гідробіологічними показниками. На площі 12 км² налічується 60 фіксацій (рис. 5.3.).

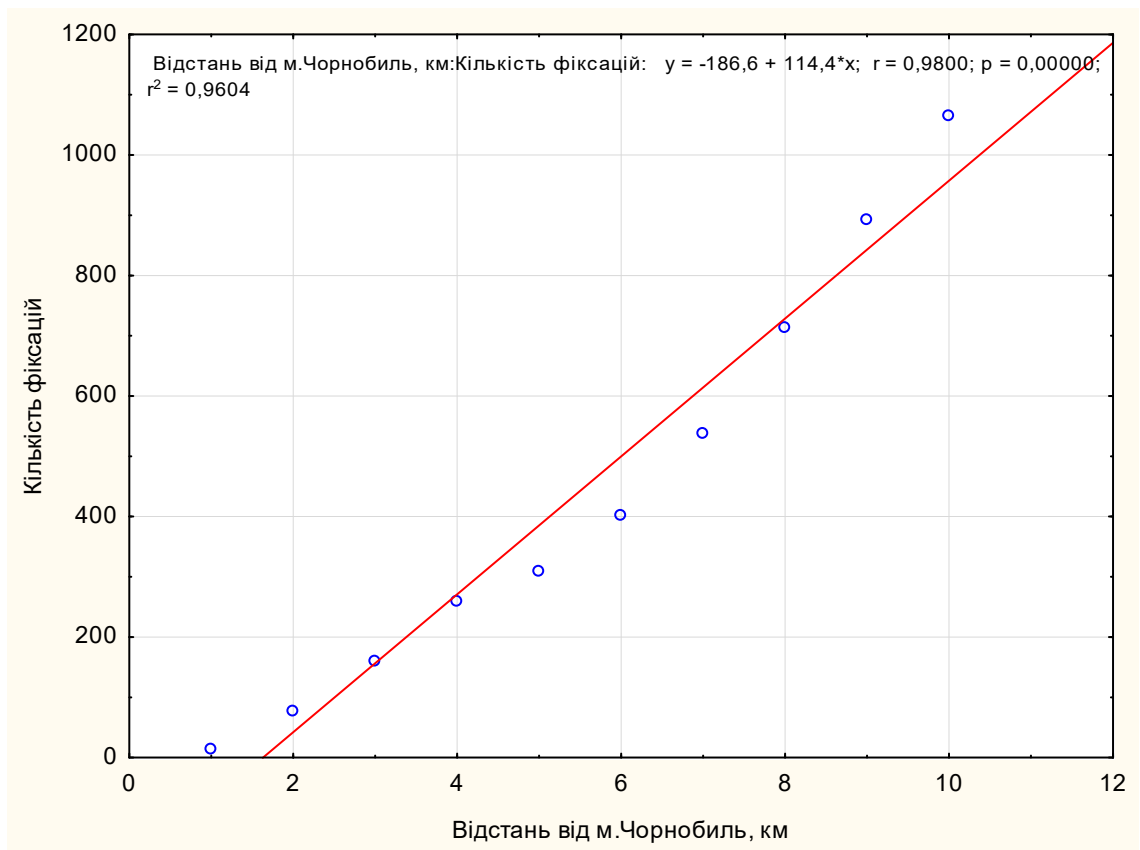


Рис. 5.3. Кількість фіксацій тварин у опитувальнику залежно від відстані до м. Чернобиль

Інший показник – це розподіл фіксацій за типами біотопів. Для цього використовували карту ландшафтів ЗВіЗБ(О)В, яку створили співробітники заповідника у 2022 році [62]. Одним із шарів цієї мапи є біотопи із національного каталогу біотопів України [8, 36].

Найбільша частина фіксацій припадає на відкриті ландшафти: G5.6 природні та напівприродні ліси на ранній стадії заростання, E1.9 відкриті несередземноморські сухі кислі та нейтральні луки та I1.5 перелоги (табл. 5.3). Це місця, які є найбільш прийнятними для спостережень на великі відстані та мають відносно високу доступність для спостерігача. Було обраховано вибірковість різних біотопів по фіксаціях, тобто, тих, яким надавали перевагу. Для цього застосовували індекс вибірковості Івлева-Джекобса, який може приймати значення від -1 (уникнення біотопу) до $+1$ (надання переваги), 0 – нейтральне відношення [33].

Розподіл фіксацій за типами біотопів

№	Тип біотопу	Фіксації, %	Загальна площа від ЗВіЗБ(О)В, %
1	G5.6 Природні та напівприродні ліси на ранній стадії заростання.	24.5	26.15
2	E1.9 Відкриті несередземноморські сухі кислі та нейтральні луки, включаючи пасовища внутрішніх дюн.	18.4	12.95
3	I1.5 Перелоги.	11	3.75
4	G3.4 Соснові ліси.	10.4	21.42
5	G5.2 Дрібнолистяні антропогенні ліси.	8.7	3.72
6	D5 Зарості осок та очерету.	4.7	0.73
7	G1.9 Ліси з <i>Betula</i> , <i>Populus tremula</i> або <i>Sorbus aucuparia</i> .	4.6	8.57
8	F9.1 Прирічкові чагарники.	3.5	4.33
9	E1.72 Луки з домінуванням видів <i>Agrostis</i> та <i>Festuca</i> .	2.9	3.34
10	E3.4 Вологі евтрофні та мезотрофні луки.	1.9	1.25
11	G1.1 Прибережні та галерейні ліси із домінуючими <i>Alnus</i> , <i>Betula</i> , <i>Populus</i> або <i>Salix</i> .	1.5	1.11
12	C2.3 Мезотрофні та евтрофні водотоки.	1.4	3.15
13	G4.7 Слабоацидофільні мішані сосново-дубові ліси.	1.3	2.28
14	G5.1 Смуги дерев.	1.1	0.01
15	G5.8 Нещодавно повалені ліси.	1.1	2.96
16	G4.1 Мішані заболочені ліси.	0.8	0.43
17	C1.2 Постійні мезотрофні озера, ставки та басейни.	0.7	0.21
18	G1.4 Широколистяні болотні ліси.	0.6	0.31
19	G1.8 Ацидофільні дубові ліси.	0.5	1.93
20	C3.2 Зарості очерету та високі гелофіти, окрім очерету, що обрамляють воду.	0.2	0.14
21	H5.4 Сухі органічні субстрати з дуже рідкісною рослинністю або без неї.	0.2	0.16
22	C2.33 Мезотрофна рослинність річок з повільною течією.	0.1	0.35

Перевага надавалося таким біотопам: смуги дерев, D5 зарості осок та очерету, C1.2 постійні мезотрофні озера, ставки та басейни, П1.5 перелоги, G5.2 дрібнолистяні антропогенні ліси (табл. 5.4).

Таблиця 5.4.

Розподіл фіксацій за типами біотопів за індексом вибірковості

№	Тип біотопу	Індекс вибірковості Івлева-Джекобса
1	G5.1 - Смуги дерев.	0.98
2	D5 Зарості осок та очерету.	0.74
3	C1.2 Постійні мезотрофні озера, ставки та басейни.	0.54
4	П1.5 Перелоги.	0.52
5	G5.2 Дрібнолистяні антропогенні ліси.	0.42
6	G1.4 Широколистяні болотні ліси.	0.32
7	G4.1 Мішані заболочені ліси.	0.30
8	E3.4 Вологі евтрофні та мезотрофні луки.	0.21
9	E1.9 Відкриті несередземноморські сухі кислі та нейтральні луки, включаючи пасовища внутрішніх дюн.	0.21
10	C3.2 Зарості очерету та високі гелофіти, окрім очерету, що обрамляють воду.	0.18
11	G1.1 Прибережні та галерейні ліси, з домінуючими <i>Alnus</i> , <i>Betula</i> , <i>Populus</i> або <i>Salix</i> .	0.15
12	H5.4 Сухі органічні субстрати із дуже рідкісною рослинністю або без неї.	0.11
13	G5.6 Природні та напівприродні ліси на ранній стадії заростання.	-0.04
14	E1.72 Луки із домінуванням видів <i>Agrostis</i> та <i>Festuca</i> .	-0.07
15	F9.1 Прирічкові чагарники.	-0.11
16	G4.7 Слабоацидофільні мішані сосново-дубові ліси.	-0.28
17	G1.9 Ліси з <i>Betula</i> , <i>Populus tremula</i> або <i>Sorbus aucuparia</i> .	-0.32
18	C2.3 Мезотрофні та евтрофні водотоки.	-0.39
19	G3.4 Соснові ліси.	-0.40
20	G5.8 Нещодавно повалені ліси.	-0.47
21	C2.33 Мезотрофна рослинність річок із повільною течією.	-0.56
22	G1.8 Ацидофільні дубові ліси.	-0.59

Тут виявилася висока позитивна вибірковість до водно-болотних об'єктів та негативна — до лісових біотопів.

5.2. Організація збору та аналітика інформації щодо біорізноманіття заповідних екосистем

Набір даних, які збираються через опитувальник «Фауна» (додаток ArcGIS Survey123), не покриває всього видового різноманіття, описаного для території ЧРЕБЗ. Розроблена форма включає в себе чотири класи із підтипу Хребетні (окрім риб). За межами форми знаходяться група безхребетних тварин, царство рослини та царство гриби, що складає доволі велику частку видів. Це пов'язано із нашою оцінкою компетентності співробітників щодо їх здатності виявляти та визначати окремі біологічні види. Під час співбесід та опитувань серед співробітників заповідника, які працюють у полі (науковий відділ та служба охорони ПЗФ), виявилось, що найбільш достовірну візуальну ідентифікацію у польових умовах вони можуть здійснити лише відносно фонових наземних хребетних тварин. На цій проблемі невідповідності кваліфікації співробітників ПЗФ вимогам до ведення Літопису природи вже наголошували фахівці [10].

У межах цього набору даних розподіл за класами хребетних виявив, що найбільша кількість фіксацій припадає на клас ссавців, другими йдуть птахи, а найменша кількість припадає на плазунів та амфібій (табл. 5.5). Різниця у кількості спостережень між кожним класом – від амфібій до ссавців – дорівнює одному порядку. Тобто, відмічена різка нерівномірність збору даних щодо таких систематичних одиниць на рівні класу.

Таблиця 5.5.

Розподіл фіксацій по класам хребетних

№	Клас тварин	Спостереження	
		Кількість	%
1	Земноводні	6	0,2
2	Плазуни	72	1,8
3	Птахи	996	30
4	Ссавці	2311	68

Розглянемо структуру даних у рамках кожного із класів. Клас Земноводні на території ЧРЕБЗ представлений 11 видами [57] (табл. 5.6). Це два види ряду хвостатих земноводних та дев'ять видів ряду безхвостих земноводних. Зроблено 5

фіксацій 6 видів, які належать до ряду безхвостих земноводних. Невелике охоплення видового різноманіття групи земноводних та низьку кількість фіксацій можна пояснити наступними причинами. Перша – невеликі розміри та прихований спосіб життя. Друга – активність протягом року обмежена теплим періодом. Третя – складність видової ідентифікації для співробітника без біологічної освіти або відповідної підготовки.

Таблиця 5.6.

Результати застосування опитувальника «Фауна» для класу Земноводних

Вид		Спостереження, кількість
Латинська назва	Українська назва	
<i>Bombina bombina</i> (L., 1761)	Червоночерева джерелянка	1
<i>Hyla orientalis</i> (Bedriaga, 1890)	Східна райка	1
<i>Bufo bufo</i> (Linnaeus, 1758)	Сіра або звичайна ропуха	1
<i>Rana temporaria</i> (L. 1758)	Трав'яна жаба	1
<i>Rana arvalis</i> (Nilsson, 1842)	Гостроморда жаба	2
<i>Pelobates fuscus</i> (Laurenti, 1768)	Звичайна землянка	0
<i>Bufo viridis</i> (Laurenti, 1768)	Зелена ропуха	0
<i>Pelophylax ridibundus</i> (Pallas, 1771)	Озерна жаба	0
<i>Pelophylax lessonae</i> (Camerano, 1882)	Ставкова жаба	0
<i>Lissotriton vulgaris</i> (L., 1758)	Звичайний тритон	0
<i>Triturus cristatus</i> (Laurenti, 1768)	Тритон гребінчастий	0

Клас Плазуни на території ЧРЕБЗ представлений 7 видами [57] (табл. 5.7). Зроблено 72 фіксацій 6 видів. Тут охоплення видового різноманіття групи високе: відсутній у опитувальнику лише один вид – ящірка живородна. Також більша кількість фіксацій, хоча плазуни за своїми особливостями біології та екології багато чим подібні до земноводних. Вони мають невеликі розміри, доступні до спостереження не весь період року, нерідко мають прихований спосіб життя. Водночас вони мають відносно амфібій більші розміри та характерний зовнішній вигляд, який дозволяє більш точно ідентифікувати видову приналежність тварини у польових умовах. Найбільша кількість спостережень припадає на черепаху болотяну (46%) та всі три види змій, які тут існують (43%).

Результати застосування опитувальника «Фауна» для класу Плазуни

Група, вид		Спостереження	
Латинська назва	Українська назва	Кількість	%
<i>Emys orbicularis</i> (L., 1758)	Черепаша болотяна	33	46
<i>Anguis fragilis</i> Linnaeus, 1758	Веретільниця ламка	2	3
<i>Lacerta agillis</i> Linnaeus, 1758	Ящірка прудка	6	8
<i>Zootoca vivipara</i> (von Jacquin, 1787)	Ящірка живородна	0	0
<i>Coronella austriaca</i> Laurenti, 1768	Мідянка звичайна	14	19
<i>Natrix natrix</i> (L. 1758)	Вуж звичайний	8	11
<i>Vipera berus</i> (L., 1758)	Гадюка звичайна	9	13

Видовий список класу Птахів для ЧРЕБЗ на 2023 рік представлений 230 видами (Додаток А). У опитувальнику «Фауна» зроблено 996 фіксацій 90 видів. Це менше половини при тому, що у штаті наукового відділу заповідника є професійний орнітолог. Розподіл видів у цій групі також є нерівномірним: 75% фіксацій припадає на 20 видів, 10% фіксацій припадає на 50% видів (рис. 5.4).

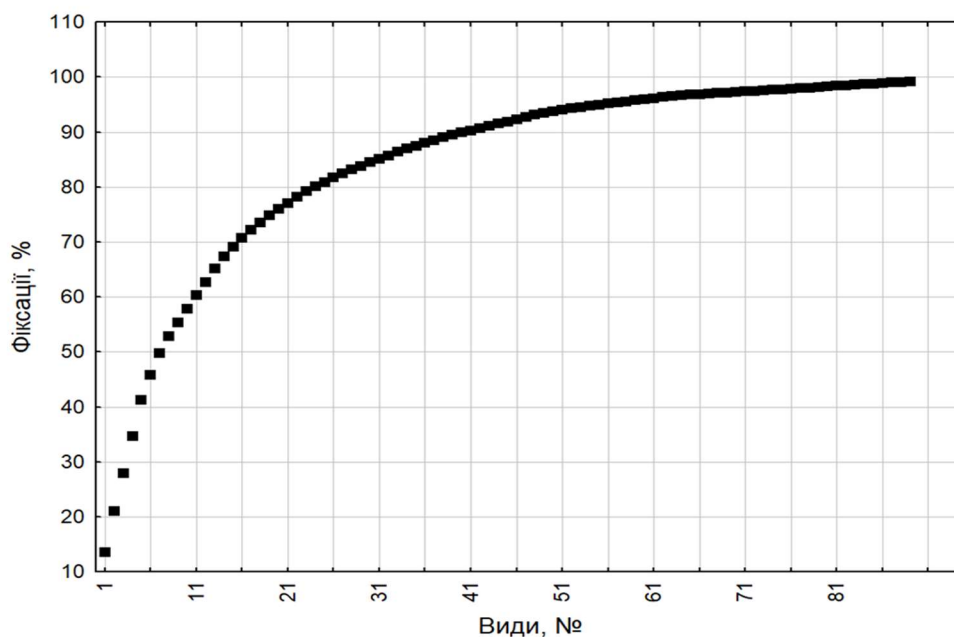


Рис. 5.4. Ранговий розподіл видів із кумулятивним процентом фіксацій для класу птахів

Група із 20 видів, на які припадає 75% фіксацій, складається переважно із птахів середнього та великого розміру, які викликають інтерес із точки зору охорони природи (ті, що знаходяться під охороною та види-індикатори). Інші 25%

видів представлені не тільки рідкісними, а й фоновими видами. Таким чином, ми бачимо недооцінку значення інформації щодо фонових видів.

Клас Ссавців у ЧРЕБЗ 58 видів [57] (табл. 5.9). У опитувальнику «Фауна» зроблено 2311 фіксацій 26 видів (Додаток Д1). Це біля половини видового складу.

Розподіл видів є нерівномірним: 82% фіксацій припадає на 24% видів (рис 5.5). Ця група видів складається із оленя європейського, лося європейського, сарни європейської та коня дикого; також вона включає бобра європейського та зайця сірого. Таким чином, співробітники фіксують у більшості випадків великих копитних – тварин, яких легко можна побачити та ідентифікувати навіть із великої відстані (100 метрів і більше). Бобер європейський та заєць сірий – фонові види, широко представлені на території ЧРЕБЗ.

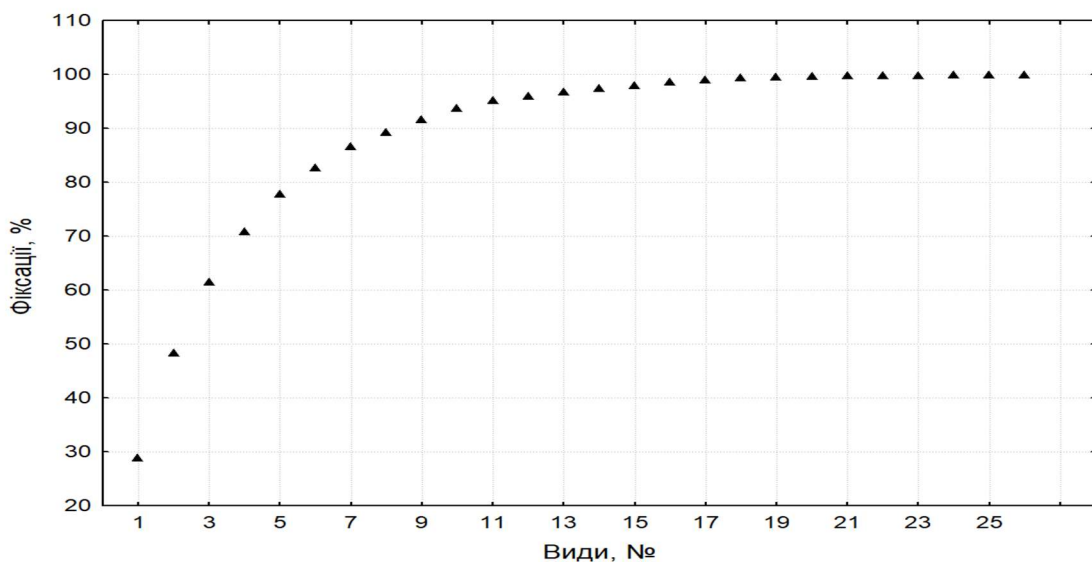


Рис. 5.5. Ранговий розподіл видів з кумулятивним процентом фіксацій для класу ссавців

Наступна за частотою фіксації група включає 38% видів, на яких припадає 16% фіксацій. Це переважно хижаки середнього та малого розміру: вовк сірий, лисиця звичайна, єнот уссурійський, свиня дика, борсук європейський, видра річкова, рись, куниця лісова, ведмідь бурий, лисиця. Зазначене свідчить про посилений інтерес до цієї групи з боку співробітників заповідника. Дика свиня до

2018 року — це був найбільш масовий вид копитних у ЗВіЗБ(О)В, однак внаслідок спалаху чуми свиней її популяція радикально зменшилась.

На десять видів, які складають 38% видового складу ссавців, припадає 1% фіксацій – їжак білочеревий, вивірка лісова, кріт європейський, заєць білий, куниця кам'яна, білозубка мала, зубр, миша хатня, ондатра мускусна, вечірниця мала. Це переважно малих розмірів ссавці, також види, які досить важко виявляти у природі без спеціального обладнання (мишоподібні гризуни та рукокрилі), та види із невизначним статусом (зубр та заєць білий).

Таблиця 5.9.

Результати застосування опитувальника «Фауна» для класу Ссавці

Група, вид		Спостереження	
Латинська назва	Українська назва	К-сть	%
<i>Cervus elaphus</i> (Linnaeus, 1758)	Олень європейський	659	28,87
<i>Alces alces</i> (Linnaeus, 1758)	Лось європейський	444	19,45
<i>Capreolus capreolus</i> (Linnaeus, 1758)	Сарна європейська	301	13,18
<i>Equus caballus</i> (Boddaert, 1785)	Кінь дикий	215	9,42
<i>Lepus europaeus</i> (Pallas, 1778)	Заєць сирій	157	6,88
<i>Castor fiber</i> (Linnaeus, 1758)	Бобер європейський	111	4,86
<i>Canis lupus</i> (Linnaeus, 1758)	Вовк сирій	92	4,03
<i>Vulpes vulpes</i> (Linnaeus, 1758)	Лисиця звичайна	61	2,67
<i>Nyctereutes procyonoides</i> (Gray, 1834)	Єнот уссурійський	52	2,28
<i>Sus scrofa</i> (Linnaeus, 1758)	Свиня дика	48	2,10
<i>Meles meles</i> (Linnaeus, 1758)	Борсук європейський	34	1,49
<i>Lutra lutra</i> (Linnaeus, 1758)	Видра річкова	19	0,83
<i>Lynx lynx</i> (Linnaeus, 1758)	Рись	17	0,74
<i>Martes martes</i> (Linnaeus, 1758)	Куниця лісова	14	0,61
<i>Ursus arctos</i> (Linnaeus, 1758)	Ведмідь бурий	14	0,61
<i>Mustela nivalis</i> (Linnaeus, 1766)	Ласиця	13	0,57
<i>Erinaceus roumanicus</i> (Barrett-Hamilton, 1900)	Їжак білочеревий	11	0,48
<i>Sciurus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)	Вивірка лісова	8	0,35
<i>Talpa europaea</i> (Linnaeus, 1758)	Кріт європейський	4	0,18
<i>Lepus timidus</i> (Linnaeus, 1758)	Заєць білий	3	0,13
<i>Martes foina</i> (Erxleben, 1777)	Куниця кам'яна	1	0,04

Група, вид		Спостереження	
Латинська назва	Українська назва	К-сть	%
<i>Crocidura suaveolens</i> (Pallas, 1811)	Білозубка мала	1	0,04
<i>Bison bonasus</i> (Linnaeus, 1758)	Зубр	1	0,04
<i>Mus musculus</i> (Linnaeus, 1758)	Миша хатня	1	0,04
<i>Ondatra zibethicus</i> (Linnaeus, 1766)	Ондатра мускусна	1	0,04
<i>Nyctalus leisleri</i> (Kuhl, 1817)	Вечірниця мала	1	0,04

Присутність виду в опитувальнику «Фауна» описують за допомогою десяти типів об'єктів: тварина, труп (залишки), слід, погризи (задіри), нора, гніздо, дамба, хатка, здобич або щось інше (табл. 5.10). Найбільша кількість типів об'єктів характерна для ссавців, найменша – для земноводних та плазунів. Незалежно від класу тварин спостерігачі надають перевагу фіксації живих тварин. Пояснити це можна як відсутністю знань та навичок для збору в природі непрямих ознак перебування тварини, так і особливостями збору інформації – нерідко це відбувається з автомобіля у русі чи під час нетривалих зупинок на території. Система пішого патрулювання території все ще недостатня розвинена, через малу кількість персоналу та ПНДВ. Непрямі ознаки присутності тварини домінують для видів, які ведуть прихований образ життя, – ведмідь, рись, борсук, видра.

Таблиця 5.10.

Розподіл типів об'єктів в опитувальнику «Фауна»

Типи об'єктів	Клас				
	Земноводні	Плазуни	Птахи	Ссавці	Загалом
Тварина	67	81	97,4	87	89
Труп, залишки	0	19	1,0	3,3	3,2
Слід	0	0	0	2,5	2
Погризи, задіри	0	0	0	3,8	3
Нора	0	0	0	1	1
Гніздо	0	0	0,4	0	0,4
Дамба	0	0	0	0,4	0,4
Хатка	0	0	0	0,7	0,3
Здобич	0	0	0	0	0
Інше	33	0	1,2	1,3	0,7

Важливий показник збору даних за допомогою опитувальника — це кількість його користувачів та динаміка збору даних. У цілому значення по роках мають тенденцію до зростання, за винятком 2022 року, коли територія заповідника була під окупацією, а після звільнення чисельність персоналу та можливості збору даних різко зменшилися.

Збором даних у полі займається дві групи користувачів – персонал наукового відділу та співробітники служби охорони ПЗФ. Доля даних, які збирали співробітники наукового відділу у 2020 році, на початку використання опитувальника «Фауна» склала 98%. У подальшому остання почала зменшуватися при загальному зростанні кількості даних. Це свідчить про розширення бази користувачів додатку (табл. 5.11).

Таблиця 5.11.

Розподіл користувачів в опитувальнику «Фауна»

Рік	Користувачі, науковий відділ, %	Користувачі, служба охорони ПЗФ, %	Кількість фіксацій на одного користувача
2020	98	2	573
2021	66	37	552
2022	73	27	191
2023	33	67	215
2024	28	72	293

Загальна кількість користувачів опитувальника «Фауна» за весь період його застосування складає 30 осіб. Їх внесок у збір даних має нерівномірний характер – 30% співробітників зібрали 90% фіксацій (рис. 5.6). Причин цьому є декілька. Перша – різний стаж роботи співробітників; друга – різний рівень користування додатком; третій – різний ступень доступу до роботи у полі. Утім цей показник має високу чутливість до регулюючих впливів. Навички користування додатком можна покращити шляхом проведення навчань та заохочування співробітників, які є активними користувачами. Із часом можна очікувати вирівнювання внеску співробітників у збір даних для додатку «Фауна».

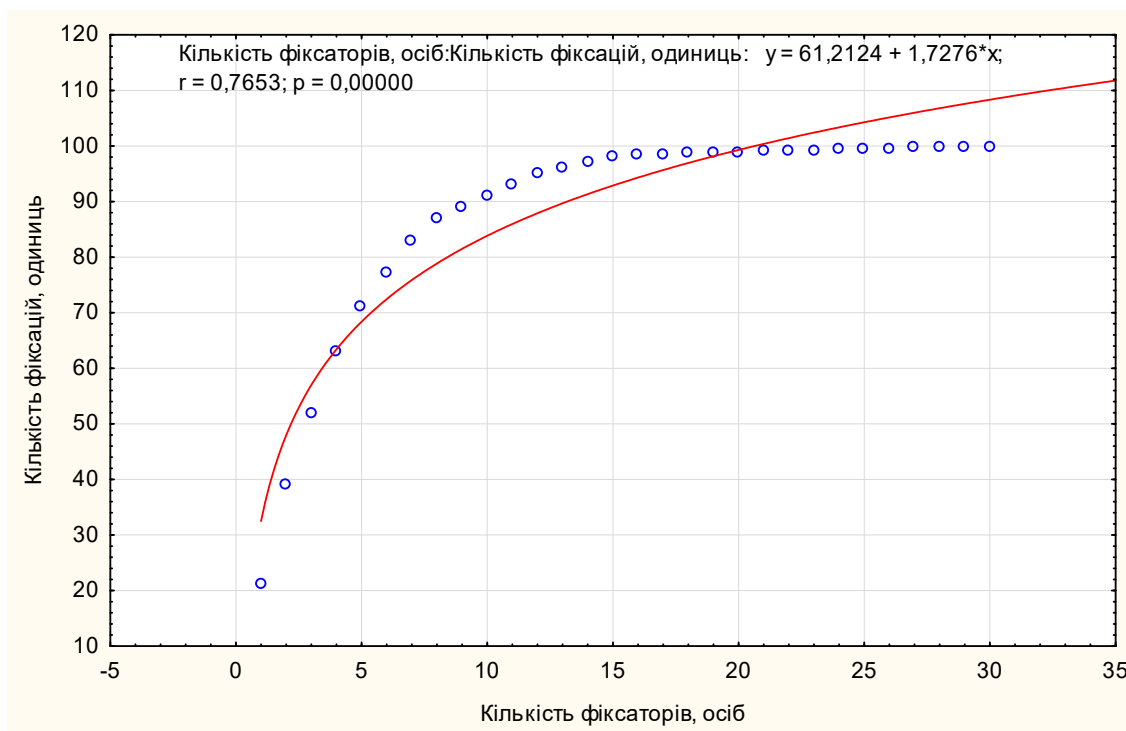


Рис. 5.6. Ранговий розподіл користувачів із кумулятивним процентом фіксацій

Іншим показником застосування опитувальника є розподіл фіксацій у часі.

Загальний набір даних розподілили по сезонах (табл. 5.12, рис. 5.7-5.10). Медіанне значення для всіх сезонів майже незмінне – 13 годин. Однак мода взимку та восени дорівнює 9 годинам, а навесні та влітку – 12 годин. Діапазони спостережень протягом доби найбільші влітку – 23 години, що можна очікувати, а в інші сезони — 17-19 годин. Даний показник має високу чутливість для випадкових подій. Більш коректним показником є діапазон між 10% та 90% центилем. Тут показана більш стабільна картина, де влітку і восени нижній показник менший – 6-7 годин. Загалом основна кількість спостережень, незалежно від сезону, збирається у робочий час.

Таблиця 5.12.

Показники часу фіксації в опитувальнику «Фауна»

Сезон	Медіана	Мода	Мінімум	Максимум	Процентиль 10%	Процентиль 90%
Зима	13	9	3	22	8	18
Весна	13	12	4	21	8	17
Літо	12	12	0	23	6	18
Осінь	13	9	3	20	7	18

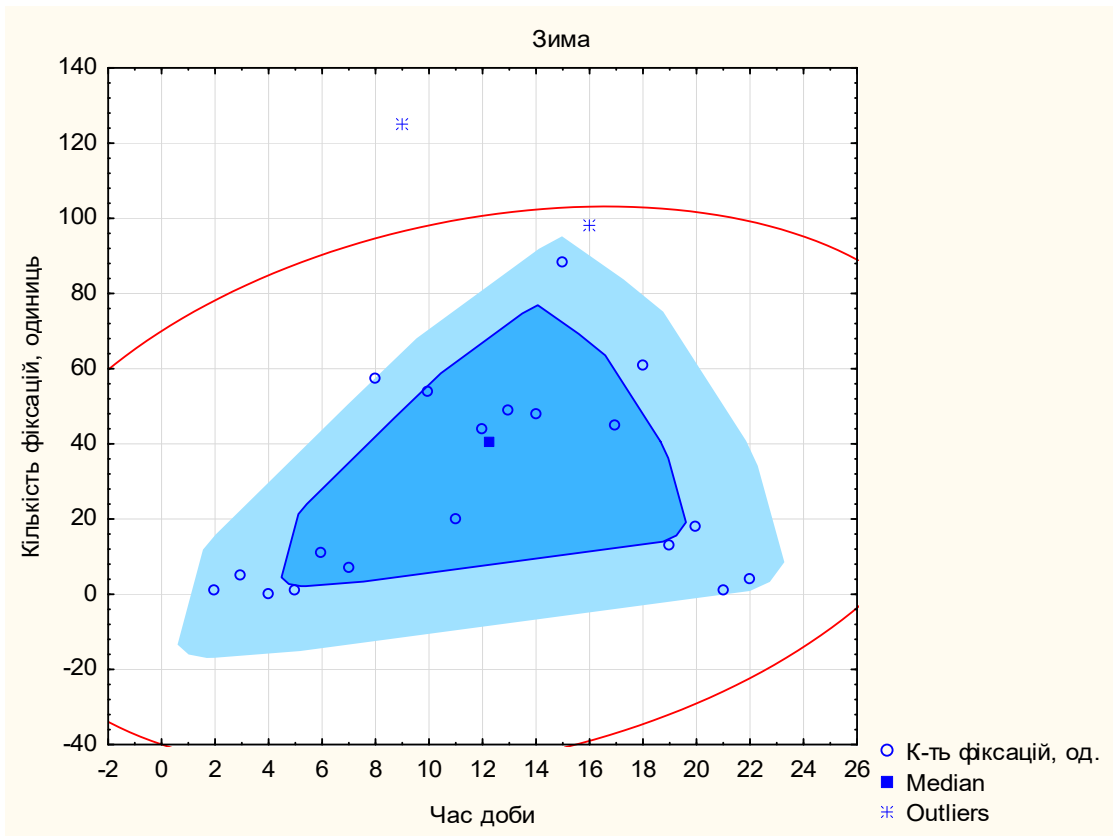


Рис. 5.7. Добовий розподіл фіксацій в зимовий період

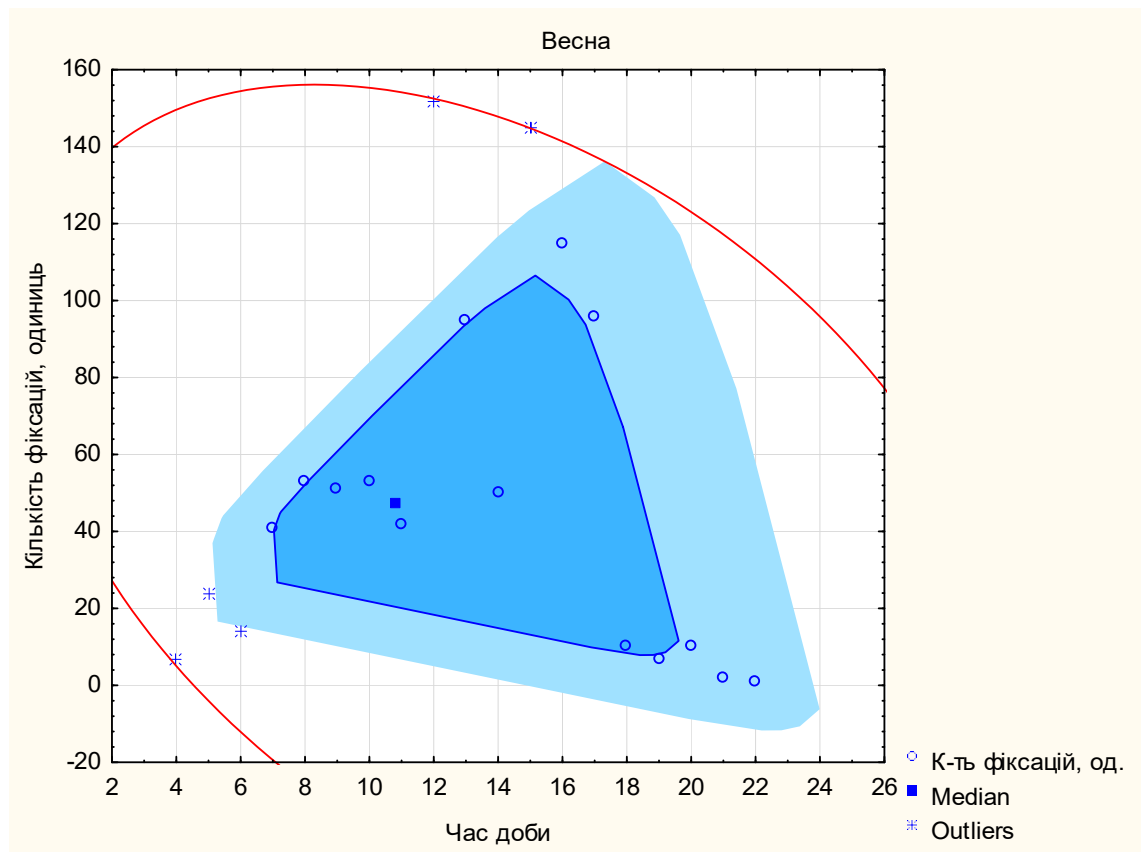


Рис. 5.8. Добовий розподіл фіксацій в весняний період

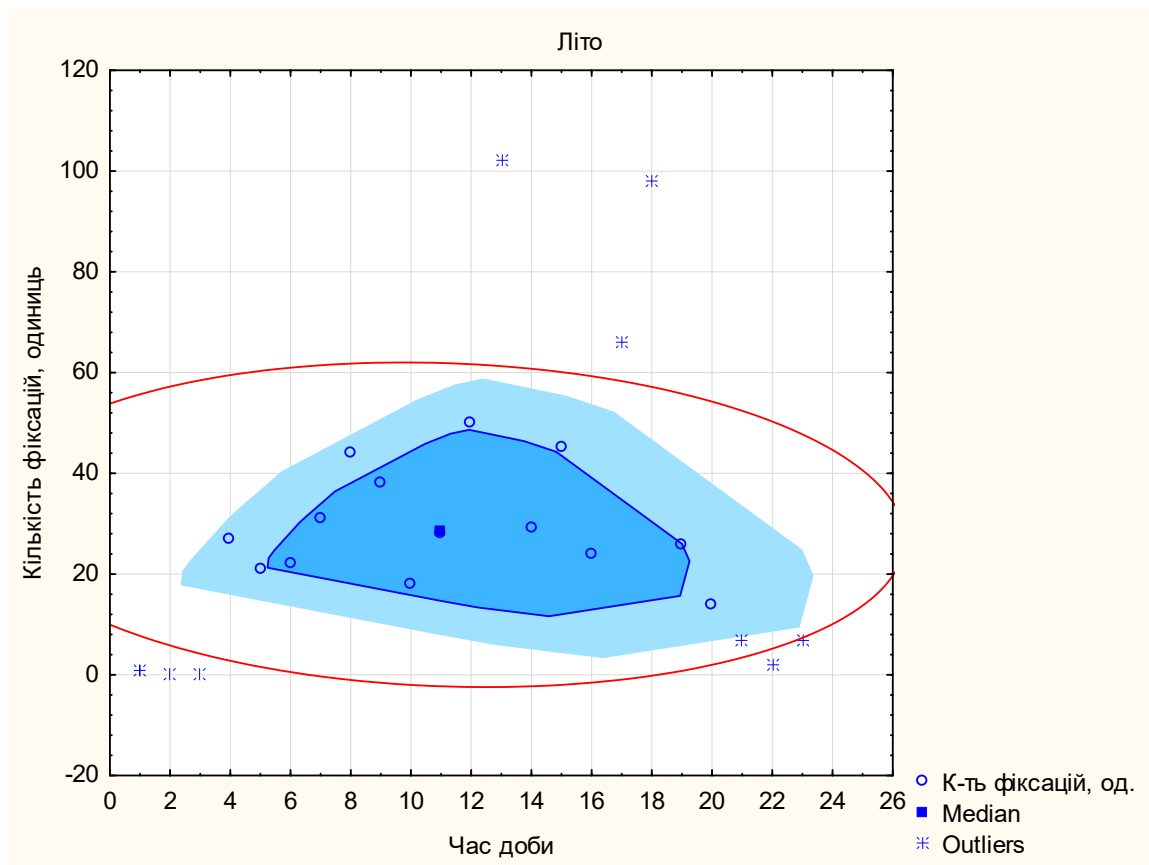


Рис. 5.9. Добовий розподіл фіксацій в літній період

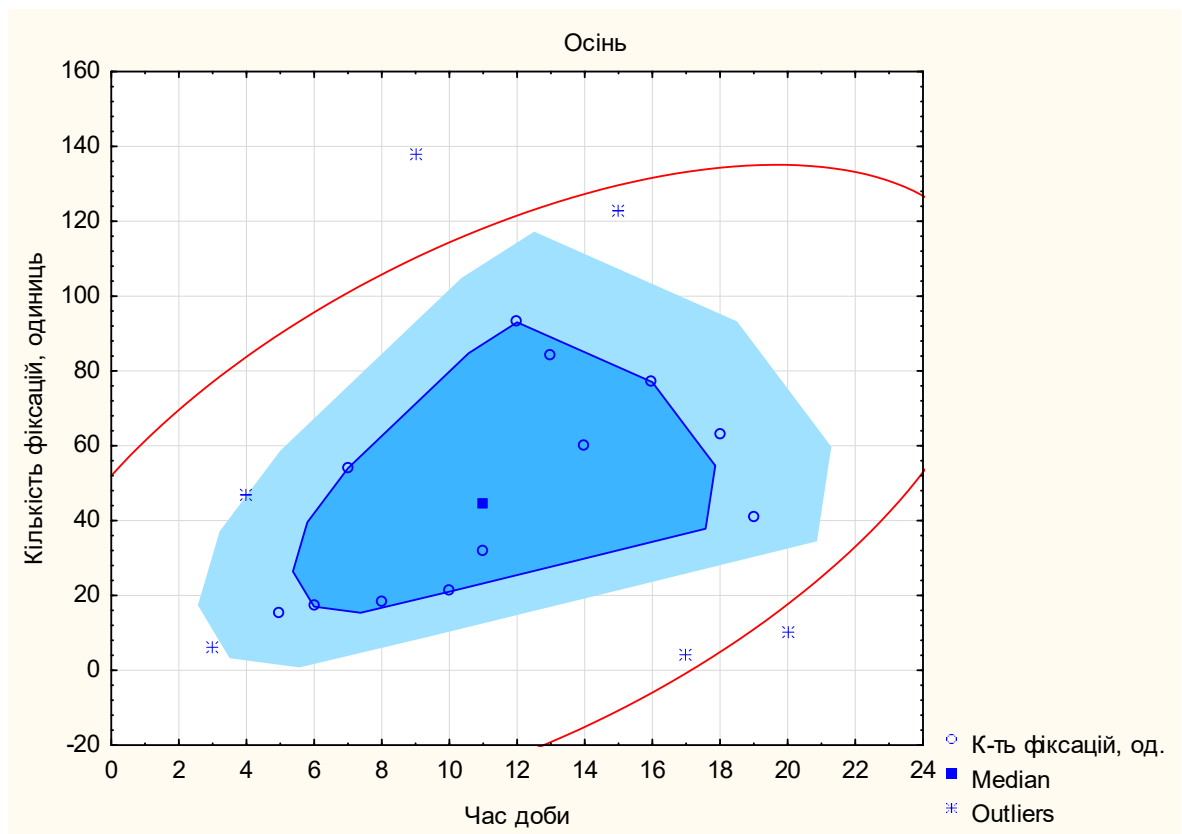


Рис. 5.10. Добовий розподіл фіксацій в осінній період

Вплив військових дій на природні комплекси у цілому та на об'єкти ПЗФ із початком повномасштабної російської агресії у 2022 р. став актуальним предметом дослідження. Результатом наукових розвідок вбачають оцінку втрат довкілля, які можна буде використати для обрахунку збитків. Це передбачає виявлення та ідентифікацію безпосередніх втрат та змін природних об'єктів, як-от: екосистем, оселищ, популяцій, окремих особин тощо. Однак бойові дії та інші явища військового стану впливають на якість управління природним середовищем, на забезпечення процесу збору інформації про нього [248]. Останнє довелося зафіксувати у Чорнобильському радіаційно-екологічному заповіднику.

ЧРЕБЗ, розташований на кордоні із Білоруссю, опинився на одному із ключових напрямків російського військового вторгнення в Україну у 2022 році. Через його територію проходили військові сили агресора, задіяні у наступі на Київ. Територія заповідника була повністю окупована протягом 24-25 лютого. Окупація тривала протягом 36 днів і закінчилася 1-го квітня. Бойові дії на території заповідника мали локальний, нетривалий та низькоінтенсивний характер. Переважно територія використовувалася як місце зосередження та транзиту військ. Інфраструктура заповідника постраждала від дій російських військових: розграбовано обладнання та викрадено транспортні засоби, пошкоджено будівлі тощо. Завдані установі збитки оцінюються у близько 2 млн. грн.

Більш складно оцінити зміни функціональних показників установи ПЗФ внаслідок втрат ресурсів. Після деокупації Київської області заповідник відновив свою роботу з урахуванням обмежень, накладених воєнним станом та наявністю кордону із Республікою Білорусь: розгортання сил оборони, обмеження пересування з вимог безпеки та секретності, забруднення території мінами та вибухонебезпечними предметами. Також зменшилася чисельність персоналу та тривалість перебування на території.

Оцінка цього впливу проводилася за даними додатку Survey123 від ArcGIS опитувальник «Фауна». Результати подані у таблиці 5.13, для порівняння було обрано набір даних за період з 01.04.2022 — 31.12.2022 рр. та набір за 2021 р.

Таблиця 5.13.

Порівняння показників опитувальника «Фауна» у 2022 та 2021 рр.

Показники		2022 (24.02.22-31.12.22)	2021	Відсоток від довоєнного рівня, %
Кількість полігонів		32	95	34
Кількість користувачів		6	11	55
Кількість спостережень	Загалом	133	840	16
	Ссавці	92	517	18
	Птахи	40	303	13
	Плазуни	1	20	5
	Земноводні	0	0	-
Кількість видів	Загалом	33	89	37
	Ссавці	11	20	55
	Птахи	15	53	28
	Плазуни	1	5	20
	Земноводні	0	0	-

Просторову доступність оцінювали за кількістю полігонів (розмір 5 × 5 км), в яких підсумовувалися точки фіксації тварин. У 2022 році кількість полігонів зменшилася на 34%, тобто дві третини угідь перестали бути доступними для співробітників з огляду на зазначені вище причини (рис. 5.11). Окрім того, майже наполовину (55%) зменшилася кількість користувачів додатку. Ці дві обставини пояснюють усі інші показники у таблиці 5.13. Загальна кількість фіксацій впала майже на порядок – 16% від 2021 року. Найменша кількість фіксацій припадає на плазунів – 5%, що можна було очікувати, враховуючи малу представленість цієї групи в опитувальнику за звичайних умов. Зменшився об’єм зафіксованого видового різноманіття. Так, загальна кількість зафіксованих видів зменшилася майже на дві третини – 37%. Кількість зафіксованих видів ссавців зменшилася вдвічі, птахів – втричі.

Видовий склад ссавців зменшився, втім набір видів, які складають основну кількість фіксацій, залишився незмінним – це чотири види копитних: кінь дикий, лось європейський, олень шляхетний та сарна європейська. У птахів зміни видового складу у наборі даних більш істотні. Набір 2022 року мав 15 видів, що являють собою, переважно, птахів великого та середнього розмірів.

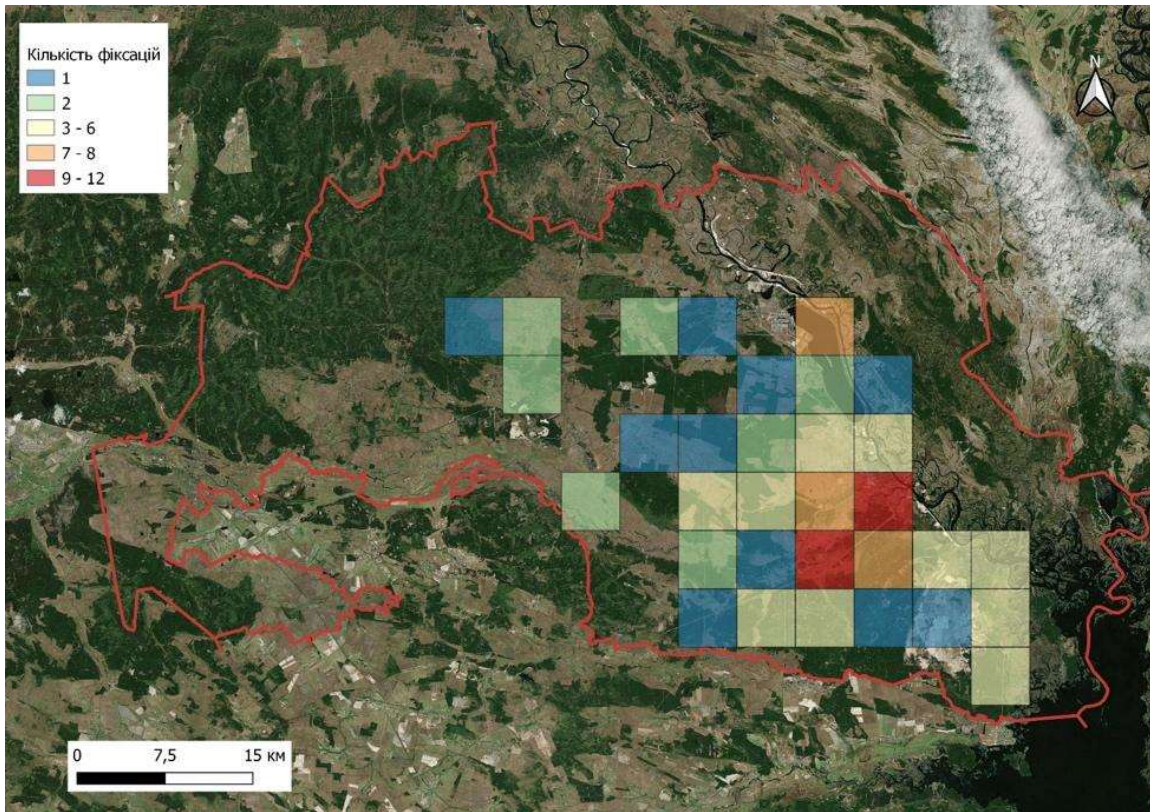
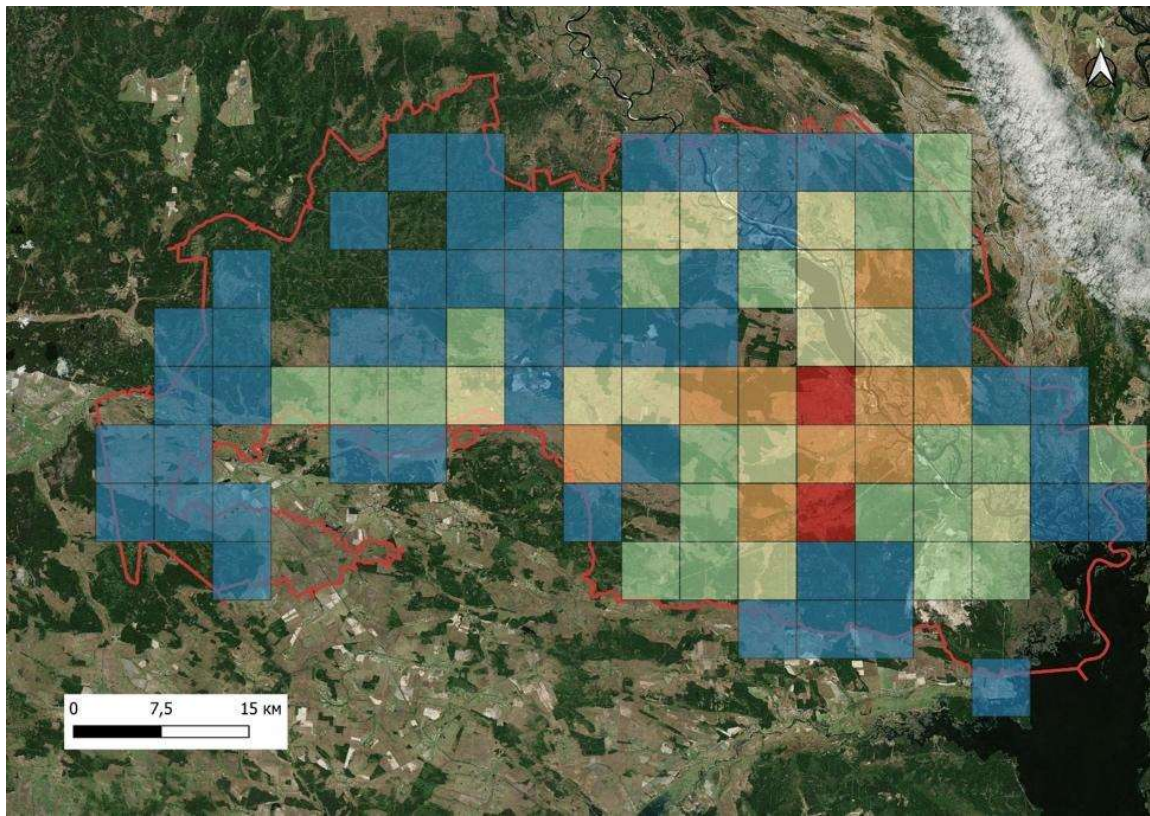


Рис. 5.11. Просторовий розподіл фіксацій опитувальника «Фауна» за 2021-2022 рр.

5.3. Створення карт придатності поширення видів на прикладі коней Пржевальського

Використання геоінформаційних систем (ГІС) у моделюванні розповсюдження видів надає необхідну інформацію для оцінки придатності території до їхнього проживання [121, 142]. Це дозволяє вирішити такі завдання, як оптимізація витрат для пошуку виду, підготовка заходів інтродукції або реінтродукції. Останнє завдання є важливим для об'єктів ПЗФ. Реінтродукція видів дозволяє не тільки відновлювати біорізноманіття, а й створювати нові типи оселищ. Це стосується ключових видів або «екосистемних інженерів» — видів, які в ході своєї життєдіяльності вводять в обіг велику кількість речовини та енергії, внаслідок чого утворюються мозаїки рослинного покриву у ландшафті [218, 232]. На європейському континенті до таких видів відносяться бобер, дикий кінь, європейський зубр. Діяльність дикого коня та зубра сприяє розрядженню лісового покриву, утворенню галявин, підтримці лучних екосистем. Відновлення популяцій таких видів викликає каскадний ефект змін в екосистемах.

У світі є багато місць, де були інтродуковані коні Пржевальського. Аналіз придатності у Монголії визначив такі національні парки, як Національний парк Хустай, Тахін Тал і Хомін Тал, ключовими місцями для реінтродукції та збереження коней Пржевальського [252]. Аналіз придатності розповсюдження коня Пржевальського є важливим інструментом, який природоохоронці та екологи використовують для оцінки потенційних місць існування, де цей зникаючий вид може процвітати [149, 150]. Такий аналіз допомагає визначити найбільш придатні території для реінтродукції, збереження та управління середовищем існування. Він використовує різні екологічні, біологічні та антропогенні фактори, щоб оцінити придатність різних регіонів для виживання коней Пржевальського. Kajiwara та ін. (2016) використали підрахунок калу з 48 випадково вибраних польових ділянок, щоб побудувати узагальнену лінійну модель (GLM), яка допомогла їм з'ясувати фактори впливу на те, як коні використовують своє середовище існування [156]. Модель визначила кількість фекалій, підрахованих на кожній ділянці, як залежну змінну, і включила сім пояснювальних змінних, які могли вплинути на

використання середовища існування кіньми Пржевальського: відстань до річки, відстань до лісу, відстань до дороги, схил, перепад висоти із навколишнім середовищем, кількість рослинних угруповань, наявність домінуючих категорій кормових рослин.

Чжан та ін. (2024) підкреслюють важливість вивчення міжвидових взаємодій у реінтродукції дикої природи, звертаючи увагу на помітну просторову кореляцію між кіньми Пржевальського та *Nyalomma asiaticum* на пустельних луках [100].

Розробка карт придатності для Чорнобильської зони відчуження є важливою на сьогодні. Ми включаємо майбутні сценарії зміни клімату у дослідження придатності, щоб прогнозувати ймовірні зміни середовища проживання із часом. Це допомагає визначити території, які можуть продовжувати підтримувати коней Пржевальського, коли глобальні температури підвищуються та зміниться структура опадів [129].

У 2023 році дослідження на території заповідника та зони відчуження зафіксовано приблизно 5 гаремних груп чисельністю від 3 до 15 осіб. До гарему входять жеребець (вожак), кобили, однорічні жеребці, лошата цього року. В околицях сіл Черевач і Корогод живуть двоєдині у складі одного жеребця та однієї кобили. Вони виступають вихідною основою для створення нових гаремних угруповань.

Перш за все, у дослідженні ми урахували зв'язок із висотою поверхні над рівнем моря, оскільки більшість джерел інформації повідомляє, що коні віддають перевагу рівнинним або помірно похилим ділянкам (рис. 5.12). Харчові переваги цих тварин і потреба у захисті від хижаків сприяють такій поведінці.

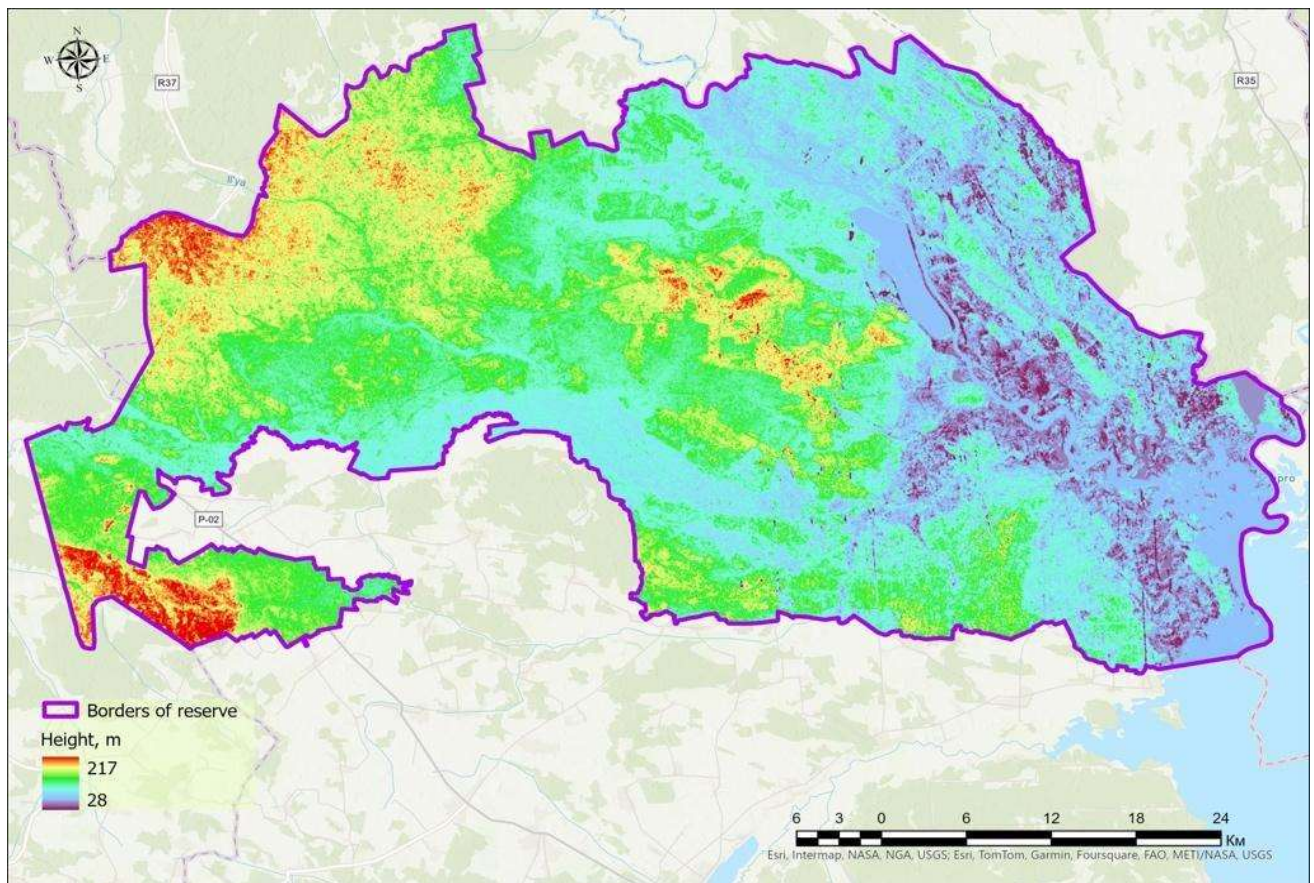


Рис. 5.12. Карта рельєфу території ЧРЕБЗ

Фактором, що впливає на розподіл коней Пржевальського, є близькість до проїжджих частин. Відстань від доріг може суттєво вплинути на розподіл і поведінку коней Пржевальського та інших видів дикої природи. Численні автори наголошували на цьому у своїх працях [152, 265]. Основними причинами є підвищений шум і порушення середовища проживання. Значення 7 кількісно доводить важливість близькості до доріг. Дороги, зазвичай, пов'язані із підвищеним рівнем шуму та людською діяльністю, що може відлякувати дику природу та змушувати її уникати певних регіонів (Додаток В1).

Коні Пржевальського, як і багато інших тварин, надають перевагу тихим і ізольованим від людського втручання місцям, де їх природне середовище існування мінімально порушене. Дороги можуть порушити природне середовище існування, обмежуючи регіони, доступні для пересування коней і пошуку їжі. Це призводить до ізоляції популяцій, що може зменшити генетичне різноманіття та поставити під загрозу довголіття виду. Зона відчуження водночас стикається із рівноцінною

насиченістю дорожнього руху. Спостереження свідчать, що коні у цій місцевості більш схильні шукати придорожні фітоценози, тоді як інші тварини використовують для пересування проїжджу частину (Додаток Б). Статистичні дані із зони відчуження підтверджують це, підкреслюючи браконьєрство та зіткнення транспортних засобів як основні ризики для цих видів.

Відстань від водойм також є важливим фактором впливу на розподіл і поведінку коней Пржевальського, оскільки вода є основним ресурсом для виживання будь-якої дикої тварини [150, 258]. Зокрема, автори зазначають, що коні Пржевальського, як і більшість травоїдних, потребують регулярного доступу до питної води. Коней Пржевальського, можливо, доведеться зосередити біля джерел води в районах із обмеженими водоймами [104]. Залежно від кліматичних умов у певну пору року доступність води може бути меншою. Особливо вони страждають у періоди сезонних пожеж. У таких випадках коні можуть мігрувати ближче до водойм, особливо в посушливі сезони, коли природні джерела води, такі як струмки та озера, висихають.

Наявність води може впливати на репродуктивність коней. Самки, які потребують додаткових ресурсів, таких як вода, для підтримки себе та свого потомства, як правило, залишаються поблизу водних тіл [114]. Спостереження з 2018 по 2023 роки показали, що концентрація популяції поблизу водойм особливо помітна у періоди спарювання та вирощування потомства. Окрім того, близькість до водного середовища, як правило, пов'язана із підвищенням біорізноманіття та стійкішими екосистемами, що дає коням кращий доступ до їжі та притулку. Отже, водосховища забезпечують потреби у воді, а також покращують середовище для існування. Спостереження за кіньми Пржевальського в зоні відчуження засвідчили їх регулярне перебування у заплавах, особливо на першій терасі. Відтак, ми оцінюємо близькість до водойм як суттєво важливу, оцінюючи її в 7 балів (Додаток В2).

Отже, ми включили близькість до водойм як фактор на картах придатності разом із відстанню від доріг. Ми використовуємо ідентичну процедуру обробки даних для перетворення векторних даних, що стосуються розташування пластів у

зоні відчуження, у растровий формат після перетворення їх за допомогою функції MSLarge.

Конкуренція за ресурси між кіньми Пржевальського та оленями в зоні відчуження є переконливою темою, оскільки обидва види мають аналогічні потреби, населяючи дещо відмінні екологічні ніші [216].

Коні та олені Пржевальського є травоядними, однак мають відмінності у харчуванні. Коні здебільшого пасуться на траві, тоді як олені, окрім трави, також активно їдять молоді пагони, гілки та листя дерев і кущів [252, 264].

Це свідчить про те, що коли їжі багато, конкуренція може зменшитися, оскільки кожен вид зосереджується на різних регіонах доступної флори. У зимовий період, коли рослинність мізерна, конкуренція за пасовища може загостритися. Взимку сніг обмежує доступ до трави та іншої рослинності, що викликає посилення конкуренції за харчові ресурси між кіньми Пржевальського та оленями. Олені можуть розкошувати у лісистих регіонах, споживаючи гілки та кору дерев. Це дає явну перевагу в суворі зимові місяці, коли трава під снігом стає недоступною для коней.

Суперництво між видами у зоні відчуження аналогічно сценаріям у національних парках Монголії та в інших країнах, які запровадили політику охорони навколишнього середовища, згідно з якою зменшення людської діяльності сприяє відновленню природних екосистем. У заповідниках США, де співіснують коні та олені, відмінності в харчуванні та середовищі існування пом'якшують значні конфлікти [110].

Цілорічний облік коней Пржевальського засвідчує, що конкуренція із іншими копитними, особливо взимку, може суттєво вплинути на їх поширення. Отже, включення коефіцієнта поширення плямистого оленя у карти придатності є цілком виправданим (Додаток В3).

Потенційними хижаками для коней Пржевальського у зоні відчуження Чорнобильської АЕС є вовки (*Canis lupus*). Основою для побудови серії карт придатності стала документація присутності вовка на території з 2022 по 2024 роки. Тим не менш, коні Пржевальського, будучи великими істотами, володіють

груповими стратегіями захисту від хижаків, включаючи табунство, що зменшує ймовірність нападу. Поведінкові реакції та властива обережність змушують їх уникати місць із очевидними ознаками небезпечних істот. У системі побудови карти придатності цьому фактору присвоюється оцінка 3.

Хижаків нерідко переслідують здобич у певних місцевостях, таких як густі ліси, або на периферії водних середовищ, де легше приховати їх існування. Коні Пржевальського можуть уникати цих регіонів, віддаючи перевагу відкритим степам або рівнинним місцевостям, що впливає на їх просторовий розподіл. Природні хижаки можуть впливати на розмір популяції стада. Зменшення популяції коней внаслідок хижацтва може обмежити їх здатність розширювати ареали проживання, оскільки зменшені популяції, як правило, мешкають на вузьких територіях. Існування хижаків має вирішальне значення для підтримки екологічної рівноваги. Це природний метод управління популяціями травоядних тварин, таких як коні Пржевальського, який сприяє збалансованому використанню природних ресурсів і справедливому розподілу тварин на великих територіях (Додаток В4).

До того ж на карті зображені деталі розміщення коней Пржевальського у зоні відчуження. Вважається, що ці дані пом'якшують потенційний вплив інших факторів на відбір коней Пржевальського у заповідниках із особливими вимогами (Додаток В5).

Карта придатності створена на основі карти ландшафтного покриття, зробленої нами на попередніх етапах дослідження (рис. 4.1.) [237]. За допомогою функції MSLarge ми трансформували растрове зображення (рис. 5.13). Ми використали дані дистанційного зондування, супутникові зображення та екологічні моделі, щоб розробити карту придатності, яка включає вищезазначені параметри. Люди в усьому світі використовують ці карти з метою точного визначення перспективних територій для реінтродукції видів у дику природу, наприклад, у національних парках Монголії чи Чорнобильській зоні відчуження в Україні. Коні Пржевальського можуть використовувати це визначення, щоб розрізнити місця, зручні для їх подорожей під час пожеж.

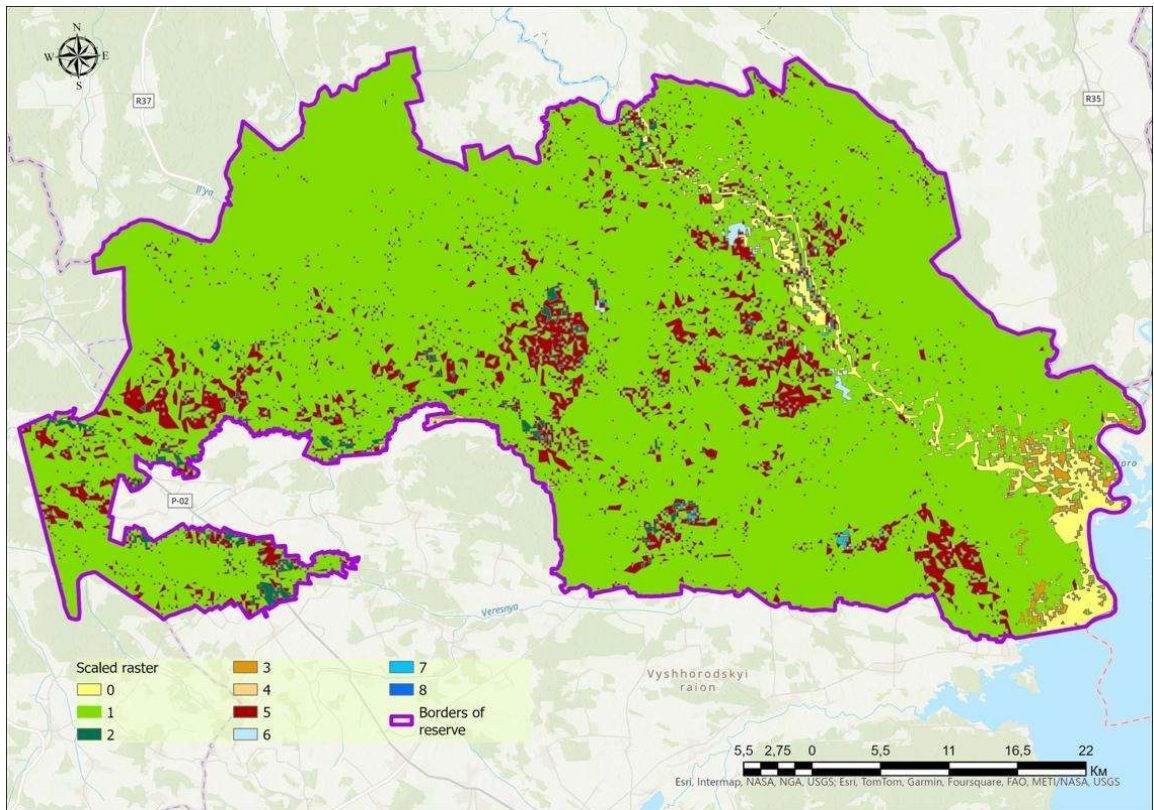


Рис. 5.13. Растрова трансформація карти ландшафтної структури за функцією MSLarge

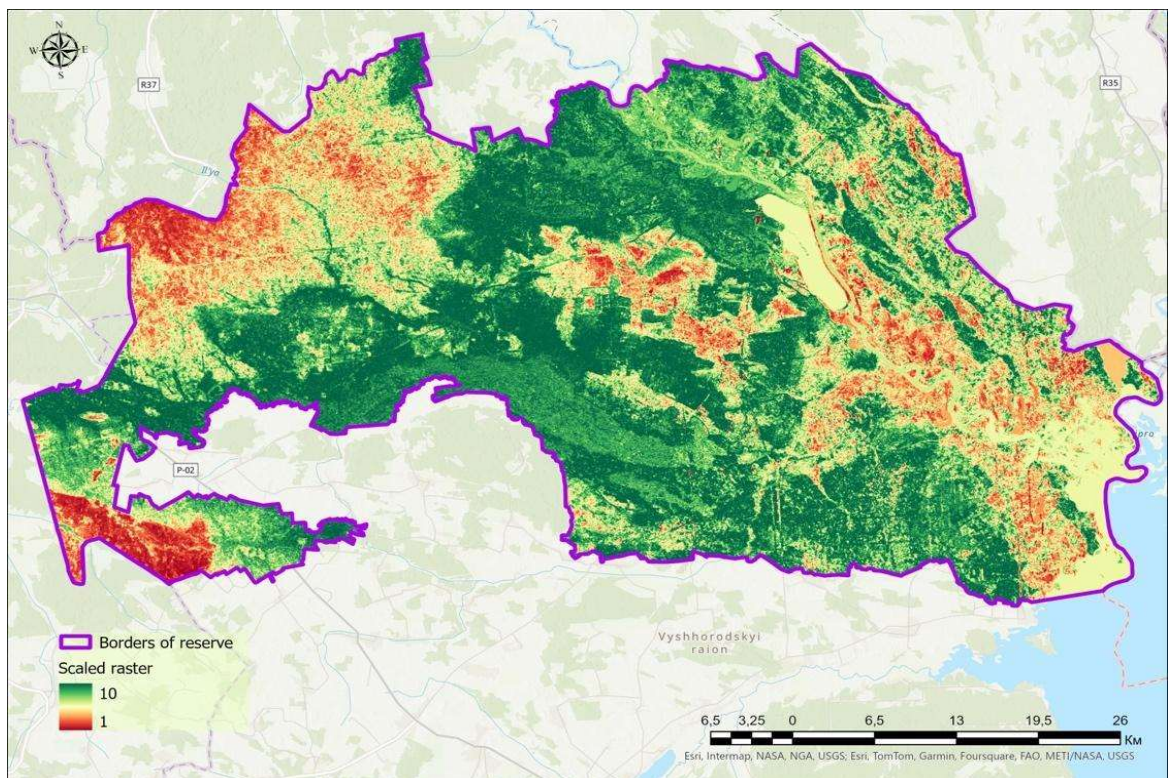


Рис. 5.14. Карти із зображенням ландшафтного покриття з використанням моделей впливу компонентів середовища.

Отже, об'єднавши супутникові зображення, перетворені на карти ландшафтного покриву з екологічними моделями, які враховують близькість до автомагістралей, існування водойм і наявність конкурентів за їжу та хижаків, ми створили карту придатності (рис. 5.14).

Було порівняно отриману фітнес-карту із фактичними результатами реєстрації коня Пржевальського. Рис. 5.15 ілюструє кореляцію між фактичними фіксаціями коней та очікуваними ідеальними місцями для розподілу коней Пржевальського. Подальший кластеризаційний аналіз екосистем дозволив нам визначити найбільш прийнятні території для проживання та розмноження коней Пржевальського. Оптимальні середовища існування окреслено на рис. 5.16: регіони з відповідними пасовищами, водними ресурсами, обмеженим втручанням людини та достатньою кількістю рослин для існування.

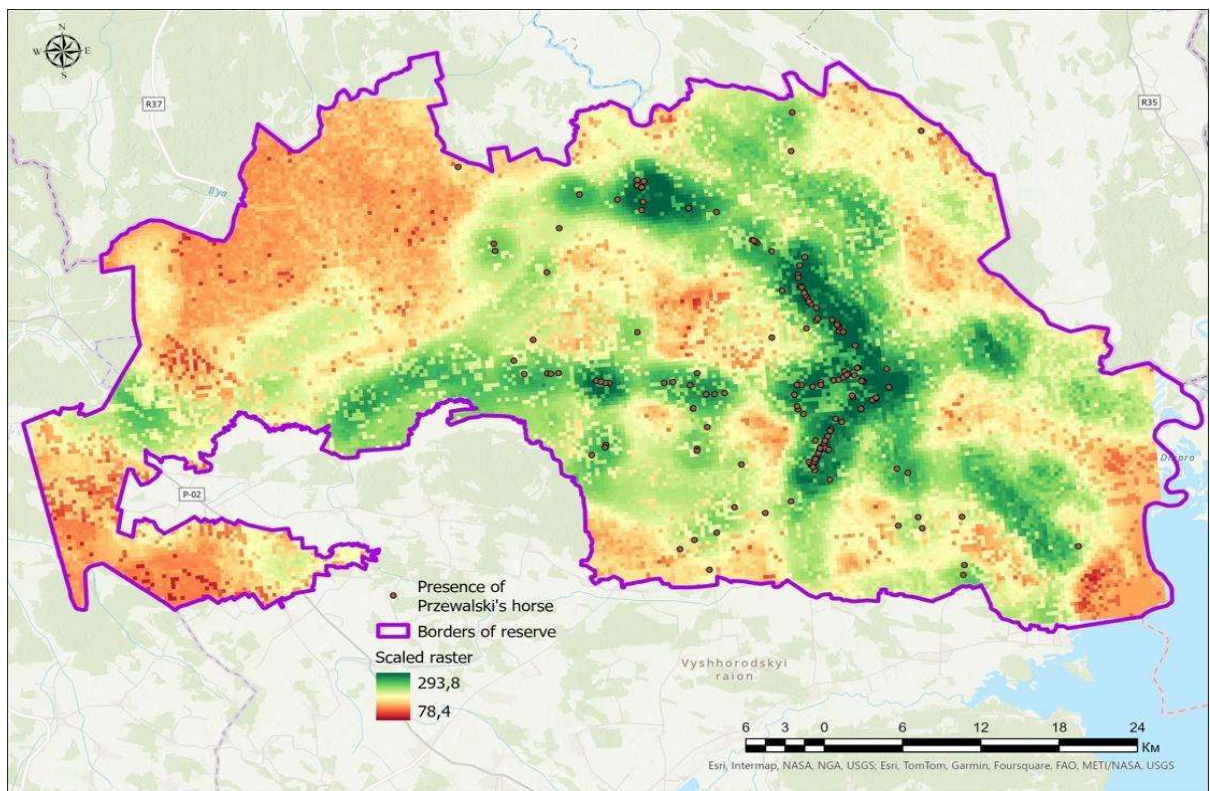


Рис. 5.15. Карта придатності з місцями фіксації фактів наявності коней Пржевальського

Карта придатності дозволяє оцінити різноманітність навколишнього середовища, а саме — різні екосистеми, які впливають на виживання та репродуктивний успіх цих видів.

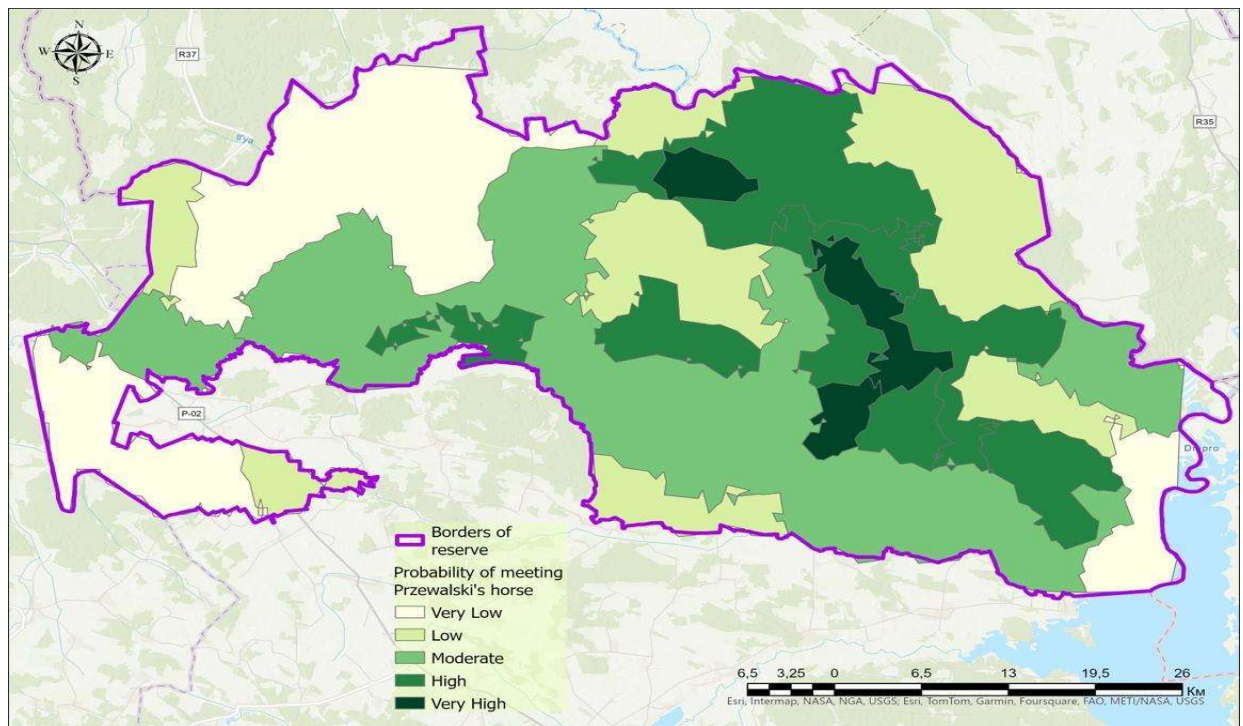


Рис. 5.16. Кластери прийнятності зон розселення коней Пржевальського у межах ЧРЕБЗ.

Відкриті луки або регіони зі зменшеним лісовим покривом можуть бути більш сприятливими для коней, оскільки пропонують доступ до корму. Таким чином, ця територія наразі має можливість збільшити ареал коней приблизно на 350 квадратних кілометрів.

Геоінформаційні дослідження умов існування вказують на те, що ідеальні регіони існування знаходяться переважно у середній частині заповідника. Коні Пржевальського потенційно можуть розширити своє середовище проживання за межі існуючої території.

Таким чином, агрегація середовищ існування служить ключовим інструментом для розуміння того, як коні Пржевальського звикають до доступного середовища та використовують його. Використовуючи кластеризовані дані, дослідники можуть контролювати екосистеми, вибрані кіньми Пржевальського для проживання. Кластеризація полегшує вивчення того, як саме ці процеси впливають на коней Пржевальського, дозволяючи нам визначити, які типи рослинності та середовища існування є найбільш сприятливими на різних етапах відновлення території. Ідентифікація кластерів допомагає оптимізувати захисні заходи, спрямовані на збереження популяції коней Пржевальського.

Висновки до розділу 5

Використання електронних форм збору первинної наукової інформації в об'єктах ПЗФ дозволяють більш ефективно і доступно її зберігати, ніж інші традиційні методи. Однак, досвід використання додатку засвідчив його обмеженість щодо збору інформації про біорізноманіття у цілому. Більша частка даних припадає на відносно невелику кількість видів, які можуть бути без зайвих зусиль візуально ідентифіковані спостерігачем. Підготовлені фахівці надають перевагу рідкісним або цікавим із наукової точки зору видам, ігноруючи фонові.

Аналіз застосування опитувальника «Фауна» для збору даних про біорізноманіття на території ЧРЕБЗ показав, що система ефективно виконує функцію фіксації даних про хребетних тварин, зокрема наземних ссавців і птахів, які є найбільш доступними для спостереження польовими співробітниками. Водночас помічено значну нерівномірність у представленні класів тварин, що зумовлено різними екологічними та поведінковими характеристиками видів, а також рівнем кваліфікації користувачів.

Основними досягненнями є висока активність у зборі даних по ссавцях і птахам, що становлять 98% усіх фіксацій. Найбільша увага приділяється великим копитним та хижим ссавцям, а також середнім і великим птахам, яких легко ідентифікувати. Відмічено динамічне зростання кількості фіксацій у перші роки впровадження системи, що вказує на поступове розширення її використання серед співробітників. Перевагою системи також є використання непрямих ознак для виявлення важкодоступних або рідкісних видів, таких як ведмідь, рись чи борсук, що дозволяє отримувати інформацію навіть за відсутності прямих спостережень.

Просторовий та часовий розподіл точок фіксації даних вказує на суттєвий вплив поведінки співробітників території на збір даних. Зокрема, виявлено низку факторів, які забезпечують високу концентрацію спостережень у просторі: наявність доріг, об'єктів інфраструктури, типів ландшафту. Розподіл фіксацій протягом доби вказує, що основна кількість даних збирається у робочий час. Внесок у збір даних співробітників різко нерівномірний – 30% співробітників зібрали 90% фіксацій.

Військовий стан та тимчасову окупацію території заповідника можна розглядати як ситуацію обмеження ресурсів і функціональних можливостей

установи. Застосування додатку дозволило отримати чисельні показники такої зміни функціонування установи. Для ЧРЕБЗ це випадіння із зони доступу третини території та половини спостерігачів, що призвело до істотного зменшення зафіксованої кількості видів та особин. Аналіз масиву геопросторових даних дозволив виявити «ефект спостерігача» — вплив поведінки співробітників на збір первинних даних.

Майбутні сценарії зміни клімату включено у дослідження придатності для прогнозування потенційних змін середовища проживання із часом. Це допомагає визначити території, які можуть продовжувати підтримувати коней Пржевальського, коли глобальні температури підвищаться та зміниться структура опадів. Моделі ГІС, створені у результаті дослідження, можуть прогнозувати ймовірні майбутні екосистеми, враховуючи зміни навколишнього середовища та ініціативи щодо збереження.

Карти придатності середовищ існування ілюструють регіони, де коні Пржевальського мають найбільшу ймовірність виживання та розмноження на основі аналізу багатьох природних та антропогенних факторів. Результати свідчать про те, що, виходячи з геоінформаційного аналізу умов існування, ідеальні регіони проживання переважно розташовані у середній частині заповідника.

У системи є кілька недоліків, які ще потребують удосконалення. Насамперед це обмежений видовий склад даних: велика частка видів, зокрема безхребетних, рослин і грибів, залишається поза охопленням опитувальника через відсутність відповідних знань та досвіду у співробітників; низька представленість земноводних та плазунів, що пояснюється складністю їх виявлення у природі, обмеженим періодом активності та невеликими розмірами; нерівномірність внеску користувачів у збір даних, зумовлена різним рівнем підготовки, доступом до території та тривалістю роботи; а також вплив зовнішніх факторів, таких як військові дії, що значно обмежили можливості збору даних у 2022 році, обмеживши доступну для досліджень територію, кількість користувачів та фіксацій.

Основні положення даного розділу висвітлені у публікаціях [1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16].

РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ПОРУШЕНЬ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Поняття «порушення режиму ПЗФ» має широкий спектр дій — від перебування візитерів на ділянках з обмеженим доступом до таких, що призводять до знищення окремих компонентів природних комплексів та порушення природного середовища. При цьому набір порушень є доволі специфічним для кожного об'єкту ПЗФ. Також окремі типи порушень мають особливу локалізацію у просторі та часі. Проблема «порушення режиму ПЗФ» у національних дослідженнях не актуалізована. Переважна більшість наукових розвідок стосується браконьєрства у площинах завдання шкоди мисливському господарству або порушення екологічного права [11, 21, 48, 49, 50, 64, 66, 74]. Таким чином, інформація щодо порушень збирається як практичне знання на рівні служб та керівництва окремого об'єкту ПЗФ. Утім, воно не зберігається, не кодифікується, не має процедур застосування. У ряді країн (США та Європи, Африки та Азії) розглядають порушення режиму як окремий об'єкт дослідження [88, 143, 154, 159, 238, 249]. Уведення до простору дослідження цього феномену дозволить підвищити якість інформацій про нього та, відповідно, якість управління у сфері охорони ПЗФ.

ЧРЕБЗ засновано у 2016 році. Це молода установа, яка створювала свої функціональні підрозділи, не спираючись на досвід роботи інших установ. Особливо це стосувалося забезпечення режиму ПЗФ. Статистика порушень у частині нелегального використання природних ресурсів, яка велась правоохоронними органами до створення заповідника, мала численні вади: не було вказано місце добичі, кількість вилучених ресурсів та обставини. За таких умов для зменшення невизначеності і створення ефективної системи служби охорони ПЗФ було організовано збір інформації про порушення режиму ПЗФ. У 2020 році за підтримки Поліського державного університету був уведений у дію мобільний додаток ArcGIS Survey123 для потреб співробітників ЧРЕБЗ, засобом якого збирається емпірична інформація про порушення режиму ПЗФ на території

заповідника. У подальшому результати аналізу інформації були покладені в основу організації роботи служби охорони ПЗФ.

Пропонується розглядати більшість випадків порушення режиму ПЗФ як форму використання природних ресурсів. Це стосується об'єктів тваринного та рослинного світу, корисних копалин, земельних ресурсів, а також рекреаційних та інших можливостей. Процеси видобутку ресурсів, зазвичай, здійснюються невеликими групами із використанням відносно простих методів.

Водночас деякі правопорушення – такі як лов риби, збір ягід та грибів – носять ознаки професійної злочинності. Ресурсний підхід дозволяє конкретизувати зміст поняття «порушення режиму ПЗФ» для окремого об'єкта ПЗФ та окремих його ділянок. Це важливо, оскільки різні «ресурси» або порушення вимагають різних заходів з боку служби охорони. Пропонується для кожного об'єкту ПЗФ провести аналіз ситуації з метою виявлення таких її елементів: ресурсів, які реально або потенційно можуть бути предметом нелегального видобутку (їх просторовий та часовий розподіл); груп людей, які можуть реалізовувати цей видобуток ресурсів; інфраструктури, яка забезпечує видобуток ресурсів. Для збирання інформації про ресурси застосовуються ряд методів: наукові дослідження та описи, експертна оцінка, геоінформаційний аналіз. Нижче наведено результати аналізу ресурсів для ЧРЕБЗ.

Перший елемент аналізу стосується природних ресурсів, які стають мішенню незаконної діяльності. Серед тваринних ресурсів виділяють три основні групи: риба, великі копитні (зокрема їхні деривативи) та хутрові звірі.

До групи великих копитних входять:

- Чотири види оленеподібних: лось європейський (*Alces alces*), олень благородний (*Cervus elaphus*), сарна європейська (*Capreolus capreolus*), свиня дика (*Sus scrofa*).
- Один вид конеподібних: кінь дикий (*Equus ferus*).
- Один вид бикових: зубр європейський (*Bison bonasus*).

Під час аналізу стану популяції великих копитних використовувалися дані фотомоніторингу великих ссавців за 2018 рік, а також записи співробітників заповідника у системі збору даних ArcGIS Survey123 за 2020–2024 роки.

До аналізу не включали Коня Пржевальського (*Equus przewalskii caballus*), оскільки у дослідному періоді він не був пріоритетним об'єктом незаконного полювання. За весь період його інтродукції (з 1998 року) зафіксовано лише один випадок полювання та одне потрапляння у пастку, встановлену бракон'єрами на оленя у 2020 році. Не включено також Зубра європейського (*Bison bonasus*) через обмеженість даних щодо його присутності у зоні відчуження. Водночас чисельність цього виду в Україні за останні 30 років різко скоротилася через бракон'єрство. У разі відновлення популяції зросте ризик нелегального полювання [142]. Відповідно, у разі відтворення популяції цього виду з'явиться ризик нелегального полювання на нього. Лось європейський (*Alces alces*) — наразі найбільший вид копитних у складі фауни ЧРЕБЗ [256]. Олень шляхетний (*Cervus elaphus*) є найпоширенішим видом копитних у межах ЗВіЗБ(О)В, що підтверджується найбільшою кількістю зафіксованих спостережень різними методами (табл. 6.1). У свою чергу, Сарна європейська (*Capreolus capreolus*) є найменш численним представником оленеподібних у зоні. Дика свиня (*Sus scrofa*), яка раніше була найчисленнішим видом копитних у ЗВіЗБ(О)В, досі не відновила свою популяцію після масового скорочення, спричиненого епізоотією африканської чуми свиней у 2015–2018 роках.

Нелегальне добування копитних здійснюється переважно з метою отримання м'яса. Із 2020 року зафіксовано численні випадки збору та продажу рогів копитних, що є ще одним напрямом незаконного використання тваринних ресурсів.

До хутрових звірів відносять шість видів – бобер європейський, видра річкова, візон річковий, ондатра мускусна, лисиця, заєць сірий. Нелегальне добування цих видів у ЗВіЗБ(О)В припадало на 90-ті роки 20-го ст. Однак протягом останніх 20 років випадки їхнього добування не фіксувалися через зниження попиту на хутро. Із 2002 року на території зони не було виявлено знарядь лову хутрових тварин, хоча за умови зростання попиту можливе відновлення їхнього добування.

Відносна чисельність великих копитних

№	Вид	Відносна кількість, %	
		Опитувальник «Фауна»	за результатами фотомоніторингу
1	Лось європейський (<i>Alces alces</i>)	22	14
2	Олень шляхетний (<i>Cervus elaphus</i>)	29	47
3	Сарна європейська (<i>Capreolus capreolus</i>)	13	17
4	Свиня дика (<i>Sus scrofa</i>)	1,6	4

Рибальство у зоні відчуження зосереджене переважно на найбільших річках – Прип'яті та Ужі. Сезонна динаміка незаконного вилову виглядає наступним чином: весна – активно виловлюють жереха, судака, сома, миня та щуку; літо – основними об'єктами вилову є сазан і лин; осінь – ловлять жереха, судака та щуку.

До рослинних ресурсів належать гриби, ягоди та деревина. Збір грибів та ягід має сезонний характер і переважно відбувається поблизу південного кордону заповідника у відповідних біотопах (рис. 6.1).

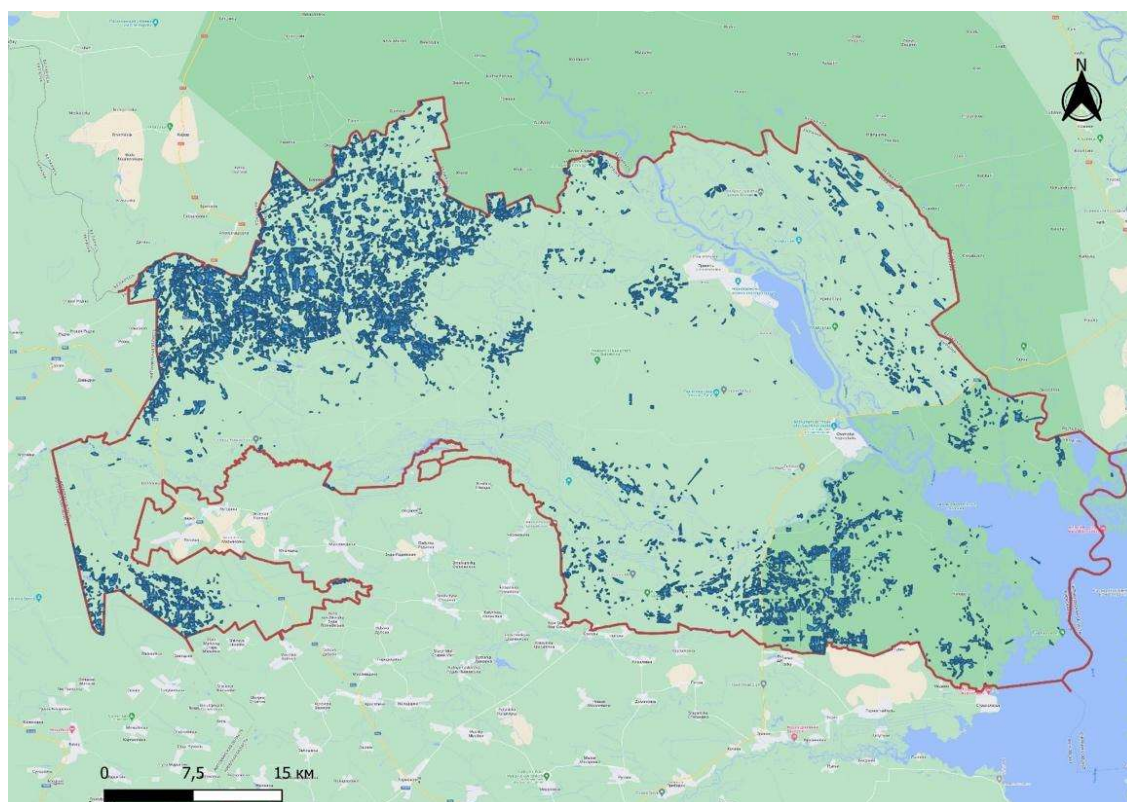


Рис. 6.1. Просторове розташування ділянок зростання ягідних рослин у ЗВіЗБ(О)В.

Випадків збору лікарських рослин зафіксовано не було. Нелегальна заготівля деревини потребує використання спеціальної техніки та вантажного транспорту, тому такі випадки найчастіше реєструються в районах поблизу південного кордону заповідника, де є доступ до автомобільних шляхів.

Мінеральні ресурси та інші корисні копалини, такі як пісок, також знаходяться поблизу південного кордону. Найзгубнішим незаконним видобутком корисних копалин на Поліссі є видобуток бурштину. Але геологічні умови території зумовлюють його відсутність тут [41, 48, 53].

Захоплення земель для сільськогосподарських потреб є поодинокими та пов'язані у більшості випадків із неврегульованістю меж заповідника у південній частині кордону.

Незаконне відвідування зони відчуження («сталкінг») є формою правопорушення, характерною для ЗВіЗБ(О)Б. Сталкери зазвичай використовують територію заповідника як засіб пересування до найближчих територій за межами заповідника, включаючи місто Прип'ять, промислову зону Чорнобильської АЕС і покинутий військовий майданчик Чорнобиль-2.

Наступним елементом аналізу є розпізнавання класів користувачів ресурсу. Першочерговою необхідністю реалізації небезпек є перебування людини на території Заповідника або поблизу неї. Близько 6000 місцевих жителів проживають у сільських громадах на 10-кілометровій ділянці землі вздовж південного та західного кордону заповідника. Цей контингент є причиною більшості випадків порушення режиму заповідності. До 2022 року в ЗВіЗБ(О)В буде зосереджено приблизно 6 тис. одиниць особового складу, до яких входили такі категорії: 3 тис. – співробітники ЧАЕС, 3 тис. – працівники установ і підприємств, розташованих у зоні, 3 тис. – персонал інших організацій та особи, які не мають відношення до зони. Працівники ЧАЕС практично завжди знаходяться у промисловій зоні АЕС, що зменшує ймовірність порушення ними режиму заповідності.

Проживання в зоні відчуження заборонено, але в деяких селах – Опачичі, Паришів, Теремці, Купавате – є так звані «самосели», які ведуть традиційне присадибне господарство та використовують місцеву флору і фауну. Здебільшого

це місцеві жителі літнього віку, які після аварії повернулися до своїх домівок. З 2018 по 2021 роки кількість «самоселів» знизилася з 55 до 35 осіб, і спостерігається тенденція до подальшого зменшення. Враховуючи невеликий розмір цієї групи, її вплив оцінюється як мінімальний. До війни нелегальні туристи були найбільшою групою порушників заповідного режиму. За статистикою диспетчерської служби ДСП «Чорнобильський спецкомбінат», у 2020 році було затримано 366 нелегальних відвідувачів. Поєднуючи ці два елементи аналізу – ресурси та їх користувачі у таблиці, — можна отримати матрицю реалізації ризиків (табл. 6.2).

Таблиця 6.2.

Матриця ймовірності реалізації ризику ЧРЕБЗ

Контингент	Ризик						
	Видобування піску	Видобування деревини	Половання	Рибальство	Збір ягід та грибів	Незаконний туризм	Сільське господарство
Населення прилеглих територій	+	+	+	+	+	-	+
Співробітники ЗВіЗБ(О)В	-	-	-	+	+	-	-
Співробітники ЧАЕС	-	-	-	+	-	-	-
Самосели	-	-	-	+	+	-	-
Інші категорії	-	-	+	+	+	+	-

Також кожен з колонок можна розглядати як профіль ресурсу або користувача. Зв'язок між категоріями та ознаками – у цьому дослідженні це користувачі та ресурси відповідно – не носить постійного характеру. Він залежить від дії багатьох факторів, таких як економічна ситуація, соціальний склад населення та інші. Пропонується розробляти такі матриці для всіх об'єктів ПЗФ. Це дає можливість оцінити вразливість об'єктів ПЗФ та розробляти ефективні заходи протидії порушенню режиму. Рекомендується переглядати такі матриці щорічно, виходячи з отриманої інформації — як фактичної так і експертної.

Третій елемент аналізу – практики добування ресурсів, які включають в себе технічні засоби (транспорт та інше), інфраструктуру (шляхи та місця розташування) та організаційний складник — кількість людей, їх функціональні обов’язки. Це важливо з позиції розробки тактики конкретних дій служби охорони ПЗФ.

Для виявлення факторів вразливості окремих ділянок на території заповідника для різних типів порушень режиму було використано метод експертної оцінки. Він полягає у тому, що експерти складають бальну оцінку вірогідності прояву різних типів порушень для окремих ділянок ЗВіЗБ(О)В, спираючись на власні уявлення. Таким чином, неформальне знання перетворюється на геопросторові дані. Було обрано десять експертів із різним досвідом та стажем роботи у ЗВіЗБ(О)В (табл. 6.3).

Таблиця 6.3.

Експерти, обрані для оцінки ситуації

№	Сфера діяльності	Період роботи у ЗВіЗБ(О)В, роки
1	Державне управління	11
2	Правоохоронна діяльність	9
3	Правоохоронна діяльність	6
4	Водогосподарська діяльність	4
5	Лісогосподарська діяльність	12
6	Лісогосподарська діяльність	5
7	Семосел зони відчуження	36
8	Радіаційна безпека	9
9	Радіаційна безпека	21
10	Радіаційна безпека	26

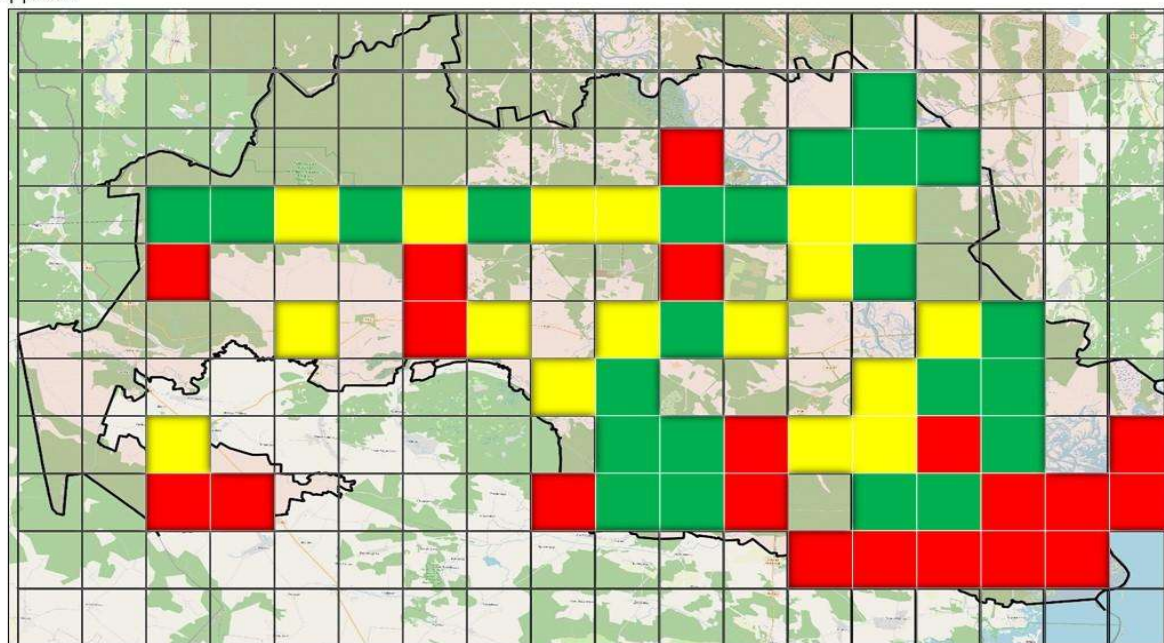
Досліджувану територію було поділено на полігони розміром 5 × 5 км. Кожен полігон оцінювався експертами за шкалою від 1 до 3 балів (низький, середній та високий рівень активності). Експерти працювали із чотирма типами картосхем: «нелегальне відвідування», «нелегальне полювання», «збір ягід та грибів» та «нелегальний лов риби» (Додаток Г).

Найбільшу кількість полігонів експерти виділили для нелегального відвідування ЗВіЗБ(О)В – 31; збір ягід та грибів – 22 полігони; нелегальний лов риби – 13 полігонів; нелегальне полювання – 6 полігонів. Для створення загальної

мапи оцінки ризику проявів порушення режиму було просумовано всі оцінки експертів для кожного полігону, які теж поділили на три категорії активності: низьку, середню та високу. На цій картосхемі виділено 60 полігонів загалом, з яких 20 відносяться до високої активності, 17 – середньої, 23 – низької. Дана картосхема узагальнює уявлення про просторову структуру ризиків порушення режиму заповідника. Утім, вона ґрунтується на даних низької якості – суб’єктивних, неперевірених та інших – які, втім мають кількісну перевагу над емпіричними даними. Тому вона потребує уточнення шляхом збору емпіричних даних та порівняння з ними. В умовах дефіциту даних, наприклад, коли об’єкт ПЗФ тільки створено, експертні оцінки можуть слугувати основою для розробки заходів служби охорони (рис. 6.2.).

Оцінка ризику
проявлення порушення
режиму Заповідника

- 1 – низька
- 2 – середня
- 3 – висока



Оцінка ризику проявлення порушення режиму заповідності

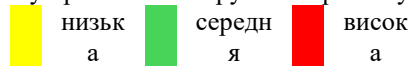


Рис. 6.2. Експертна оцінка нелегального відвідування ЗВіЗБ(О)В

В умовах звичайного функціонування експертна оцінка дозволяє зібрати та актуалізувати латентну інформацію про порушення режиму із наступною її перевіркою

Емпіричні дані порушень режиму традиційно фіксуються у протоколах та

польових щоденниках. Така форма дає неточну просторову прив'язку, також самі дані подаються у вільній некодифікованій формі. Подолання цих недоліків можливо із застосуванням сучасних інформаційних технологій. У 2020 році для фіксації порушень режиму заповідника створено систему накопичення та обробки просторових даних – системи збору даних ArcGIS Survey123 «Правопорушення». Форма збору даних містить чотири блоки порушень режиму заповідності та одну категорію, що стосується збору оперативних даних. Кожна категорія правопорушень містить показники як прямих, так і опосередкованих ознак (табл. 6.4). Дані, що не підпадають у визначені категорії, заносяться в категорію «інше».

Таблиця 6.4.

Структура системи збору даних «Правопорушення»

№	Категорії порушень	Показники	Типи ознак
1	Риболовля	Сітки	Пряма
2		Риболови, вудкарі	Пряма
3		Човен	Непряма
4		Інші засоби	
5	Браконьєрство	Браконьєри	Пряма
6		Капкани, пастки, петлі	Пряма
7		Рештки видобутку	Непряма
8		Гільзи	Непряма
9		Інші засоби та ознаки	
10	Незаконна заготівля лісу	Пні, кількість	Пряма
11		Середні діаметри пнів	Пряма
12	Сталкерство	Сталкери	Пряма
13		Локації перебування (сховища та інше)	Непряма
14	Підозрілі об'єкти	Засоби пересування, транспорт	Непряма
15		Особи	Непряма
16		Відбитки шин, колії транспорту	Непряма
17		Сліди перебування людей	Непряма
18		Багаття	Непряма
19		Будівлі, укриття	Непряма
20		Об'єкти, речі	Непряма
21		Додаткові елементи	Непряма

Просторовий розподіл засвідчує, що точки концентрації порушень і ознак порушень розташовані поблизу південної та західної частин кордону (рис.6.3). На 5-кілометрову смугу вздовж південної та західної частин кордону припадає 65% фіксацій. Це загалом відповідає просторовій структурі порушень на карті, підготовленій за результатами експертного опитування.

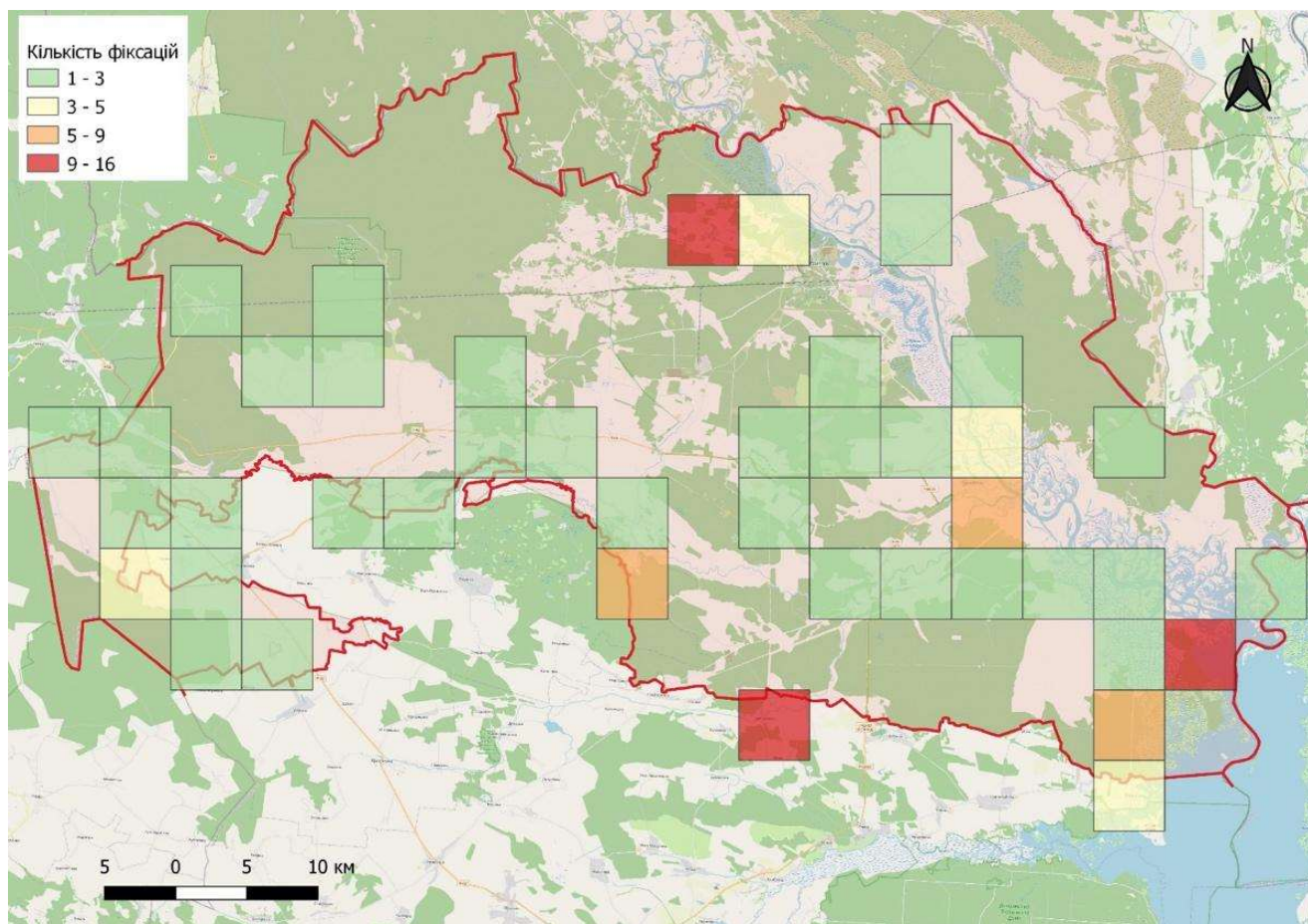


Рис. 6.3. Просторовий розподіл записів системи аналізу та обробки даних «Правопорушення»

Розподіл фіксацій порушень має наступний вигляд: на категорію «підозрілі об'єкти» припадає 63%, на категорію «сталкери» — 17%, на категорію «браконьєрство» — 11,7%, «рибальство» — 5,6%, «рубки» — 3%. Непрямі ознаки домінують у наборі даних, які збирають співробітники заповідника під час виконання своїх обов'язків на території (табл 6.5).

Результати застосування опитувальника «Правопорушення»

№	Показник	Кількість, од	%
Рибальство			
1	Сітки	0	0.0
2	Риболови, вудкарі	1	0.4
3	Човен	0	0.0
4	Інші засоби	12	5.2
Браконьєрство			
5	Браконьєри	5	2.2
6	Капкани, пастки, петлі	1	0.4
7	Рештки видобутку	2	0.9
8	Гільзи	12	5.2
9	Інші засоби та ознаки	7	3.0
Сталкерство			
10	Локації перебування (сховища та інше)	34	14.8
11	Сталкери	5	2.2
Підозрілі об'єкти			
12	Засоби пересування, транспорт	19	8.3
13	Особи	11	4.8
14	Відбитки шин, колії транспорту	10	4.3
15	Сліди перебування людей	8	3.5
16	Багаття	26	11.3
17	Будівлі, укриття	29	12.6
18	Об'єкти, речі	6	2.6
19	Додаткові елементи	35	15.2
Незаконна заготівля лісу			
20	Рубка	7	3.0

У даному розділі пропонується ряд інструментів для управління роботою служби охорони ПЗФ з метою протидії порушенню режиму ПЗФ. Ресурсний підхід до порушень режиму дає можливість оцінити вразливість об'єкту ПЗФ та побудувати адекватну інфраструктуру служби охорони. Пропонується проводити аналіз ресурсів на стадії створення об'єкту ПЗФ і вводити його в проєкт організації території.

Наступний інструмент – експертна інформація про порушення режиму — дозволяє актуалізувати неформальні знання та перетворити їх на геопросторіві

дані. Даний підхід має компонент невизначеності у зв'язку із вразливістю до людського фактору, втім швидко дає найбільш загальну оцінку ситуації. Пропонується застосовувати цей інструмент в якості аудиту раз на рік. (шляхом застосування додатку ArcGIS Survey123). Як показав досвід застосування цього інструменту, він, окрім фіксації порушень, ще й акумулює велику кількість непрямих даних.

Зазначимо, що всі ці інструменти були створенні та протестовані у рамках дисертаційного дослідження та практики роботи ЧРЕБЗ. Пропонується поширити цей досвід на інші об'єкти ПЗФ рівня національного парку, заповідника та біосферного заповідника.

Висновки до розділу 6

Дослідження, представлене в розділі 6, обумовлене низкою екологічних, соціальних, економічних та юридичних факторів, які ставлять питання збереження та відновлення природного середовища у центр уваги як вітчизняних, так і міжнародних спільнот. Такі території мають унікальні природні комплекси, які за умов ефективного екологічного управління можуть відігравати ключову роль у наукових дослідженнях із проблем адаптації організмів до екстремальних умов, довгострокового впливу радіації на живі організми, а також природного відновлення екосистем. Зокрема, створення об'єктів ПЗФ в зоні відчуження Чорнобильської АЕС дозволяє не лише зберегти рідкісні види флори та фауни, які пристосувалися до специфічних умов існування, але й слугує важливим прикладом реалізації стратегій сталого розвитку забруднених територій.

Розробка типової форми збору інформації для протидії порушенням режиму ПЗФ на основі ресурсної концепції демонструє значний потенціал для підвищення ефективності охорони природних територій. У даному розділі проаналізовано особливості порушень режиму ПЗФ, що мають специфіку в залежності від об'єкта, локалізації та виду ресурсів, які стають об'єктами незаконної діяльності.

Запровадження мобільного додатку ArcGIS Survey123 у ЧРЕБЗ створило якісну основу для збору, кодування та аналізу геопросторових даних про

порушення. Застосування цього інструменту дозволило інтегрувати емпіричну інформацію з експертними оцінками, сформуванати просторову структуру ризиків порушень та вдосконалити управлінські рішення служби охорони заповідника.

Уведення ресурсного підходу дає змогу деталізувати поняття «порушення режиму ПЗФ» відповідно до специфіки території. Встановлено, що різні типи порушень вимагають адаптивних підходів до охорони, включаючи врахування сезонності, технічного та інфраструктурного складників порушень. Аналіз ресурсів, користувачів та практик видобутку ресурсів, представлений у формі матриці реалізації ризиків, дозволяє оцінювати вразливість території та планувати заходи з охорони.

Експертна оцінка як інструмент заповнює прогалини в емпіричних даних, однак потребує доповнення точними даними, що робить її корисною для оперативного аналізу та щорічного аудиту. Дані, отримані з використанням ArcGIS Survey123, окрім реєстрації порушень, забезпечують можливість накопичення непрямих ознак для подальшого аналізу.

Усі запропоновані інструменти мають потенціал для масштабування на інші об'єкти ПЗФ, зокрема національні парки, заповідники та біосферні заповідники, з метою стандартизації та підвищення ефективності охоронних заходів у сфері збереження природного середовища.

РОЗДІЛ 7. АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПЗФ, СТВОРЕНИХ НА РАДІАЦІЙНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

СМНС територій та об'єктів ПЗФ, створених на радіаційно забруднених територіях призначена для формування масивів даних, їх обробки та аналізу та, як результат, обґрунтування та прийняття природоохоронних рішень. Основу цієї системи становлять модулі збору та обробки даних, що базуються на спеціалізованих алгоритмах і методиках, розроблених для задоволення конкретних інформаційних запитів у межах моніторингу стану компонентів навколишнього середовища, природоохоронної проблематики, необхідності прийняття управлінських рішень у сфері природоохоронної діяльності.

При розробці СМНС для природоохоронних організацій ключовими принципами її роботи є:

Відкритість – архітектура та програмне забезпечення системи є гнучкими та адаптивними, що дозволяє користувачам змінювати їх відповідно до умов навколишнього середовища та нових екологічних викликів. Це особливо важливо в умовах зміни клімату, зростання антропогенного навантаження та необхідності швидкого реагування на екологічні загрози. Тестування та адаптація СМНС у 2022-2024 рр. на базі реальних природоохоронних об'єктів забезпечило її оперативне адаптування до задоволення запитів щодо інформаційного забезпечення процесів моніторингу, в тому числі в умовах пандемії та війни;

Гнучкість – СМНС адаптується до запитів природоохоронних установ, зокрема в сфері моніторингу біорізноманіття, оцінки стану екосистем, управління природними ресурсами та екологічного планування.

Оперативність – СМНС забезпечує швидке отримання, аналіз та візуалізацію даних про стан довкілля, що дає змогу приймати своєчасні управлінські рішення, наприклад, у разі екологічних катастроф, лісових пожеж або забруднення водних ресурсів.

Економічність – позитивний ефект від застосування СМНС може проявлятися у вигляді оптимізації управління природними ресурсами, покращенні

екологічного стану територій, мінімізації шкоди від природних і техногенних катастроф, а також економії фінансових ресурсів завдяки ефективному управлінню природоохоронними заходами.

Цілеспрямованість. Головна мета функціонування системи — формування якісної інформаційної бази для ухвалення обґрунтованих управлінських рішень у сфері охорони природи. Усі її функції та механізми повинні відповідати чітко сформульованим цілям, таким як збереження біорізноманіття, контроль за станом екосистем, ефективне використання природних ресурсів та мінімізація негативного впливу людини на довкілля.

СМНС для об'єктів ПЗФ виконує такі основні функції в межах інформаційного забезпечення управління: організація збору екологічної інформації (включаючи визначення оптимальних джерел даних, періодичності їх збору, часових інтервалів та якісних характеристик), обробка отриманих даних, формування інформаційних продуктів та варіантів управлінських рішень, а також передача відповідей на запити відповідних природоохоронних установ.

З огляду на відкритість і гнучкість системи до змін у зовнішньому середовищі, результати її роботи можуть змінюватися відповідно до потреб управлінців та дослідників. Основними типами інформаційних продуктів, що надаються в межах системи, є: дані про стан екосистем об'єктів ПЗФ, моделювання сценаріїв їх розвитку, варіанти природоохоронних рішень та комплексні інформаційні продукти, такі як геоінформаційні портали, інтерактивні карти та аналітичні звіти.

До об'єктів управління, які охоплює розроблена СМНС, належать ключові компоненти екологічної безпеки та сталого розвитку природно-заповідних територій, зокрема збереження біорізноманіття, управління ландшафтами, моніторинг змін клімату, охорона водних ресурсів та регулювання антропогенного впливу. Враховуючи ієрархічність системи природоохоронного управління в Україні, система адаптована до збору та обробки даних на різних рівнях: державному, регіональному, рівні окремих природоохоронних установ і територіальних громад.

Крім того, Україна є частиною глобальної екосистеми та бере участь у міжнародних програмах охорони довкілля. Відповідно, розроблена система може

задовольняти інформаційні потреби не лише на національному рівні, а й у ширшому контексті – на європейському та міжнародному рівнях, сприяючи реалізації природоохоронних ініціатив та інтеграції в глобальні екологічні програми.

Система космічного та геоінформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень у сфері управління об'єктами ПЗФ складається з трьох основних модулів: модуля збору, модуля обробки та модуля передачі інформації. Вони забезпечують отримання, аналіз та передачу екологічних даних, необхідних для ефективного управління природоохоронними територіями та оцінки їхнього стану (рис. 7.1).

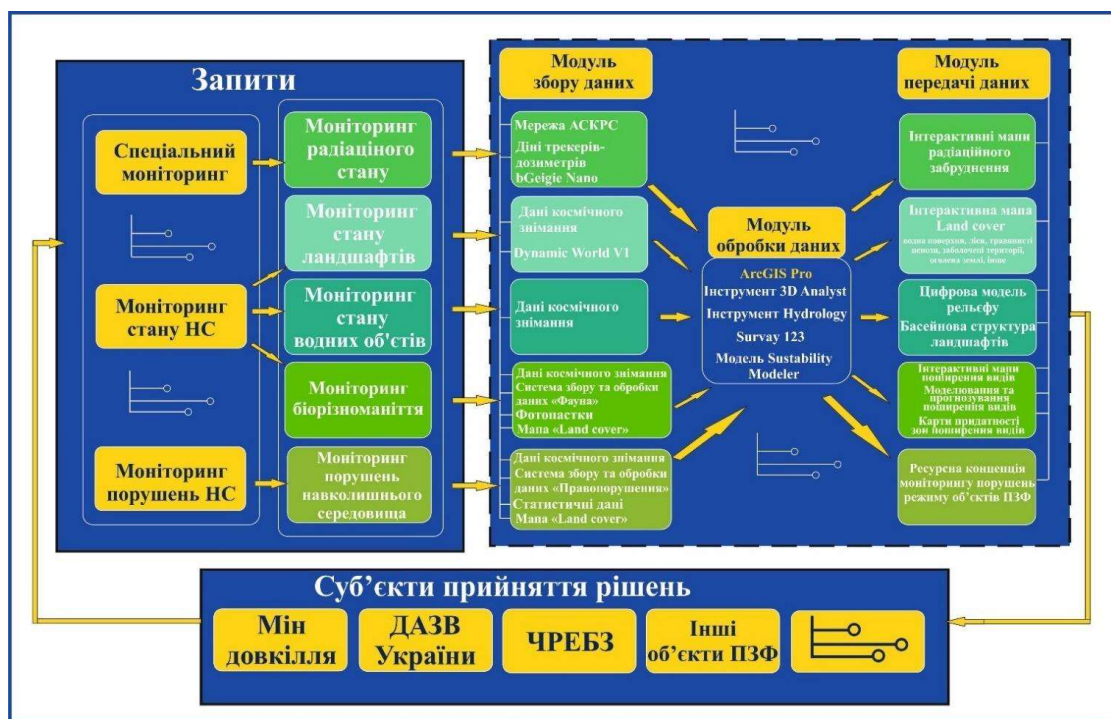


Рис. 7.1. СМНС об'єктів ПЗФ, створених на радіаційно забруднених територіях

Основною функцією модуля збору даних є формування запитів на отримання інформації, акумуляція та збереження екологічних даних відповідно до визначених параметрів та потреб управління об'єктами ПЗФ (рис. 7.2). Джерелами наповнення баз геопросторових даних є: національні екологічні реєстри (наприклад, Держгеокадастр, Публічна кадастрова карта України, система моніторингу біорізноманіття); міжнародні геодані (OpenStreetMap, UNEP Geodata, Global

Administrative Areas, DIVA-GIS, USGS Land Cover Institute); дані супутникового моніторингу (дані ДЗЗ); дані натурних спостережень (польові дослідження, автоматизовані сенсори, фотопастки), збір натурних даних за допомогою мобільного додатку Survey 123. Перелік джерел є відкритим, що забезпечує можливість адаптації системи до нових наукових і технічних розробок у сфері екологічного моніторингу.

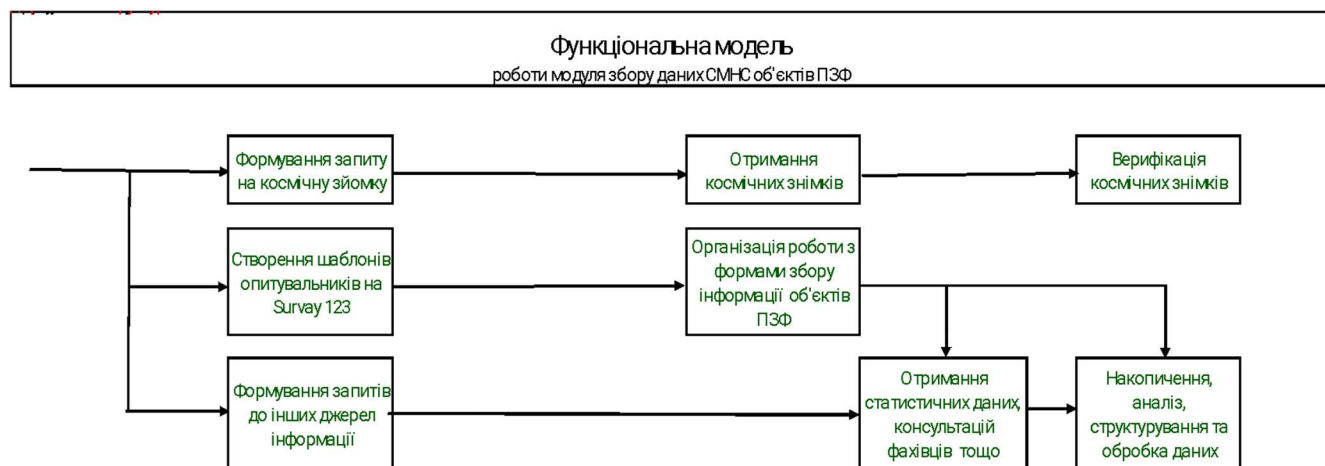


Рис. 7.2. Функціональна модель роботи модуля збору даних

Розроблена СМНП для об'єктів ПЗФ забезпечує реальний моніторинг екологічного стану територій та відображення геопросторових даних, що є основою для ефективного управління ними. Підсистема в режимі реального часу забезпечує відображення геопросторових даних про території ПЗФ, включаючи межі природоохоронних зон, типи ґрунтів, ландшафтні особливості, водні об'єкти, рослинний покрив, шляхи міграції тварин, наявність інфраструктурних об'єктів та рівень антропогенного впливу. На рис. 7.2 представлено функціональну модель роботи модуля збору даних. Основним компонентом цієї підсистеми є геопортал, що може бути реалізований на базі ArcGIS Pro – Hub, та забезпечить централізований доступ до усього масиву екологічних даних.

Системою передбачена подальша інтеграція, обробка та збереження інформації на платформі ArcGIS Online; візуалізація та аналіз у спеціалізованому програмному середовищі ArcGIS Pro; та подальша передача обробленої інформації для прийняття управлінських рішень щодо охорони та відновлення екосистем.

Основні типи інформації, що циркулюють у підсистемі:

- дані ДЗЗ (моніторинг стану ґрунтів, рослинності, змін ландшафтів, водних ресурсів);
- результати натурних спостережень (стан біорізноманіття, рівень впливу людини на екосистеми);
- аналітичні та прогнозні моделі (вплив змін клімату, природні ризики, сценарії розвитку територій ПЗФ, карти придатності поширення видів тощо).

Станом на початок 2025 року підсистеми модуля обробки даних СМНС для об'єктів ПЗФ спрямовані на надання користувачам актуальних супутникових знімків, створення сценарних прогнозів змін екосистем, розробку ГІС на основі просторових даних, а також формування науково обґрунтованих варіантів управлінських рішень для ефективного збереження природних територій (рис. 7.3).



Рис. 7.3. Функціональна модель роботи модуля обробки даних

Цей модуль забезпечує аналіз екологічного стану об'єктів ПЗФ, прогнозування змін ландшафтів, оцінку впливу антропогенних факторів та моделювання можливих сценаріїв розвитку екосистем.

Інтеграція сучасних методів ДЗЗ, геоінформаційного аналізу та моделювання сприяє прийняттю обґрунтованих рішень щодо управління біорізноманіттям,

відновлення природних екосистем, контролю за станом лісових і водних ресурсів, а також мінімізації негативного впливу змін клімату на природоохоронні території.

Ця система спрямована на створення ефективного механізму управління об'єктами ПЗФ, що дозволяє своєчасно реагувати на зміни у природних екосистемах, покращувати охорону біорізноманіття та забезпечувати збереження унікальних природних територій.

ВИСНОВКИ

У дисертації представлено результати досліджень та апробації системи моніторингу довкілля територій та об'єктів ПЗФ з акцентом на потенціал геоінформаційних технологій і методів дистанційного зондування для ефективного управління природоохоронними територіями, які зазнали радіоактивного або іншого техногенного впливу.

1. Особливості ЧРЕБЗ, зокрема його велика площа та високий рівень радіаційного забруднення, визначають необхідність застосування геопросторових даних для оцінки радіоекологічної ситуації. Використання вимірювальних пристроїв із GPS-модулями значно підвищує якість контролю радіаційного стану, забезпечуючи оперативний збір та збереження даних у форматі ГІС. За результатами 143275 вимірів у межах ЗВіЗБ(О)В, середнє значення потужності еквівалентної дози (ПЕД) становить 0,2 мкЗв/год, однак максимальні значення досягали 6,8 мкЗв/год. Висока варіативність (до 200%) свідчить про нерівномірний розподіл радіаційного забруднення, з найбільш забрудненими зонами, розташованими поблизу ЧАЕС, зокрема у районі водойми-охолоджувача та м. Прип'ять. Отримані результати підтверджують ефективність застосованого методу моніторингу, який дозволяє не тільки точно картографувати радіаційний фон, але й слугує науковою базою для подальших досліджень.

2. Просторова структура забруднення радіонуклідами відображає тенденцію зниження рівня ПЕД при віддаленні від джерела викиду, а також наявність локальних зон підвищеної концентрації радіоактивних речовин. Використання даних у ГІС-середовищі забезпечує їхню довготривалу актуальність та можливість інтеграції в різні природоохоронні та освітні проекти. Запропонований механізм моніторингу й управління станом та структурою ландшафтів об'єктів ПЗФ на основі ДЗЗ та ГІС дозволив виявити зміни ландшафтної структури території ЧРЕБЗ за категоріями. У періоді з 2016 по 2022 роки чітко відмічені основні тенденції, а саме: ліс залишається домінуючим типом покриву, хоча його частка зменшилася (-1.303%), що може свідчити про природні фактори (наприклад, пожежі, деградацію лісу). Відмічено зростання площ води

(+0.735%), очевидно, пов'язане із підвищенням рівня води або змінами гідрологічного режиму. Зменшення трав'яного покриву (-0.371%) та затопленої рослинності (-0.577%) вказує на поступову трансформацію ландшафту. Із цими даними чітко корелює зростання частки чагарників (+1.023%), що свідчить про поступове розширення площ через природне відновлення територій. Цілком прогнозованим було зниження площі забудови (-0.025%), що свідчить про руйнування чи поступове заростання забудованих територій. Особливу увагу привертає динаміка зростання розораних площ (+0.431%), що може бути результатом неправомірного використання окремих земель, що межують з сусідніми із заповідником ОТГ.

3. Запропонована система моніторингу поверхневих вод дозволила визначити ключові параметри стану р. Уж: розораність, ерозійна розчленованість, рівень стабільності ландшафтів (КЕСЛ 1 та КЕСЛ 2). ГІС аналітика басейнової структури річки Уж дозволила зробити деякі висновки щодо основних проблем. У басейні річки Уж через наслідки радіоактивного забруднення рівень розораності є нижчим, ніж у середньому для північної частини України (менше 55% порівняно з 70-80%). Однак у притоках цей показник досягає 60%, що свідчить про помірний антропогенний вплив. Заплави річки Уж мають середній рівень ерозійної роздробленості, що впливає на зниження якості вод. Масив №31 характеризується надмірною розчленованістю рельєфу (коефіцієнт $> 0,5$), що відповідає надзвичайному екологічному стану. Найгірші показники (коефіцієнти 0,58 і 0,65) спостерігаються у річках Уж та Бродець. За показником KESL1, 38 масивів визначено як нестійкі, з яких 11 мають високий рівень нестабільності.

4. Опитувальник «Фауна», впроваджений у ЧРЕБЗ, є ефективним інструментом для збору даних про біорізноманіття, зокрема хребетних тварин, і відіграє важливу роль у моніторингу та управлінні природними комплексами. У період з 2020 по 2024 роки зроблено 2600 одиниць записів з фіксацією прямої та непрямой присутності видів. Однак існують значні обмеження у представленні видового складу, зокрема серед безхребетних, рослин і грибів, що вимагає підвищення кваліфікації користувачів та вдосконалення методів збору даних.

Військові дії у 2022 році суттєво вплинули на просторове охоплення та обсяги зібраної інформації, підкресливши вразливість системи до зовнішніх факторів. Застосування опитувальника демонструє його потенціал для адаптації в інших об'єктах ПЗФ, сприяючи комплексному підходу до моніторингу біорізноманіття та управління природними ресурсами.

5. Аналіз поширення коней Пржевальського в Чорнобильській зоні відчуження за допомогою геоінформаційних технологій показав високу ефективність у моніторингу їх адаптації, просторового розподілу та впливу на екосистеми. Використання геопросторових даних дозволило оцінити вплив ключових факторів середовища, таких як рельєф, відстань до водойм, доріг, наявність хижаків і конкуренція за ресурси. Створення карт придатності та кластеризація територій сприяли виявленню оптимальних умов для проживання коней, що є основою для подальшого управління та збереження популяції. Карти придатності дали змогу визначити перспективні території для розширення ареалу коней, а також виявити основні загрози, включаючи хижацтво, браконьєрство та зміни клімату.

6. Розроблення типової форми збору інформації на основі ресурсної концепції порушення режиму ПЗФ дозволяє значно підвищити ефективність управління охороною природних територій. Інтеграція сучасних геоінформаційних технологій, таких як мобільний додаток ArcGIS Survey123, у поєднанні з ресурсним підходом та експертними оцінками, створює надійну основу для аналізу порушень, оцінки ризиків і планування заходів протидії.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Запропонована у дисертаційній роботі система моніторингу рекомендована до застосування на охоронюваних територіях, що розташовані на радіаційно забруднених територіях, а також інших об'єктах, які є важкодоступними через наслідки військових дій, техногенні та інші катастрофи.

2. Пропонувати Міністерству захисту довкілля та природних ресурсів України при плануванні та реалізації проєктів реінтродукції видів тварин рекомендувати створення карт придатності на основі ГС даних та ДЗЗ.

3. Спеціальний моніторинг, спрямований на оцінку радіаційного стану, рекомендується застосовувати в об'єктах ПЗФ, які розташовані на радіаційно забруднених територіях. Використання вимірювальних пристроїв з модулем GPS дає змогу швидко зібрати геодані показника потужності еквівалентної дози з малими витратами ресурсів. Це дозволяє швидко провести оцінку радіаційного стану території, виявити небезпечні ділянки, забезпечити радіаційну безпеку персоналу та відвідувачів.

4. Рекомендувати до впровадження в об'єктах ПЗФ застосування систем збору та обробки даних «Фауна», сприяючи комплексному підходу до моніторингу та управління біорізноманіттям.

5. Рекомендувати до впровадження у об'єктах ПЗФ застосування систем збору та обробки даних «Порушення», сприяючи оперативному обліку та фіксації правопорушень режиму об'єктів ПЗФ.

6. Пропонується Мінприроди ввести ресурсний підхід до порушень режиму ПЗФ для всіх об'єктів ПЗФ. Підхід включає в себе аналіз ресурсів, користувачів та практик нелегального видобутку ресурсів, їх узагальнення у вигляді матриці реалізації ризиків. Це надасть можливість оцінювати вразливість об'єкта до порушень режиму ПЗФ та ефективно планувати заходи з його охорони.

Список використаної літератури

1. Агроекологічний супутниковий моніторинг / Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Київ : Аграр. наука, 2019. 204 с.
2. Акімов І. А., Двойнос Г. М., Крижанівський В. І. Про перспективи відновлення історичних фауністичних комплексів Полісся і можливості інтродукції та реінтродукції деяких видів тварин в зоні відчуження і зоні обов'язкового (безумовного) відселення (в порядку дискусії). *Бюлетень екологічного стану Зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення*. 1999. № 14. С. 40–41.
3. Антропогенний вплив / Галущенко О.М., Мельничук Т. В., Вишневський Д. О. та ін. *Літопис природи за 2021 рік / Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник*. Київ, 2022. Т. 5. 269 с.
4. Архіпов М. П., Гайченко В. А., Гащак С. П. До питання про зміни фауни Чорнобильської зони відчуження. *Бюлетень екологічного стану Зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення*. 1999. № 14. С. 38–40.
5. Атлас Чорнобильської зони відчуження / під ред. Шестопалова В. М. Київ : Картографія, 1996. 26 с.
6. Балашов Л. С. Флористичний склад екосистем Зони відчуження і Зони безумовного (обов'язкового) відселення. Автореабілітаційні процеси в екосистемах Чорнобильської зони відчуження / В. М. Шестопалов та ін. ; ред. Ю. О. Іванов, В. В. Долін ; НАН України. Київ-Чернівці : АНТ Лтд, 2001. С. 229–241.
7. Бідна С. М. Природне поновлення деревно-чагарникової рослинності на перелогах Чорнобильської зони відчуження. *Науковий вісник НАУ*. 1999. Вип. 17. Лісівництво. С. 115–126.
8. Біотопи лісової та лісостепової зон України : монографія / Дідух Я. П., Фіцайло Т. В., Коротченко І. А. та ін. Київ : Макрос, 2011. 288 с.
9. Богомаз М. В., Шевченко Н. М. Реєстрації «червонокнижних» членистоногих (Arthropoda: Crustacea, Insecta) у деяких північних, східних та південних регіонах України. *Матеріали до 4-го видання Червоної книги України. Тваринний світ. Сер.: Conservation Biology in Ukraine*. Київ : Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України, 2018. Вип. 7, т. 1. С. 28–29.

10. Бокотей О. М., Луговой А. Е., Луговой О. А. О региональном подходе к «Летописи Природы». *Заповідна справа в Україні*. 2008. Т. 14, вип. 2. С. 34–36.
11. Бондаренко В. Д., Різун Е. М. Актуальні питання стану і ведення мисливського господарства в Україні та можливі напрями їх вирішення. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2016. Вип. 14. С. 180–184.
12. Бондаренко О. О. Зона відчуження – фактор радіаційного ризику для населення. *СЕС – профілактична медицина*. 2005. № 2. С. 88–95.
13. Борсук, О. А. Комплексна оцінка пожежної небезпеки лісів зони відчуження Чорнобильської АЕС. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво*, 2013, Вип. 187(3). С.167-176.
14. Ведмеденко Ю. В., Астахова Л. Є. Проблеми екосистеми річки Уж. *Біологічні дослідження – 2013* : матеріали IV наук.-практ. Всеукр. конф. молодих учених та студентів. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2013. С. 173–176.
15. Вишневський Д. Результати інтродукції коня Пржевальського (*Equus przewalskii*) в Зону відчуження ЧАЕС. *Наук. вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2005. № 17. С. 39–41.
16. Гайченко В. А., Жежерин И. В., Небогаткин И. В. Изменения видового состава и численности мелких млекопитающих в 30-км зоне ЧАЭС в послеаварийный период. *Млекопитающие Украины* : сб. науч. тр. / Ин-т зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины. Киев : Наук. думка, 1993. С. 153–164.
17. Гащак С.П., Вишневський Д.О., Заліський О.О. Фауна хребетних тварин Чорнобильської зони відчуження (Україна). — Вид-во Чорнобильського центру з проблем ядерної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології, 2006. — 100 с.
18. Давидчук В. С. Фізико-географічні умови і ландшафтно-геохімічні особливості. *Чорнобильська катастрофа* / НАН України, М-во України у справах захисту населення від наслідків на Чорнобильській АЕС ; голов. ред. В. Г. Бар'яхтар. Київ : Наук. думка, 1996. С. 185–195.

19. Давидчук В. С., Сорокіна Л. Ю. Оглядова ландшафтна карта Чорнобильської зони. *Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення*. 2003. № 1(21). С. 47–53.
20. Давидчук В. С., Сорокіна Л. Ю., Фоменко Ю. Я. Антропогенные изменения ландшафтов и современная растительность зоны Чернобыльской АЭС. Киев, 1992.
21. Делеган І. В. Охорона різноманіття мисливських тварин: правові аспекти. *Охорона біорізноманіття: теоретичні та прикладні аспекти* : зб. наук.-техн. пр. / УкрДЛТУ. 2000. Вип. 10.3. С. 34–39.
22. Довкілля України 2020 : стат. збірник / за ред. О. Прокопенка, відп. за вип. О. Вишневська. Київ : Держ. служба статистики України, 2021. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/11/Dovk_20.pdf (дата звернення: 18.07.24).
23. Домашевский С. В., Гащак С. П., Чижевский И. В. Дневные хищные птицы и совы Чернобыльской зоны отчуждения. *Беркут*. 2012. Т. 21, вип. 1/2. С. 64–81.
24. Дубина Д. В. Екологічні та синтаксономічні особливості водної рослинності Українського Полісся. *Укр. фітоцен. зб. Сер. С. Фітоєкологія*. 2003. Вип. 1(20). С. 3–34.
25. Жарких Т., Ясинецкая Н. Маршрутные учёты копытных животных в Зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. *Раритетна теріофауна та її охорона* / під ред. І. Загороднюка. Луганськ, 2008. С. 219–222. (Праці Теріологічної Школи, Вип. 9).
26. Загородній А. Г., Черінько П. М., Полторацька Т. В. Національна мережа біосферних резерватів ЮНЕСКО в Україні (до 40-річчя Національного комітету України з програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера»). *Вісник Національної академії наук України*. 2014. № 2. С. 55–66.
27. Звіт ДНДУ «Чорнобильський центр з проблем ядерної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології» за 2012 р. про результати НДР «Вивчення та визначення ділянок зони відчуження з найціннішими природними комплексами

вартих найвищого охоронного статусу та їх паспортизація» (КПКВ 3202110). Славутич, 2012. 107 с.

28. Звіт ДНДУ «Чорнобильський центр з проблем ядерної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології» за 2015 р. про результати НДР «Вивчення та визначення ділянок зони відчуження з найціннішими природними комплексами вартих найвищого охоронного статусу та їх паспортизація» (КПКВ 3202110). Славутич, 2015. 115 с.

29. Звіт про стан навколишнього середовища у зоні відчуження / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishha-v-ukrayini/> (дата звернення: 02.01.25).

30. Картографування радіоактивного забруднення із заданим рівнем довіри / Хомутінін Ю. В., Левчук С. Є., Процак В. П., Кашпаров В. О. *Ядерна фізика та енергетика*. 2020. Т. 21, вип. 3. С. 265–274.

31. Кекух О. М., Кисиленко О. А., Смирнова А. Й. Агрокліматичний довідник по Київській області. Київ : Держсільгоспвидав УРСР, 1959. 136 с.

32. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.

33. Комарницький І. В., Франчук М. В. Топічні зв'язки канюка звичайного *Buteo buteo* L. (Aves: Falconiformes) у Рівненському природному заповіднику, Шацькому національному природному парку та на суміжних територіях. *Біологічні студії / Studia Biologica*. 2015. Т. 9, № 1. С. 211–222.

34. Коніщук В. В. Еколого-геоботанічне районування поліської підпровінції зони мішаних лісів на основі класифікації Браун-Бланке. *Екологія водно-болотних угідь і торфовищ* : зб. наук. ст. / Інститут агроекології і природокористування НААН України. Київ : ДІА, 2013. С. 133–140.

35. Коніщук В. В. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник у системі пан'європейської екомережі. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 1. С. 71–81.

36. Конспект природної та спонтанної флори (1091 вид) судинних рослин Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. URL: <https://zapovidnyk.org.ua/index.php?fn=flora> (дата звернення: 12.12.23).
37. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в условиях нового безопасного конфайнмента в 2017 г. / Лагуненко А. С., Хан В. Е., Калиновский А. К. и др. *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля*. 2018. Вип. 31. С. 69–75.
38. Кучма Н. Д., Архипов Н. П., Федотов И. С. Радиозекологические и лесоводственные последствия загрязнения лесных экосистем зоны отчуждения. Чернобыль, 1994. 54 с.
39. Ландшафты Чернобыльской зоны и их оценка по условиям миграции радионуклидов / под ред. А. М. Маринича. Киев : Наук. думка, 1994. 112 с.
40. Ліси зони відчуження та підходи щодо переходу до безпечного та збалансованого управління ними / Борсук О. А., Зібцев С. В., Маурер В. М. та ін. *30 років Чорнобильської катастрофи (огляди)* : зб. інформ.-аналіт. доп. / М-во екології та природних ресурсів України, Держ. агентство України з упр. зоною відчуження ; гол. ред. В. В. Петрук. Київ : КІМ, 2016. С. 104–128.
41. Мацуї В. М. Эволюция смолопродуцирующей растительности и формирование залежей ископаемых смол. Киев : Наук. думка, 2015. 155 с.
42. Мельничук Т., Федонюк Т., Пивовар П., Скидан О., Топольницький П. Геопросторова оцінка змін структури природних ландшафтів Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. *CHORNOBYL science HUB*. 2024. № 6. С. 20–29.
43. Методика картографування ландшафтів та їх антропогенних змін для радіоекологічної ГІС Чорнобильської зони відчуження / Давидчук В. С., Сорокіна Л. Ю., Зарудна Р. Ф. та ін. *Укр. географ. журн.* 2011. № 4. С. 3–12.
44. Моніторингові ділянки трав'яної рослинності на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника / Пашкевич, Н. А., Горобчишин, В. А., Куземко, І. В., та ін. *Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2024. №. 26. С. 151-179.

45. Національний каталог біотопів України / за ред. А. А. Куземко, Я. П. Дідуха, В. А. Онищенко, Я. Шеффера. Київ : Клименко Ю.Я., 2018. 442 с.
46. Особенности видового состава насекомоядных (Insectivora) и грызунов (Rodentia) Чернобыльской зоны отчуждения / Гащак С. П., Бунтова Е. Г., Руденская Г. А., Чижевский И. В. *Вестник зоологии*. 2000. Т. 34, № 6. С. 51–56.
47. Пан-європейський проект «Координація та втілення загальноєвропейського інструментарію з радіоекології» (COMET) URL: <https://www.chornobyl.net/пан-європейський-проект-координації/> (дата звернення: 08.06.24).
48. Парчук Г. В. Програма Літопису природи: мета, завдання, очікувані результати. *Заповідна справа в Україні*. 2003. Т. 9. Вип. 2. С. 79-82.
49. Поліщук Г. С. Кримінологічна характеристика браконьєрства. *Вісник Національного університету внутрішніх справ*. 2004. № 27. С. 46.
50. Поліщук Г. С. Щодо кримінологічної характеристики організованої екологічної злочинності. *Боротьба з організованою злочинністю і корупцією (теорія і практика)*. 2008. № 18. С. 224.
51. Положення про Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник : наказ Мін-ва екології та природних ресурсів України від 03.02.2017 р. № 43. URL: <https://zapovidnyk.org.ua/index.php?fn=polo> (дата звернення: 18.01.23).
52. Попович С. Ю. (2015). Рекогносцирувальне виділення функціональних зон проєктованого Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. *Вісник Національного науково-природничого музею*. Вип. 13. С. 93-100.
53. Природа Украинской ССР. Геология и полезные ископаемые / отв. ред. Е. Ф.Шнюков, Г. Н.Орловський. Киев : Наук. думка, 1986. 184 с.
54. Про затвердження Правил радіаційної безпеки при проведенні робіт у зоні відчуження і зоні безумовного (обов'язкового) відселення : наказ Міністерства охорони здоров'я України, Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 4

квітня 2008 р. № 179/276. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE15445> (дата звернення: 12.12.23).

55. Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 16.06.1992 р. № 2456-XII. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/T245600> (дата звернення: 30.05.24).

56. Програма Літопису природи для заповідників на національних природних парків / Андрієнко ТЛ., Попович С. Ю., Прядко О. І. та ін. К., 2002. 102 с.

57. Проєкт організації території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника та охорони його природних комплексів : затв. Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 09 листоп. 2021 р. № 737. Київ, 2021. Т. 2. 260 с.

58. Радіаційний ризик: мапа.
https://www.ecoleague.net/images/vydannia/ecomaps/Radiaciyna_nebezpeka_karta.pdf
(дата звернення: 27.12.2024).

59. Радіаційно-екологічний моніторинг як інструмент забезпечення процесів управління в зоні відчуження / Вишневський Д. О., Кіреєв С. І., Нікітіна Т. І., Обрізан С. М. 30 Років Чорнобильської катастрофи (огляди) : зб. інформ.-аналіт. доп. / Держ. агентство України з упр. зоною відчуження ; редкол.: В. В. Петрук та ін. Київ : КІМ, 2016. С. 126–142.

60. Сарапіна М. В., Варивода Є. О. The Peculiarities of Ecosystems Functioning in Case of Radioactive Pollution: from Degradation to Restoration. *Man and environment. Issues of neoecology*. 2016. No. 3/4(26). P. 83–89.

61. Стратегія інтегрованої автоматизованої системи радіаційного моніторингу: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2024. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/strategiya-integrovanoyi-avtomatyzovanoyi-systemy-radiatsijnogo-monitoryngu/> (дата звернення: 11.07.24).

62. Сучасні ландшафти Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. URL: https://zapovidnyk.org.ua/img-maps/Landscape_Chern.png (дата звернення: 21.08.24).
63. Тваринний світ / Галущенко О.М., Мельничук Т. В., Вишневський Д. О. та ін. *Літопис природи за 2022 рік* / Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. Київ, 2023. Т. 6. 170 с.
64. Тихолаз І. Сучасне браконьєрство в Україні: соціальне лихо та справжня загроза для національної безпеки. URL: <http://press-release.com.ua/content/view/7407/> (дата звернення: 11.10.23).
65. Тридцять п'ять років Чорнобильської катастрофи: радіологічні та медичні наслідки, стратегії захисту та відродження : Національна доповідь України / Держ. установа «Національний науковий центр радіаційної медицини». Київ, 2021. 283 с.
66. Турлова Ю. А. Кримінологічна характеристика браконьєрських посягань, що вчиняються групою осіб. *Держава і право*. 2010. Вип. 49. С. 535–540.
67. Удод Л. В. Роль українських заповідних об'єктів у створенні транскордонних охоронних територій. *Вісник Дніпропетровського держ. аграрно-економічного університету*. 2015. № 2. С. 13–15.
68. Францевич Л. И. Стандартизация данных для составления карты радиоактивного загрязнения животных. *Вестник зоологии*. 2006. Т. 40, № 2. С. 99–113.
69. Францевич Л. И., Ищук О. О. Радиоактивное загрязнение диких животных. *Бюл. екол. стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення*. 2000. № 16. С. 44–48.
70. Хомутинин Ю. В., Кашпаров В. А., Жебровская Е. И. Оптимизация отбора и измерений проб при радиоэкологическом мониторинге. Киев : ВПОЛ. 2001. 160 с.
71. Хомутинин Ю. В., Кашпаров В. А., Кузьменко А. В. Зависимость коэффициентов накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr рыбой от содержания калия и кальция в

воде пресноводного водоема Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51. №. 3. С. 374-384.

72. Червона книга України» в Зоні відчуження / Балашов Л. С., Гайченко В. А., Францевич Л. І. та ін. *Бюл. екологічного стану Зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення*. 1999. № 14. С. 35–37.

73. Чорнобильська зона відчуження: комплексна річкова науководслідна експедиція «Прип'ять-2019»: наук. дослідж. / О. А. Щипцов та ін. ; за ред. чл.-кор. НАН України О. А. Щипцова. – Київ :Держгідрографія, 2019. – 128 с.

74. Шевченко С., Шевчук Н., Рибак В. Сучасні тенденції порушень правил полювання на території Хмельницької області. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2021. Т. 31. С. 53–56.

75. Яковюк В. А. Прикордонне співробітництво у сфері охорони природного середовища регіону. *Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансова політика та інвестиції*. 2013. Вип. 19, № 4. С. 317–323.

76. A 2021 horizon scan of emerging global biological conservation issues / Sutherland W. J., Atkinson P. W., Broad S. et al. *Trends in Ecology & Evolution*. 2021. Vol. 36, Issue 1. P. 87–97.

77. A Comprehensive Analysis of Agricultural Non-Point Source Pollution in China: Current Status, Risk Assessment and Management Strategies / Jiang T., Wang M., Zhang W. et al. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. No. 6. P. 2515.

78. Abundance of birds in Fukushima as judged from Chernobyl / Møller A. P., Hagiwara A., Matsui S. et al. *Environmental Pollution*. 2012. Vol. 164. P. 36–39.

79. Al Mamun M. A., Yuce M. R. Sensors and systems for wearable environmental monitoring toward IoT-enabled applications: A review. *IEEE Sensors Journal*. 2019. Vol. 19, No. 18). P. 7771–7788.

80. Allafta H., Opp C., Patra S. Identification of groundwater potential zones using remote sensing and GIS techniques: a case study of the Shatt Al-Arab Basin. *Remote Sensing*, 2020. Vol. 13. No. 1. P. 112.

81. An overview of GIS-based modeling and assessment of mining-induced hazards: Soil, water, and forest. / Suh J., Kim S. M., Yi H., Choi Y. *International journal of environmental research and public health*, 2017. Vol. 14, No. 12. P. 1463.
82. Analysis of historical retention areas in the emergency zone nuclear power plant / Justova H., Tesarova B., Pecharova E. et al. *13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference of Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection (SGEM 2013)* (Albena, Bulgaria, 16–22 June, 2013). Albena, Bulgaria : Curran Associates, Inc., 2013. Vol. 1. P. 41–48.
83. Analysis of rural areas of ukraine on the basis of ESA worldcover 2020 / Skydan O., Pyvovar P., Topolnytskyi P., Prysiashna T. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25, No. 5. P. 74–85. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(5\).2022.74-85](https://doi.org/10.48077/scihor.25(5).2022.74-85)
84. Anspaugh Lynn R., Robert J. Catlin Marvin Goldman. The global impact of the Chernobyl reactor accident. *Science*. 1988. Vol. 242, Issue 4885. P. 1513–1519.
85. Application of aerospace methods of monitoring of forest fires and evaluation of burned area in Haskovo region in the summer of 2011 / Dimitrova M., Ivanova I., Zaharinova M., Nedkov R. //Seventh Scientific Conference with International Participation-Space, Ecology, Safety. 2011. P. 87-98.
86. Applications of drones for environmental monitoring of pollutant-emitting facilities / Son S. W., Yu J. J., Kim D. W. et al. *Proceedings of the National Institute of Ecology of the Republic of Korea*. 2021. Vol. 2. No.4. P. 298–304.
87. Are landscape ecologists addressing uncertainty in their remote sensing data? / Lechner A. M., Langford W. T., Bekessy S. A., Jones S. D. *Landscape ecology*, 2012. Vol. 27. P.1249–1261.
88. Are ranger patrols effective in reducing poaching-related threats within protected areas? / Moore J., Mulindahabi F., Masozera M. et al. *Journal of Applied Ecology*. 2017. Vol. 55.
89. Arvela H., Markkanen M., Lemmelä H. Mobile survey of environmental gamma radiation and fall-out levels in Finland after the Chernobyl accident. *Radiation Protection Dosimetry*. 1990. Vol. 32, Issue 3. P. 177–184.

90. Asadzadeh S., de Oliveira W. J., de Souza Filho C. R. UAV-based remote sensing for the petroleum industry and environmental monitoring: State-of-the-art and perspectives. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2022. Vol. 208. P. 109633.
91. Assessing landscape connectivity for large mammals in the Caucasus using Landsat 8 seasonal image composites / Bleyhl B., Baumann M., Griffiths P. et al. *Remote Sensing of Environment*. 2017. Vol. 193. P. 193–203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.001>
92. Assessment of the Consequences of Forest Fires in 2020 on the Territory of the Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve / Fedoniuk T., Borsuk O., Melnychuk T. et al. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, No. 8. P. 26–36. DOI: [10.48077/scihor.24\(8\).2021.26-36](https://doi.org/10.48077/scihor.24(8).2021.26-36)
93. Assessment of carbon emissions due to landscape fires in Ukraine during war in 2022 / Zibtsev, S., Pasternak, V., Vasylyshyn, R. et al. *Scientific Journal Ukrainian Journal of Forest & Wood Science*. 2024. Vol. 15. Issue 1. P. 126–139.
94. Assessment of Fire Hazard and Its Dynamics in Forest Areas of Siberia / Buryak L. V., Kukavskaya E. A., Ivanov V. A. et al. *Contemporary Problems of Ecology*. 2021. Vol. 14. P. 803-814.
95. Availability of forest plots for reforestation activities / Varaksin G. S., Vais A. A., Sokolov V. A. et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. Vol. 839. No 5. P. 052018.
96. Auflič, M.J., Herrera, G., Mateos, R.M. et al. Landslide monitoring techniques in the Geological Surveys of Europe. *Landslides* (2023). <https://doi.org/10.1007/s10346-022-02007-1>
97. Balasho L. S., Negrutsa Y. A. Grassland ecosystems of Chernobyl exclusion zone in connection with creation of free population of Przhevalsky horse. *Grassland ecology V : Proceedings of the 5th Ecological Conference (Banská Bystrica, Slovakia, 23-25 November 1999)*. Slovakia : Grassland and Mountain Agriculture Research Institute, 2000. P. 495–498.
98. Batisse M. The biosphere reserve: a tool for environmental conservation and management. *Environmental conservation*. 1982. Vol. 9, No. 2. P. 101–111.

99. Beresford N. A., Scott E. M., Coppstone D. Field effects studies in the Chernobyl Exclusion Zone: Lessons to be learnt. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2020. Vol. 211. Article 105893.
100. Biological response to Przewalski's horse reintroduction in native desert grasslands: a case study on the spatial analysis of ticks / Zhang Y., Liu J., Zhang K. et al. *BMC Ecology and Evolution*. 2024. Vol. 24, Iss. 1. Article 61. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12862-024-02252-z>
101. Brown C. F., Brumby S. P., Guzder-Williams B. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Sci Data*. 2022. Vol. 9. Article 251. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01307-4>
102. Brown K. Learning to read the great Chernobyl acceleration: literacy in the more-than-human landscapes. *Current Anthropology*. 2019. Vol. 60, No. S20. P. S198–S208.
103. Building capacity in biodiversity monitoring at the global scale / Schmeller D. S., Böhm M., Arvanitidis C. et al. *Biodiversity and conservation*. 2017. Vol. 26. P. 2765–2790.
104. Chodkiewicz A. Advantages and disadvantages of Polish primitive horse grazing on valuable nature areas—a review. *Global Ecology and Conservation*. 2020. Vol. 21. Article e00879. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00879>
105. Cloud-based remote sensing for wetland monitoring—a review / Abdelmajeed A. Y. A., Albert-Saiz M., Rastogi A., Juszczak R. *Remote Sensing*, 2023. Vol. 15, No. 6, p.1660.
106. Davids C., Tyler A. N. Detecting contamination-induced tree stress within the Chernobyl exclusion zone. *Remote Sensing of Environment*. 2003. Vol. 85, Issue 1. P. 30–38.
107. DEM and DSM data for wildfires. .URL: <https://apps.nationalmap.gov/downloader/#/> (дата звернення: 17.05.24).
108. Devell L, Lauritzen B. Radiological emergency monitoring systems in the Nordic and Baltic Sea countries: technical report. Denmark. 2001. URL: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20199363> (дата звернення: 02.08.23).

109. Development of drone-mounted multiple sensing system with advanced mobility for in situ atmospheric measurement: a case study focusing on PM_{2.5} local distribution / Madokoro, H., Kiguchi, O., Nagayoshi, T., et al. *Sensors*, 2021. Vol. 21, No.14. P. 4881.

110. Distribution of competition potential between native ungulates and free-roaming equids on western rangelands / Stoner D. C., Anderson M. T., Schroeder C. A. et al. *The Journal of Wildlife Management*. 2021. Vol. 85, No 6. P. 1062–1073. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.21993>

111. Dombrovsk V. C., Zhurauliou, D. V., Ashton-Butt A. Long-term effects of rewilding on species composition: 22 years of raptor monitoring in the Chernobyl Exclusion Zone. *Restoration Ecology*. 2022. Vol. 30, No. 8. Article e13633.

112. Dynamic World V1. URL: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/GOOGLE_DYNAMICWORLD_V1#bands. Режим доступа: 27.01.2024.

113. Eastern Europe's forest cover dynamics from 1985 to 2012 quantified from the full Landsat archive / Potapov P. V., Turubanova S. A., Tyukavina A. et al. *Remote Sensing of Environment*. 2015. Vol. 159. P. 28–43.

114. Effect of water restriction on equine behaviour and physiology / Houpt K. A., Eggleston A., Kunkle K., Houpt T. R. *Equine Veterinary Journal*. 2000. Iss. 32(4). P. 341–344.

115. Efficiency and composition of vertebrate scavengers at the land-water interface in the Chernobyl Exclusion Zone / Schlichtin P. E., Love C. N., Webster S. C., Beasley J. C. *Food Webs*. 2019. Vol. 18. Article e00107.

116. Environmental radiation monitoring in the Chernobyl exclusion zone—history and results 25 years after / Bondarkov, M. D., Oskolkov, B. Y., Gaschak, S. P. et al. *Health physics*, 2011. Vol. 101, No. 4. P. 442–485.

117. ESA. Sentinel-2 Data Overview. URL: <https://www.esa.int> (дата звернення: 02.05.25).

118. Estimating the exposure of small mammals at three sites within the Chernobyl exclusion zone – a test application of the ERICA-Tool / Beresford N. A.,

Gaschak S., Barnett C. L. et al. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2008. Vol. 99, Iss. 9. P. 1496–1502

119. European Space Agency. Copernicus Sentinel Data. URL: <https://www.copernicus.eu> (дата звернення: 06.09.24).

120. Experimental analysis and prediction of radionuclide solubility using machine learning models: Effects of organic complexing agents. / Kim B., Manchuri A. R., Oh G. T. et al. *Journal of Hazardous Materials*, 2024. Vol. 469. P. 134012.

121. Exploring the dynamic correlation of landscape composition and habitat fragmentation with surface water quality in the Shenzhen river and deep bay cross-border watershed, China / Xie Y., Yu X., Ng N. C. et al. *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 90. P. 231–246.

122. TasFire-Net: A deep learning framework for active forest fire detection / Seydi S. T., Saeidi V., Kalantar B. et al. *Journal of Sensors*. 2022. Vol. 2022. P. 1–14.

123. Forest fires within a temperate landscape: a decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe / Adámek M., Bobek P., Hadincová V. et al. *Forest Ecology and Management*. 2015. Vol. 336. P. 81–90.

124. Future scenarios of soil erosion in the Alps under climate change and land cover transformations simulated with automatic machine learning / Gianinetto M., Aiello M., Vezzoli R. et al. *Climate*. 2020. Vol. 8, Iss. 2. Article 28.

125. Gabriel A. K., Goldstein R. M., Zebker H. A. Mapping small elevation changes over large areas: Differential radar interferometry. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 1989. Vol. 94, No. B7. P. 9183–9191.

126. Gemitzi A. Are vegetation dynamics impacted from a nuclear disaster? The case of Chernobyl using remotely sensed NDVI and land cover data. *Land*. 2020. Vol. 9, Issue 11. Article 433.

127. Gemitzi A., Koutsias N. A Google Earth Engine code to estimate properties of vegetation phenology in fire affected areas—A case study in North Evia wildfire event on August 2021. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2022. Vol. 26. P. 100720.

128. Genetic diversity of the free-living population of Przewalski's horses in the Chernobyl Exclusion Zone / Kheidorova E. E., Homel K. V., Nikiforov M. E. et al. *Theriologia Ukrainica*. 2020. Vol. 20. P. 58–66.
129. Genetic diversity of the free-living population of Przewalski's horses in the Chernobyl Exclusion Zone / Kheidorova E. E., Homel K. V., Nikiforov M. E. et al. *Theriologia Ukrainica*. 2020. Vol. 20. P. 58–66.
130. Gholizadeh A., Kopačková V. (2019). Detecting vegetation stress as a soil contamination proxy: A review of optical proximal and remote sensing techniques. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2019. Vol. 16. P. 2511–2524.
131. GIS based remote sensing data to monitor biodiversity in the cultural parks of Ahaggar and Tassil Najjer (Southeast of Algeria) / Hamadouche M. A., Mederbal K., Khaldi A. *J. Appl. Env. Biol. Sci*, 2017. Vol. 7. No. 4. P. 88–104.
132. GIS-based environmental database for assessing the mine pollution: A case study of an abandoned mine site in Morocco. Khalil A., Hanich L., Hakkou R., Lepage M. *Journal of Geochemical Exploration*, 2014. Vol. 144. P. 468–477.
133. GIS-Based Landscape Management of the Uzh River Basin: A Strategy to Enhance River Water Quality / Fedoniuk T. P., Skydan O. V., Melnychuk T. V. et al. *Space Science and Technology*. 2023. Vol. 29, No 4(143). P. 43–66. DOI: <https://doi.org/10.15407/knit2023.04.000>
134. GIS based land use planning and watershed monitoring as tools for sustainable development / Alonso J., Rey J., Castro P., Guerra C. *Ecosystems and Sustainable Development VI*, Tiezzi, E., Marques, J., Brebbia, C. & Jorgensen, S., Editors, WIT Press. 2007. P. 205-214.
135. GIS-based spatial analysis model approach for identification of optimal hydrotechnical solutions for gully erosion stabilization. Case Study / Bilaşco Ş., Roşca S., Vescan I. et al. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, Iss. 11. Article 4847.
136. Goor F., Davydchuk V., Vandenhove H. GIS-based methodology for Chernobyl contaminated land management through biomass conversion into energy—a

case study for Polessie, Ukraine. *Biomass and Bioenergy*. 2003. Vol. 25. No. 4. P. 409-421.

137. Grant G. E., Tague C. L., Allen C. D. Watering the forest for the trees: an emerging priority for managing water in forest landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2013. Vol. 11, Iss. 6. P. 314–321.

138. Griffiths P., van der Linden S., Kuemmerle T., Hostert P. A pixel-based Landsat compositing algorithm for large area land cover mapping. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2013. Vol. 6(5). P. 2088–2101.

139. Guidelines for applying protected area management categories / (Ed.) Dudley N. Gland, Switzerland : Iucn., 2008. 86 p. ley, N. (Ed.). (2008). *Guidelines for applying protected area management categories*. Iucn.

140. Harvesting European knowledge on soil functions and land management using multi-criteria decision analysis / Bampa F., O'Sullivan L., Madena K. et al. *Soil Use and Management*. 2019. Vol. 35, Iss. 1. P. 6–20.

141. Hesslerová P., Pokorný J. Functional attributes of the landscape surrounding the Temelin nuclear power plant (Czech Republic). *International Journal of Remote Sensing*. 2015. Vol. 36, Issue 19-20. P. 5165-5177.

142. History, current state and perspectives of conservation of European bison in Ukraine / Parnikoza I., Boreiko V., Sesin V., Kaliuzhna M. *European Bison Conservation Newsletter*. 2009. Vol. 2. P. 5–16.

143. Howard Jonathon. Managing the natural environment: The role of park rangers and the skills they need. *Rural Society*. 2013. Vol. 22. P. 3818–3829.

144. IAEA. Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection. URL: <https://www.iaea.org/publications/7176/environmental-and-source-monitoring-for-purposes-of-radiation-protection> (дата звернення: 08.02.24).

145. Impact of air born technogenic pollution on agricultural soils depending on prevailing winds in polissya region (NW Ukraine) / Fedoniuk R. H., Fedoniuk T. P., Zimarioieva A. A. et al. *Ecological Questions*. 2020. Vol. 31, No. 1. P. 69–85.

146. Identification of marginal landscapes as support for sustainable development: GIS-based analysis and landscape metrics assessment in southern Italy areas / Cervelli E., Scotto di Perta E., Pindozi S. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. No. 13. P. 5400.
147. Impact of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantings on long term ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr recycling from a waste burial site in the Chernobyl Red Forest / Thiry Y., Colle C., Yoschenko V. et al. *Journal of environmental radioactivity*. 2009. Vol. 100, Issue 12. P. 1062–1068.
148. Influence of landscape organization on surface-water quality forming on an example of Ustya river basin (Ukraine) / Fedoniuk T. P., Zymarioieva A. A., Pazych V. M., Petruk A. A. *Ecologia Balkanica*. 2021. Vol. 13, Issue 2. P. 1–21.
149. Implementation of a GIS-based management tool for conservation of biodiversity within the municipality of Oslo, Norway / Pedersen Å. Ø., Nyhuus S., Blindheim T., Krog O. M. W. *Landscape and urban planning*. 2004. Vol. 68. No. 4. P. 429-438.
150. Influence of weather on the behaviour of reintroduced Przewalski's horses in the Great Gobi B Strictly Protected Area (Mongolia): Implications for conservation / Bernátková A., Oyunsaikhan G., Šimek J. et al. *BMC zoology*. 2022. Vol. 7, Iss. 1. Article 32. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40850-022-00130-z>
151. Influences of the land use pattern on water quality in low-order streams of the Dongjiang River basin, China: A multi-scale analysis / Ding J., Jiang Y., Liu Q. et al. *Science of the total environment*. 2016. Vol. 551. P. 205–216.
152. Ito T. Y., Lhagvasuren B., Tsunekawa A., Shinoda M. Habitat fragmentation by railways as a barrier to great migrations of ungulates in Mongolia. *Railway ecology / (Eds.) L. Borda-de-Água, R. Barrientos, P. Beja, H. M. Pereira*. Cham : Springer International Publishing, 2017. P. 229–246. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_14
153. Itoh M. Wildlife in the Exclusion Zone in Chernobyl. Itoh M. *Animals and the Fukushima Nuclear Disaster*. Cham : Springer Verlag, 2018. P. 177–187. DOI: 10.1007/978-3-319-70757-0_11

154. Jenks K., Howard J., Leimgruber P. Do Ranger Stations Deter Poaching Activity in National Parks in Thailand? *Biotropica*. 2012. Vol. 44. P. 23–37.
155. Jonson G. The nuclear tourist: An unforeseen legacy of the Chernobyl meltdown. *National Geographic*. 2014. Vol. 226.4. P.122-140.
156. Kajiwara I., Yoshihara Y., Sato S. A preliminarily assessment of landscape factors affecting habitat use by Przewalski horses and habitat evaluation in Hustai National Park, Mongolia. *Mammalian Biology*. 2016. Vol. 81. P. 340–344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2016.02.009>
157. The return Kalinichenko S. A., Nenashev R. A., Goloveshkin V. V. Horizontal migration of radionuclides in the top layer of soil of forest ecosystems in the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant. *Hydrogeology, engineering geology and geotechnics oil and gas exploration : 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019* (Albena, Bulgaria, 30 June – 6 July, 2019). Albena, Bulgaria : Curran Associates, Inc., 2019. Vol. 19, Iss. 1.4: Science and technologies in geology, exploration and mining. P. 349–356.
158. Kämäri, M. (2018). *Spatiotemporal variation of sediment and nutrient dynamics in seasonally ice-covered rivers*. (Doctoral dissertation, Itä-Suomen yliopisto). University of Eastern Finland Joensuu. P. 177.
159. Kelly Pennaz Alice. Is that Gun for the Bears? The National Park Service Ranger as a Historically Contradictory Figure. *Conservation and Society*. 2017. Vol. 15. P. 243–254.
160. Khorram S., Koch F. H., van der Wiele C. F., Nelson S. A. Remote sensing. USA : Springer Science & Business Media, 2012. 134 p.
161. Kim H. K., Cho H. R. Evaluation of americium solubility in synthesized groundwater: geochemical modeling and experimental study at over-saturation conditions //Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology (JNFCWT). 2022. Vol. 20. No. 4. P. 399-410.
162. Kingra P. K., Majumder D., & Singh S. P. Application of remote sensing and GIS in agriculture and natural resource management under changing climatic conditions. *Agricultural Research Journal*, 2016. Vol. 53, No. 3. P. 295–302.

163. Klementova E., Heinige V. Evaluation of ecological stability of agricultural landscape. *Melioration and Water Economy*. 1995. No. 5. P. 24–35.
164. Klementova E., Heinige V. Evaluation of ecological stability of agricultural landscape. *Melioration and Water Economy*. 1995. No. 5. P. 24–35.
165. Kumar S., Kalambukattu J. G. Modeling and monitoring soil erosion by water using remote sensing satellite data and GIS. *Anthropogeomorphology: A Geospatial Technology Based Approach* / (Eds.) Gouri Sankar Bhunia, Uday Chatterjee, K. C. Lal, Malsawmzauva, Pravat Kumar Shit. Cham : Springer International Publishing, 2022. P. 273–304.
166. Kurnar D. Monitoring forest cover changes using remote sensing and GIS: a global prospective. *Research Journal of Environmental Sciences*. 2011. Vol. 5. No. 2. P. 105.
167. Kuzemko A. Dry grasslands on sandy soils in the forest and forest-steppe zones of the plains region of Ukraine: present state of syntaxonomy. *Tuexenia*. 2009. No. 29. P. 369–390.
168. Laćan I., McBride J. R., De Witt D. Urban forest condition and succession in the abandoned city of Pripyat, near Chernobyl, Ukraine. *Urban forestry & urban greening*. 2015. Vol. 14(4). P. 1068–1078.
169. Linking the remote sensing of geodiversity and traits relevant to biodiversity—part II: geomorphology, terrain and surfaces / Lausch A., Schaepman M. E., Skidmore A. K. et al. *Remote sensing*. 2020. Vol. 12. No. 22. P. 3690.
170. Laćan I., McBride J. R., De Witt D. Urban forest condition and succession in the abandoned city of Pripyat, near Chernobyl, Ukraine. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2015. Vol. 14. P. 1068–1078. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.09.009>
171. Landscape changes at Chernobyl / Santos P. P., Sillero N., Boratyński Z., Teodoro A. C. *In Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XXI*. (2019, October). Vol. 11149. P. 509-526. SPIE.
172. Landscape-scale controls on the spatial distribution of caesium 137: A study based on an airborne geophysical survey across Northern Ireland / Rawlins B. G., Scheib

C., Beamish D. Et al. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2011. Vol. 36. No. 2. P. 158-169.

173. Landscape fire safety management: the experience of Ukraine and the EU / Skydan O. V., Fedoniuk T. P., Pyvovar P. V. et al. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. 2021. Vol. 6, No. 450. P. 125–132. DOI: 10.32014/2021.2518-170X.128.

174. Landslide detection, monitoring and prediction with remote-sensing techniques / Casagli N., Intrieri E., Tofani V. et al. *Nat Rev Earth Environ*. 2023. Vol. 4. P. 51–64. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00373-x>

175. Likens G., Lindenmayer D. *Effective ecological monitoring*. London ; Washington, DC : CSIRO publishing, 2018. 184 p.

176. Long-term effects of ionizing radiation after the Chernobyl accident: Possible contribution of historic dose / Omar-Nazir L., Shi X., Moller A. et al. *Environmental research*. 2018. Vol. 165. P. 55–62.

177. Maiti S., Bhattacharya A. K. Shoreline change analysis and its application to prediction: A remote sensing and statistics based approach. *Marine Geology*. 2009. Vol. 257(1/4). P. 11–23.

178. Mammadova, A. Integrating Japanese local government and communities into the educational curriculum on regional sustainability inside the UNESCO's biosphere reserves and geoparks. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, No. 5. P. 2497.

179. Mantovani F., Soeter R., Van Westen C. J. Remote sensing techniques for landslide studies and hazard zonation in Europe. *Geomorphology*. 1996. Vol. 15, Issue 3/4. P. 213–225.

180. Mapping the land use history for protection of soils in urban planning: what reliable scales in time and space? / Franck-Néel C., Borst W., Diome C., Branchu P. *Journal of Soils and Sediments*, 2015. Vol. 15. P. 1687-1704.

181. McCulloch J. S., Robinson M. History of forest hydrology. *Journal of hydrology*. 1993. Vol. 150, Iss. 2/4. P. 189–216.

182. Merz S., Shozugawa K., Steinhauser G. Analysis of Japanese radionuclide monitoring data of food before and after the Fukushima nuclear accident. *Environmental science & technology*. 2015. Vol. 49. No. 5. P. 2875–2885.
183. Moberg L. The Chernobyl accident. A summary 15 years after the accident (No. SSI—2001:07) / Swedish Radiation Protection Inst. 2001. URL: <https://inis.iaea.org/records/gawkg-6d531> (дата звернення: 16.04.23).
184. Moller A. P., Mousseau T. A. Birds prefer to breed in sites with low radioactivity in Chernobyl. *Proceedings of the Royal Society. Biology*. 2007a. Vol. 274. P. 1443–1448. DOI: 10.1098/rspb.2007.0005
185. Møller A. P., Barnier F., Mousseau T. A. Ecosystems effects 25 years after Chernobyl: pollinators, fruit set and recruitment. *Oecologia*. 2012. Vol. 170. P. 1155–1165.
186. Møller A. P., Mousseau T. A. Reduced abundance of insects and spiders linked to radiation at Chernobyl 20 years after the accident. *Biology Letters*. 2009. Vol. 5, No. 3. P. 356–359.
187. Møller A. P., Mousseau T. A. Species richness and abundance of forest birds in relation to radiation at Chernobyl. *Biology Letters*. 2007b. Vol. 3, No. 5. P. 483–486. DOI: 10.1098/rsbl.2007.0226
188. Monitoring for management of conservation and recreation in Australian protected area / Buckley R., Robinson J., Carmody J., King N. *Biodiversity and Conservation*, 2008. Vol. 17. P. 3589–3606.
189. Monitoring of selected soil contaminants using proximal and remote sensing techniques: Background, state-of-the-art and future perspectives / Gholizadeh A., Saberioon M., Ben-Dor E., Borůvka L. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2018. Vol. 48. No. 3. P. 243–278.
190. Monitoring Shoreline Changes along the Southwestern Coast of South Africa from 1937 to 2020 Using Varied Remote Sensing Data and Approaches / Murray J., Adam E., Woodborne S. et al. *Remote Sensing*. 2023. Vol. 15, Issue 2. Article 317. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15020317>

191. Monitoring tree mortality in Ukrainian *Pinus sylvestris* L. forests using remote sensing data from earth observing satellites / Skydan O., Fedoniuk T., Mozharovskii O. et al. *Annals of Forest Research*. 2022. Vol. 65, No. 2. P. 91–101. DOI: 10.15287/afr.2022.2328
192. Morita A., Blok A., & Kimura S. Environmental infrastructures of emergency: the formation of a civic radiation monitoring map during the Fukushima disaster. In: *Nuclear Disaster at Fukushima Daiichi*. Routledge. 2013. p. 78–96.
193. Mousseau T. A., Møller A. P. Genetic and ecological studies of animals in Chernobyl and Fukushima. *Journal of Heredity*. 2014. Vol. 105, Issue 5. P. 704–709.
194. National Inventory of Landscapes in Sweden (NILS)—scope, design, and experiences from establishing a multiscale biodiversity monitoring system. / Ståhl G., Allard A., Esseen P. A. et al., *Environmental monitoring and assessment*. 2011. Vol. 173. P. 579–595.
195. Nation wide remote sensing framework for forest resource assessment in war-affected Ukraine / Myroniuk V., Weinreich A., von Dosky V. et al. *Forest Ecology and Management*. 2024. Vol. 569. P. 122–156.
196. Natural forest regeneration in Chernobyl Exclusion Zone: predictive mapping and model diagnostics / Matsala M., Bilous A., Myroniuk V. et al. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2021. Vol. 36, No. 2/3. P. 164–176.
197. Novel technologies and their application for protected area management: A supporting approach in biodiversity monitoring / Dalton D. T., Pascher K., Berger, V. et al. *Protected Area Management-Recent Advances*. 2021. P. 269–282.
198. Object-oriented soil erosion modelling: A possible paradigm shift from potential to actual risk assessments in agricultural environments / Borrelli P., Meusburger K., Ballabio C. et al. *Land degradation & development*. 2018. Vol. 29, Iss. 4. P. 1270–1281.
199. Ocean Remote Sensing Techniques and Applications: A Review. Part I / Amani M., Moghimi A., Mirmazloumi S. M. et al. *Water*. 2022. Vol. 14, Issue 21. Article 3400. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14213400>
200. One soil. URL: <https://onesoil.ai/en> (дата звернення: 16.05.23).

201. Perry D. A., Oren R., Hart S. C. *Forest Ecosystems*. 2nd ed. Baltimore ; London : Johns Hopkins University Press, 2008. 606 p.
202. Pomerantseva M. D., Ramaiya L. K., Chekhovich A. V. Genetic disorders in house mouse germ cells after the Chernobyl catastrophe. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. 1997. Vol. 381(1). P. 97–103.
203. Post-fire recovery of vegetation in the Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve / Zymaroieva, A., Kolomiychuk, V., Fedoniuk, T. et al. *International Journal of Environmental Studies*, 2014. Vol. 81. No. 1. P. 489-509.
204. Predicting peak flows in real time through event based hydrologic modeling for a trans-boundary river catchment / Shahid M. A., Boccardo P., Usman M. *Water Resources Management*, 2017. Vol. 31. P. 793–810.
205. Pretty J., Smith D. Social capital in biodiversity conservation and management. *Conservation biology*. 2004. Vol. 18, No. 3. P. 631–638.
206. Prospects and main aspects of the GIS-technologies application for monitoring of biodiversity (on the example of the Chornobyl Radiation-Ecological Biosphere Reserve) / Fedonyuk T. P., Galushchenko O. M., Melnichuk T. V. et al. *Space Science and Technology*. 2020. Vol. 26, No. 6. P. 75–93.
207. Radiological mapping of post-disaster nuclear environments using fixed-wing unmanned aerial systems: A study from chornobyl / Connor D. T., Wood K., Martin P. G. et al. *Frontiers in Robotics and AI*. 2020. Vol. 6. Article 149.
208. Radziuk H., Świtoniak M. The Effect of Erosional Transformation of Soil Cover on the Stability of Soil Aggregates within Young Hummocky Moraine Landscapes in Northern Poland. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, Iss. 11. Article 2595.
209. Raheja J. C., Gaur M. Geospatial Technologies for Sustainable Development of the Natural Resources. *Remote Sensing for Natural Resources Management & Monitoring*. 2016. PA. 58.
210. Ramachandra T. V. Comparative assessment of techniques for bioresource monitoring using GIS and remote sensing. *The ICFAI Journal of Environmental Sciences*. 2007. Vol. 1. No. 2. P. 7-47.

211. Rapid land use change after socio-economic disturbances: the collapse of the Soviet Union versus Chernobyl / Hostert P., Kuemmerle T., Prishchepov A. et al. *Environmental Research Letters*. 2011. Vol. 6, No. 4. Article 045201.
212. Remote sensing for biodiversity science and conservation / Turner W., Spector S., Gardiner N. et al. *Trends in ecology & evolution*. 2003. Vol. 18, Issue 6. P. 306–314.
213. Remote Sensing Science. URL: <https://natural-resources.canada.ca/science-and-data/science-and-research/remote-sensing-science/21751> (дата звернення: 16.03.24).
214. Renzi J. J., He Q., Silliman B. R. Harnessing positive species interactions to enhance coastal wetland restoration. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2019. Vol. 7. Article 131.
215. Research of forest fires using remote sensing data (on the example of the Chernobyl Exclusion Zone) / Babushka A., Babiy L., Chetverikov B., Sevruck A. *Geodesy, cartography and aerial photography*. 2021. Vol. 94. P. 35–43.
216. Resource partitioning among large herbivores in Hustai National Park, Mongolia / Sietses D. J., Faupin G., de Boer W. F. et al. *Mammalian Biology*. 2009. Vol. 74. P. 381–393. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2009.04.001>
217. Rewilding complex ecosystems / Perino A., Pereira H. M., Navarro L. M. et al. *Science*. 2019. Vol. 364, Issue 6438. Eaav 5570.
218. Romanchuck L. D., Fedonyuk T. P., Fedonyuk R. G. Model of influence of landscape vegetation on mass transfer processes. *Biosystems Diversity*. 2017. Vol. 25, No. 3. P. 203–209. DOI: 10.15421/011731
219. Roy DP, Ju J, Kline K, Scaramuzza PL, Kovalsky V, Hansen M, Loveland TR, Vermote E, Zhang C, 2010. Web-enabled Landsat Data (WELD): Landsat ETM+ composited mosaics of the conterminous United States. *Remote Sensing of Environment* 114:35-49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.011>.
220. Roy D. P., Yan L.. Robust Landsat-based crop time series modelling. *Remote Sensing of Environment*. 2020. Vol. 238. Article 110810.

221. Rusnák, M., Sačkov, I., Barka, I., ... & Vladovič, J. (2019). A review of the application of remote sensing data for abandoned agricultural land identification with focus on Central and Eastern Europe / Goga, T., Feranec, J., Bucha, T. et al. *Remote sensing*, 2019. Vol. 11, No. 23. P. 2759.
222. Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges / Pettorelli N., Laurance W. F., O'Brien T. G. et al. *Journal of Applied Ecology*. 2014. Vol. 51, Issue 4. P. 839–848.
223. Schelhaas M. J., Nabuurs G. J., Schuck A. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*. 2003. Vol. 9, Iss. 11. P. 1620–1633.
224. Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis / Albert J.S., Destouni G., Duke-Sylvester S.M. et al. *Ambio*. 2021. Vol. 50, Iss. 1. P. 85–94.
225. Seitz N. E., Westbrook C. J., Noble B. F. Bringing science into river systems cumulative effects assessment practice. *Environmental Impact Assessment Review*. 2011. Vol. 31, Iss. 3. P. 172–179.
226. Shkvyrya M., Vishnevskiy D. Large carnivores of the chernobyl nuclear power plant exclusion zone. *Vestnik zoologii*. 2012. Vol. 46, No. 3. P. e-21–e-28.
227. Six-year monitoring of the vertical distribution of radiocesium in three forest soils after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident / Takahashi J., Onda Y., Hihara D., & Tamura K. *Journal of environmental radioactivity*. 2018. Vol. 192. P. 172–180.
228. Skydan O. V., Danyk Yu. H., Fedoniuk T. P., et al. (2022). Space and geoinformation support for decision-making in key areas of national security and defense of Ukraine: monografy. Ed. Red. O. V. Skydan. Zhytomyr: Poliskyi natsionalnyi universytet, 280 p. ISBN 978-617-7684-81-6 [In Ukrainian].
229. Small mammals from the most radioactive sites near the Chornobyl nuclear power plant / Baker R. J., Hamilton M. J., Bussche R. et al. *Journal of Mammalogy*. 1996. Vol. 77, Iss. 1. P. 155–170.
230. Smartphone and tablet-based sensing of environmental radioactivity: mobile low-cost measurements for monitoring, citizen science, and educational

purposes / Keller O., Benoit M., Müller A., Schmeling S. *Sensors*. 2019. Vol. 19, Issue 19. Article 4264.

231. Song Y., Song X., Shao G. Response of water quality to landscape patterns in an urbanized watershed in Hangzhou, China. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Iss. 14. Article 5500.

232. Sorokina L., & Tsyhanok Y. Analysis of the Land Cover Structure Dynamics of Landscapes in the Chernobyl Nuclear Power Plant Exclusion Zone (Methodical Aspect). In: *International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2024»*. European Association of Geoscientists & Engineers, 2024. p. 1-5.

233. Space and geoinformation support for decision-making in key areas of national security and defense of Ukraine : monografy / Skydan O. V., Danyk Yu. H., Fedoniuk T. P. et al.; (Ed.) O. V. Skydan. Zhytomyr : Poliskyi natsionalnyi universytet, 2022. 280 p.

234. Spatial datasets of radionuclide contamination in the Ukrainian Chernobyl Exclusion Zone / Kashparov V., Levchuk S., Zhurba M. et al. *Earth System Science Data (ESSD)*. 2018. Vol. 10. P. 339–353. URL: <https://www.earth-syst-sci-data.net/10/339/2018/> (дата звернення: 18.09.23).

235. Soil contamination with ^{90}Sr in the near zone of the Chernobyl accident. Kashparov, V. A., Lundin, S. M., Khomutinin, Y. V. et al. *Journal of environmental radioactivity*. 2001. Vol. 56. Issue 3. P. 285-298.

236. Spatial scale effects of landscape patterns on water quality changes in drinking water source protection areas: a case study in the Guishui River Basin, China / Hu Y., Yin S., Xiao W. et al. *Arabian Journal of Geosciences*. 2022. Vol. 15, Iss. 8. Article 685.

237. Spatial structure of natural landscapes within the Chernobyl Exclusion Zone / Fedoniuk T. P., Pyvovar P. V., Skydan V. et al. *Journal of Water and Land Development*. 2024. No 60. P. 79–90. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2024.149110>

238. Spatiotemporal trends of illegal activities from ranger-collected data in a Ugandan national park: Trends in Illegal Activities / Critchlow Rob, Plumtre Andrew, Driciru Margaret et al. *Conservation Biology*. 2015. Vol. 29, Iss. 5. P. 1458–70.

239. Strahler A. N. Hypsometric (area- altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*. 1952. Vol. 63, No. 11. P. 1117–1142.
240. Study of forest fires according to remote sensing data (on the example of the Chernobyl exclusion zone) / Sevruck A., Babiy L., Babushka A., Chetverikov B. *GeoTerrace – 2021* : International Conference of Young Professionals. EAGE Publications BV., 2021. Vol. 2021, No. 1. P. 1–5.
241. Sustainable Application of Artificial Intelligence in Biomonitoring for Environmental Sustainability: Challenges and Prospects. / Hait M., Sahu P., Biswas S., Izah S. C. *Biomonitoring of Pollutants in the Global South*. 2024. P. 747–778.
242. Sutton M. W., Weiersbye I. M., Galpin J. S. Use of remote sensing and GIS in a risk assessment of gold and uranium mine residue deposits and identification of vulnerable land use. *Johannesburg, South Africa: University of the Witwatersrand*. 2012. P.223.
243. Syntaxonomy of sandy and rocky grasslands of Ukraine: preliminary results of large-scale analysis. In: From Population Biology to Community Ecology / Kuzemko A., Dubyna D., Dziuba T. et al. *From Population Biology to Community Ecology* : Book of Abstracts 12th European Dry Grassland Meeting (Mainz, Germany, 22–27 May 2015) / Universities of Mainz and Trier. Mainz-Trier : John Wiley & Sons, Inc., 2015. P. 24.
244. RobTemporary wetlands: challenges and solutions to conserving a ‘disappearing’ ecosystem / Calhoun A. J., Mushet D. M., Bell K. P. et al. *Biological conservation*. 2017. Vol. 211. P. 3–11.
245. The impact of radioactive contamination on tree regeneration and forest development in the Chernobyl Exclusion Zone. Matsala M., Senf C., Bilous, A. et al. *Applied Vegetation Science*, 2022, 25.1: e12631.
246. The influence of landscape structure on the quality index of surface waters / Fedoniuk T. P., Fedoniuk R. H., Romanchuk L. D. et al. *Journal of Water and Land Development*. 2019. No. 43(1). P. 56–63. DOI: 10.2478/jwld-2019-0063
247. The return of nature to the Chernobyl Exclusion Zone: increases in forest cover of 1.5 times since the 1986 disaster / Matsala M., Bilous A., Myroniuk V. et al. *Forests*. 2021. Vol. 12, Iss. 8. Article 1024. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12081024>

248. The State Of Ukraine's Protected Areas: An Interim Update On Damages From The Full-Scale Invasion / Hannah L. Timmins, O. Petrovych, A. Drapaliuk et al. *PARKS*. 2023. Vol. 29. P. 52–63.
249. The Value of Protected Areas Ranger Service Personnel for Biodiversity Monitoring: Case Study in Paklenica National Park (Croatia) / Bišćan Matko, Lukač Gordan, Špalj Franjo et al. *Ekológia (Bratislava)*. 2022. Vol. 41. P. 183–200.
250. The wildfire problem in areas contaminated by the Chernobyl disaster / Ager A. A., Lasko R., Myroniuk V. et al. *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 696. Article 133954.
251. Thirty years after the Chernobyl accident: What lessons have we learnt? / Beresford N. A., Fesenko S., Konoplev A. et al. *Journal of environmental radioactivity*. 2016. Vol. 157. P. 77–89.
252. Trends in demography, genetics, and social structure of Przewalski's horses in Hortobagy National Park, Hungary over the last 22 years / Kerekes V., Sandor I., Nagy D. et al. *Global Ecology and Conservation*. 2021. Vol. 25. Article e01407. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01407>
253. Trouwborst A., Svenning J. C. Megafauna restoration as a legal obligation: International biodiversity law and the rehabilitation of large mammals in Europe. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*. 2022. No. 31-2. P. 182–198.
254. Use of machine learning and deep learning to predict particulate ¹³⁷Cs concentrations in a nuclearized river. / Lepage H., Nicoulaud-Gouin V., Pele K., Boyer P. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2023. Vol. 270. P.107294.
255. USGS. Landsat Missions Available: URL: <https://www.usgs.gov> (дата звернення: 02.05.25).
256. Vishnevskyi D. The experience of low-resource fauna research by using camera traps. *Theriologia Ukrainica*. 2021. Vol. 21. P. 114–124.
257. Vegetation fires, smoke emissions, and dispersion of radionuclides in the Chernobyl exclusion zone / Hao W. M., Bondarenko O. O., Zibtsev S., Hutton D. *Developments in environmental science*, 2008. Vol. 8. P. 265-275.

258. Water use patterns of sympatric Przewalski's horse and khulan: interspecific comparison reveals niche differences / Zhang Y., Cao Q. S., Rubenstein D. I. et al. *PLoS One*. 2015. Vol. 10(7). Article e0132094. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132094>
259. Web-enabled Landsat Data (WELD): Landsat ETM+ composited mosaics of the conterminous United States / Roy D. P., Ju J., Kline K. et al. *Remote Sensing of Environment*. 2010. Vol. 114. P. 35–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.011>.
260. What are the band designations for the Landsat satellites? URL: https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products (дата звернення: 05.10.23).
261. What are the best Landsat spectral bands for use in my research? URL: <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-research> (дата звернення: 22.19.23).
262. Wildfires in Chernobyl-contaminated forests and risks to the population and the environment: A new nuclear disaster about to happen? / Evangelidou N., Balkanski Y., Cozic A. et al. *Environment international*. 2014. Vol. 73. P. 346–358.
263. Wildfires in the Chornobyl exclusion zone – Risks and consequences / Beresford N. A., Barnett C. L., Gashchak S. et al. *Integrated environmental assessment and management*. 2021. Vol. 17, Issue 6. P. 1141–1150.
264. Wilsey B. The biology of grasslands. Oxford, United Kingdom : Oxford University Press, 2018. 208 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.22002>
265. Xia, C., Cao, J., Zhang, H., Gao, X., Yang, W., & Blank, D. (2014). Reintroduction of Przewalski's horse (*Equus ferus przewalskii*) in Xinjiang, China: the status and experience. *Biological conservation*, 177, 142-147. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.06.021>
266. Yadav P. K., Mohnish Kapoor, Kiranmay Sarma. Land use land cover mapping, change detection and conflict analysis of Nagzira-Navegaon Corridor, Central India using geospatial technology. *International Journal of Remote Sensing and GIS*. 2012. Vol. 1, No. 2. P. 90–98.

267. Yeremenko S., Sydorenko V., Andrii P., Shevchenko R., Vlasenko Y. Existing Risks of Forest Fires in Radiation Contaminated Areas: A Critical Review / Yeremenko S., Sydorenko V., Andrii P. et al. *Ecological Questions*. 2021. Vol. 32, No. 3. P. 35–47.

268. Yoccoz N. G., Nichols J. D., Boulinier T. Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in ecology & evolution*. 2001. Vol. 16, No. 8. P. 446–453.

ДОДАТКИ

Результати застосування опитувальника «Фауна» для класу Птахи

Група, вид		Спостереження	
Латинська назва	Українська назва	К-сть	%
<i>Tetrao tetrix</i> (Linnaeus, 1758)	Тетерук	134	14
<i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758)	Канюк звичайний	74	7,5
<i>Tetrastes bonasia</i> (Linnaeus, 1758)	Орябок	69	7
<i>Haliaeetus albicilla</i> (Linnaeus, 1758)	Орлан-білохвіст	66	6,6
<i>Anas platyrhynchos</i> (Latham, 1758)	Крижень	46	4,6
<i>Ciconia nigra</i> (Linnaeus, 1758)	Лелека чорний	39	3,9
<i>Glaucidium passerinum</i> (Linnaeus, 1758)	Сичик-горобець	30	3
<i>Lanius excubitor</i> (Linnaeus, 1758)	Сорокопуд сірий	25	2,5
<i>Falco subbuteo</i> (Linnaeus, 1758)	Підсоколик великий	25	2,5
<i>Cygnus cygnus</i> (Latham, 1758)	Лебідь-кликун	24	2,4
<i>Grus grus</i> (Linnaeus, 1758)	Журавель сірий	24	2,4
<i>Pernis apivorus</i> (Linnaeus, 1758)	Осоїд	24	2,4
<i>Egretta alba</i> (Linnaeus, 1758)	Чепура велика	22	2,2
<i>Circaetus gallicus</i> (Gmelin, 1788)	Зміїд	17	1,7
<i>Circus aeruginosus</i> (Linnaeus, 1758)	Лунь очеретяний	16	1,6
<i>Falco tinnunculus</i> (Linnaeus, 1758)	Боривітер звичайний	15	1,5
<i>Aquila pomarina</i> (Brehm, 1831)	Підорлик малий	13	1,3
<i>Columba oenas</i> (Linnaeus, 1758)	Голуб-синяк	13	1,3
<i>Dryocopus martius</i> (Linnaeus, 1758)	Жовна чорна	11	1,1
<i>Cygnus olor</i> (Gmelin, 1789)	Лебідь шипун	11	1,1
<i>Dendrocopos leucotos</i> (Bechstein, 1802)	Дятел білоспинний	11	1,1
<i>Ardea cinerea</i> (Linnaeus, 1758)	Чапля сіра	10	1
<i>Accipiter gentilis</i> (Linnaeus, 1758)	Яструб великий	9	0,9
<i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)	Яструб малий	8	0,8
<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	Голуб сизий	8	0,8
<i>Strix aluco</i> (Linnaeus, 1758)	Сова сіра	7	0,7
<i>Scolopax rusticola</i> (Linnaeus, 1758)	Слуква	7	0,7
<i>Pyrrhula pyrrhula</i> (Linnaeus, 1758)	Снігур	7	0,7
<i>Columba palumbus</i> (Linnaeus, 1758)	Припутень	7	0,7
<i>Haematopus ostralegus</i> (Linnaeus, 1758)	Кулик-сорока	6	0,6
<i>Urupa eupops</i> (Linnaeus, 1758)	Одуд євразійський	6	0,6
<i>Pandion haliaetus</i> (Linnaeus, 1758)	Скопа	6	0,6
<i>Phalacrocorax carbo</i> (Linnaeus, 1758)	Баклан великий	6	0,6
<i>Circus pygargus</i> (Linnaeus, 1758)	Лунь лучний	5	0,5
<i>Nucifraga caryocatactes</i> (Linnaeus, 1758)	Горіхівка	5	0,5
<i>Bucephala clangula</i> (Latham, 1758)	Гоголь	5	0,5
<i>Tetrao urogallus</i> (Linnaeus, 1758)	Глушець	5	0,5
<i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus, 1758)	Дятел звичайний	5	0,5
<i>Anas crecca</i> (Latham, 1758)	Чирянка мала	4	0,4
<i>Caprimulgus europaeus</i> (Linnaeus, 1758)	Дрімлюга	4	0,4
<i>Asio otus</i> (Linnaeus, 1758)	Сова вухата	4	0,4
<i>Bubo bubo</i> (Linnaeus, 1758)	Пугач	4	0,4

Група, вид		Спостереження	
Латинська назва	Українська назва	К-сть	%
<i>Coracias garrulus</i> (Linnaeus, 1758)	Сиворакша	4	0,4
<i>Aquila clanga</i> (Pallas, 1811)	Підорлик великий	4	0,4
<i>Anser anser</i> (Linnaeus, 1758)	Гуска сіра	4	0,4
<i>Gavia arctica</i> (Linnaeus, 1758)	Гагара чорношия	4	0,4
<i>Phoenicurus phoenicurus</i> (Linnaeus, 1758)	Горіхвостка звичайна	4	0,4
<i>Coturnix coturnix</i> (Linnaeus, 1758)	Перепілка	3	0,3
<i>Merops apiaster</i> (Linnaeus, 1758)	Бджолоїдка звичайна	3	0,3
<i>Corvus corax</i> (Linnaeus, 1758)	Крук	3	0,3
<i>Circus cyaneus</i> (Linnaeus, 1766)	Лунь польовий	3	0,3
<i>Cuculus canorus</i> (Linnaeus, 1758)	Зозуля	2	0,2
<i>Crex crex</i> (Linnaeus, 1758)	Деркач	2	0,2
<i>Aquila chrysaetos</i> (Linnaeus, 1758)	Беркут	2	0,2
<i>Vanellus vanellus</i> (Linnaeus, 1758)	Чайка	2	0,2
<i>Ficedula parva</i> (Bechstein, 1792)	Мухоловка мала	2	0,2
<i>Numenius arquata</i> (Linnaeus, 1758)	Кульон великий	2	0,2
<i>Phylloscopus sibilatrix</i> (Bechstein, 1793)	Вівчарик жовтобровий	2	0,2
<i>Parus major</i> (Linnaeus, 1758)	Синиця велика	2	0,2
<i>Ciconia ciconia</i> (Linnaeus, 1758)	Лелєка білий	2	0,2
<i>Actitis hypoleucos</i> (Linnaeus, 1758)	Набережник	2	0,2
<i>Garrulus glandarius</i> (Linnaeus, 1758)	Сойка звичайна	2	0,2
<i>Bombycilla garrulus</i> (Linnaeus, 1758)	Омелюх	1	0,1
<i>Fringilla coelebs</i> (Linnaeus, 1758)	Зяблик	1	0,1
<i>Erithacus rubecula</i> (Linnaeus, 1758)	Вільшанка	1	0,1
<i>Lanius collurio</i> (Linnaeus, 1758)	Сорокопуд терновий	1	0,1
<i>Picus canus</i> (Gmelin, 1788)	Жовна сива	1	0,1
<i>Coccothraustes coccothraustes</i> (Linnaeus, 1758)	Костогриз	1	0,1
<i>Tringa glareola</i> (Linnaeus, 1758)	Коловодник болотяний	1	0,1
<i>Mergus merganser</i> (Linnaeus, 1758)	Крех великий	1	0,1
<i>Strix nebulosa</i> (Johann Reinhold Forster, 1772)	Сова бородата	1	0,1
<i>Philomachus pugnax</i> (Linnaeus, 1758)	Брижач	1	0,1
<i>Falco peregrinus</i> (Tunstall, 1771)	Сапсан	1	0,1
<i>Oriolus oriolus</i> (Linnaeus, 1758)	Вивільга	1	0,1
<i>Sterna albifrons</i> (Pallas, 1764)	Крячок малий	1	0,1
<i>Chlidonias hybrida</i> (Pallas, 1811)	Крячок білощокий	1	0,1
<i>Ixobrychus minutus</i> (Linnaeus, 1766)	Бугайчик	1	0,1
<i>Tringa ochropus</i> (Linnaeus, 1758)	Коловодник лісовий	1	0,1
<i>Pica pica</i> (Linnaeus, 1758)	Сорока звичайна	1	0,1
<i>Falco columbarius</i> (Linnaeus, 1758)	Підсоколик малий	1	0,1
<i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)	Ластівка берегова	1	0,1
<i>Turdus merula</i> (Linnaeus, 1758)	Дрізд чорний	1	0,1
<i>Larus cachinnans</i> (Pallas, 1811)	Мартин жовтоногий	1	0,1
<i>Milvus migrans</i> (Boddaert, 1783)	Шуліка чорний	1	0,1
<i>Hirundo rustica</i> (Linnaeus, 1758)	Ластівка сільська	1	0,1
<i>Corvus cornix</i> (Linnaeus, 1758)	Ворона сіра	1	0,1
<i>Alcedo atthis</i> (Linnaeus, 1758)	Рибалочка	1	0,1
<i>Asio flammeus</i> (Pontoppidan, 1763)	Сова болотяна	1	0,1

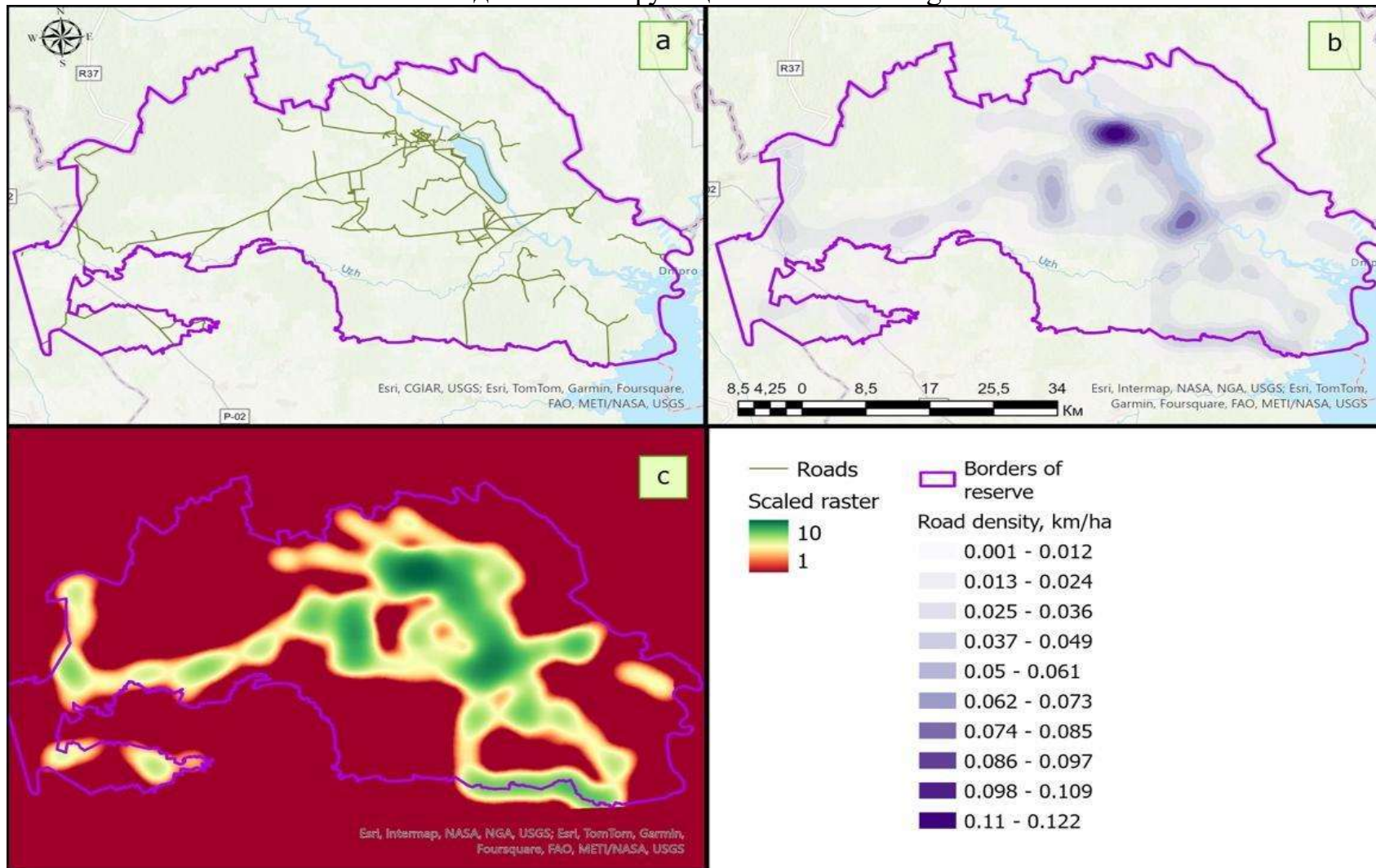
Додаток Б1. Пересування коней Пржевальського в межах зони відчуження
(фото Д. Вишневіського).



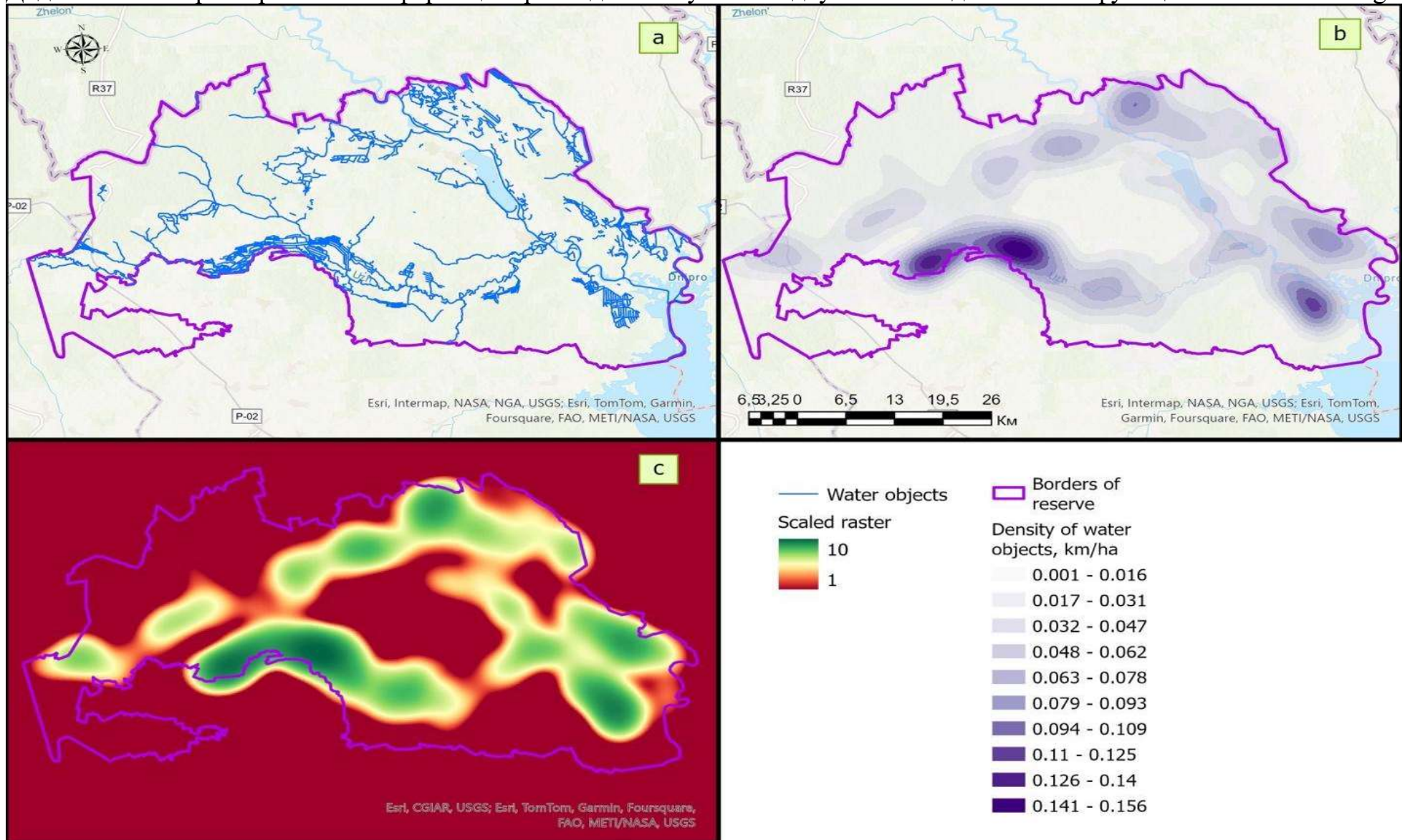
Додаток Б2. Міграція коней Пржевальського поблизу промислової частини Чорнобильської зони відчуження під час масштабних лісових пожеж у квітні 2022 року.



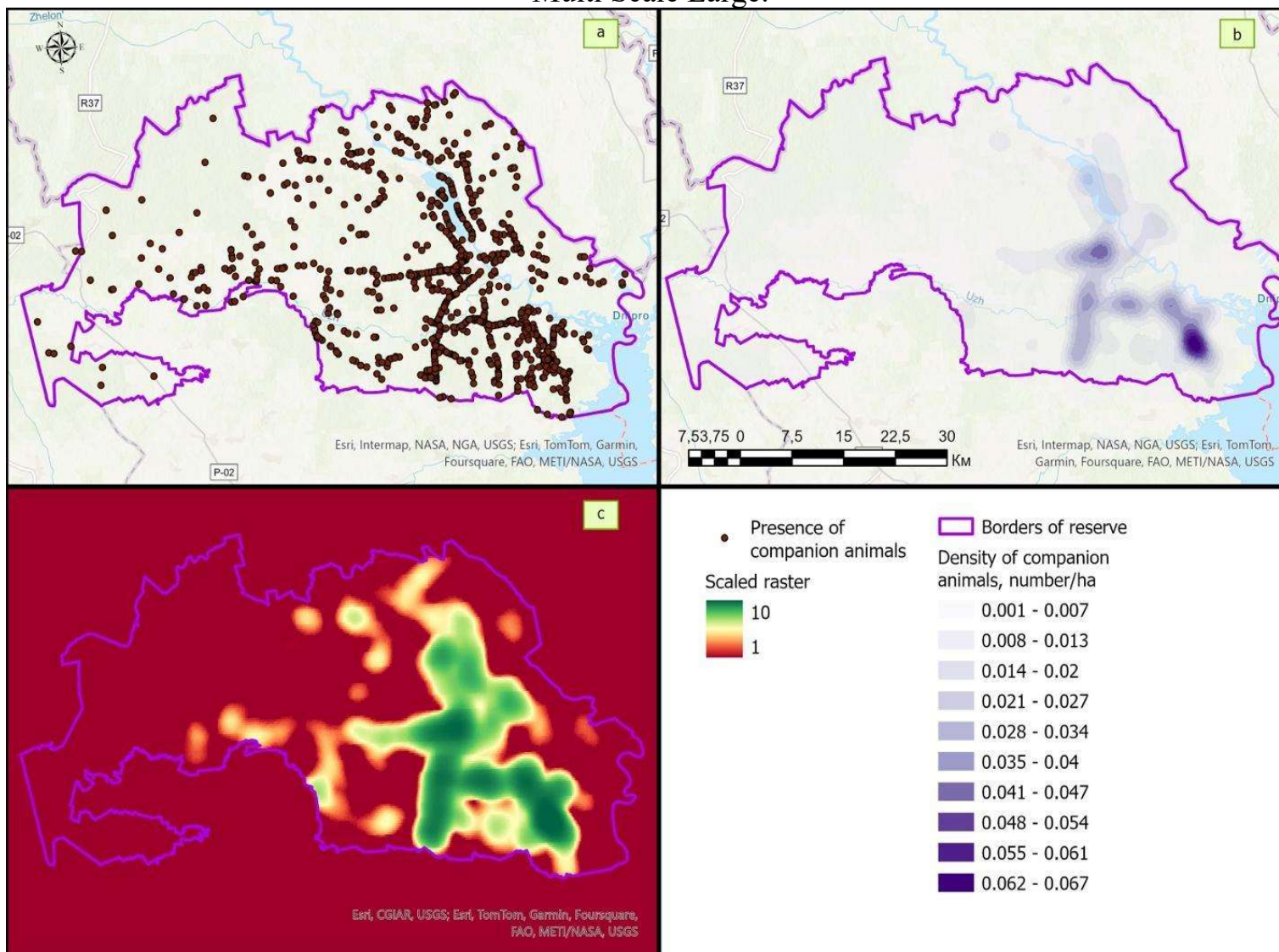
Додаток В1. Трансформація геоінформації про розміщення доріг у зоні відчуження за допомогою функції Multi Scale Large



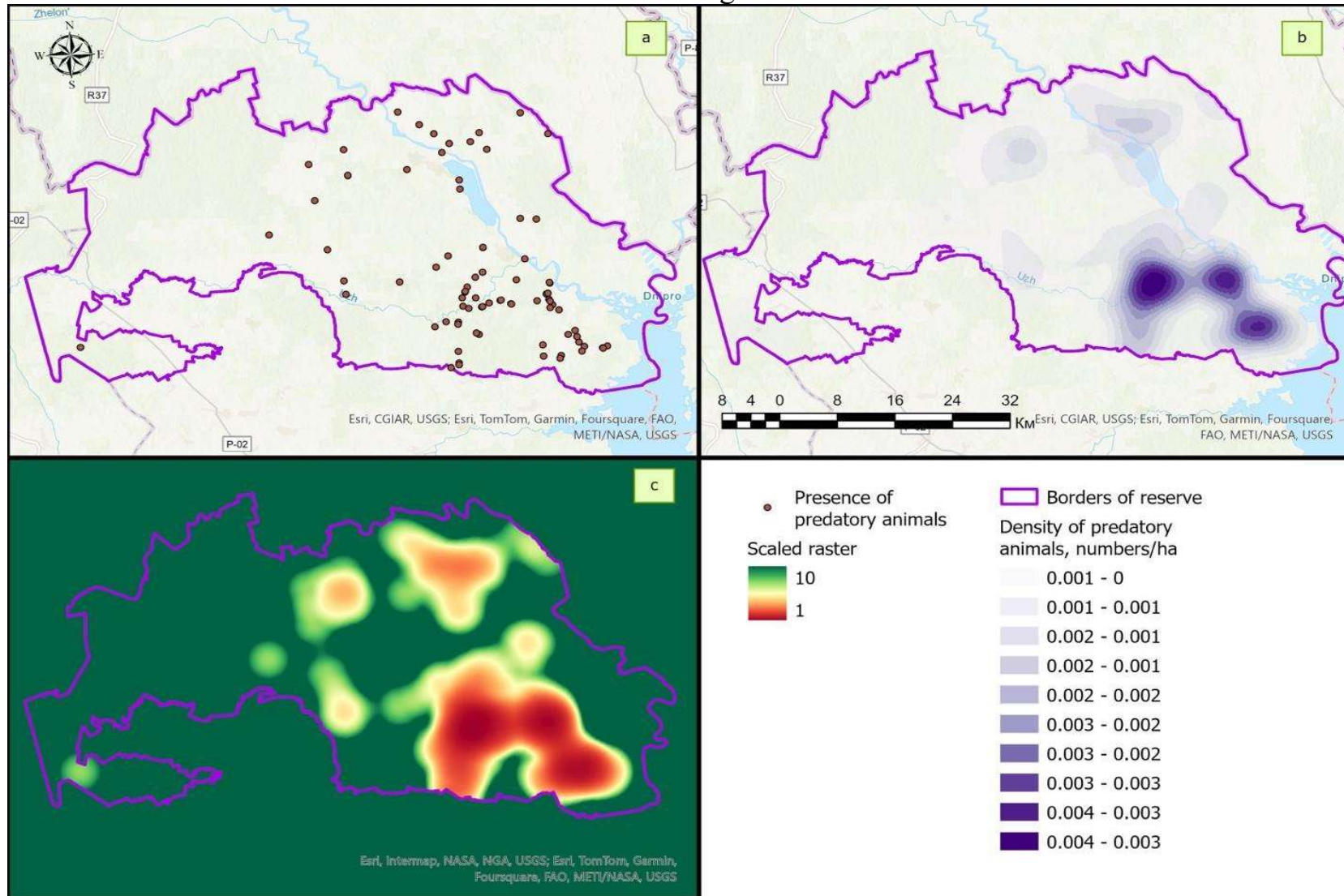
Додаток В2. Перетворення геоінформації про водойми у зоні відчуження за допомогою функції Multi Scale Large



Додаток В3. Трансформація геоінформації про наявність тварин-компаньйонів у зоні відчуження за допомогою функції Multi Scale Large.



Додаток В4. Трансформація геоінформації про наявність хижих тварин у зоні відчуження за допомогою функції Multi Scale Large.

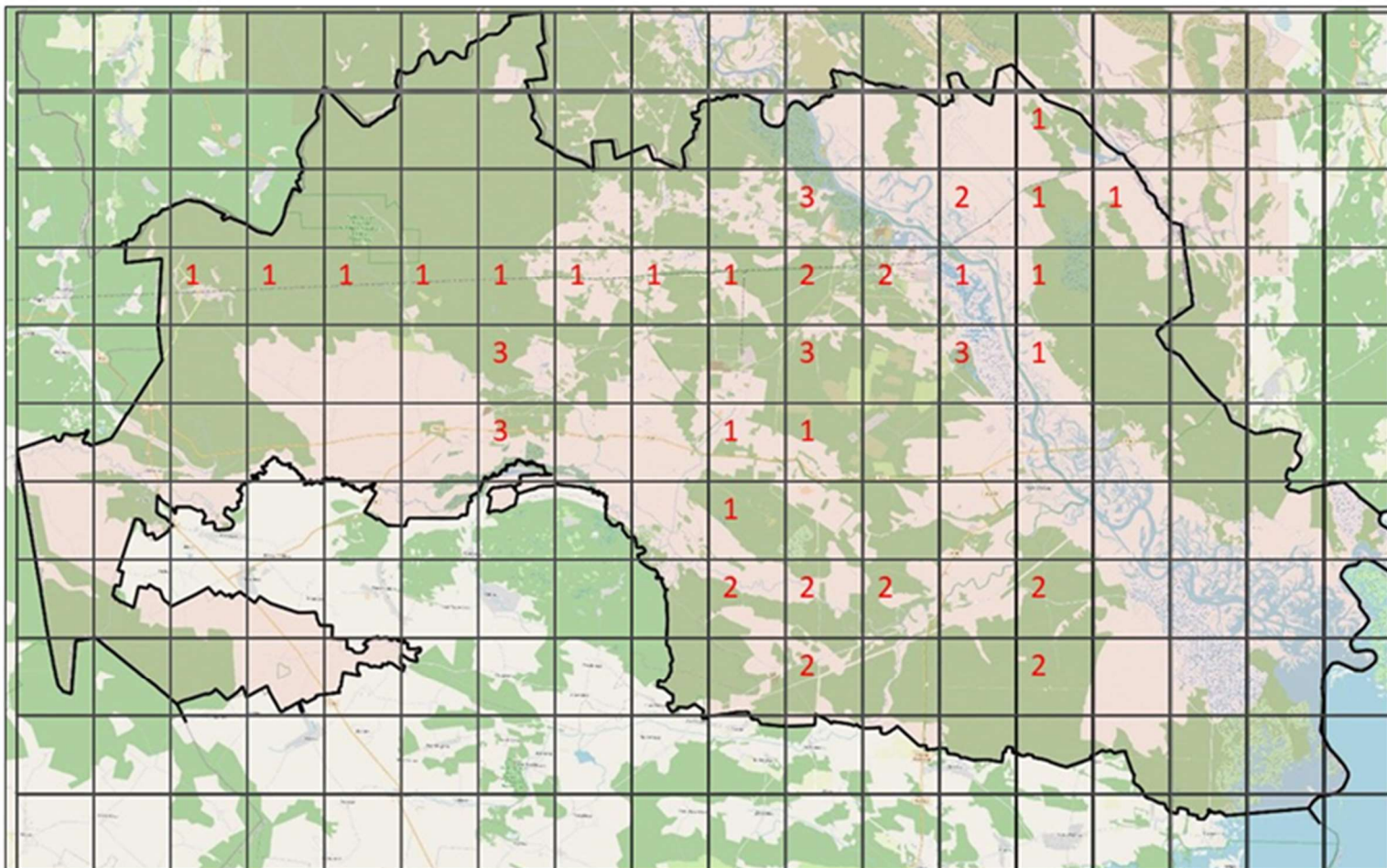


Додток Г1. Експертна оцінка нелегального відвідування ЗВіЗБ(О)В

Нелегальне відвідування

Активність:

- 1 – низька
- 2 – середня
- 3 - висока

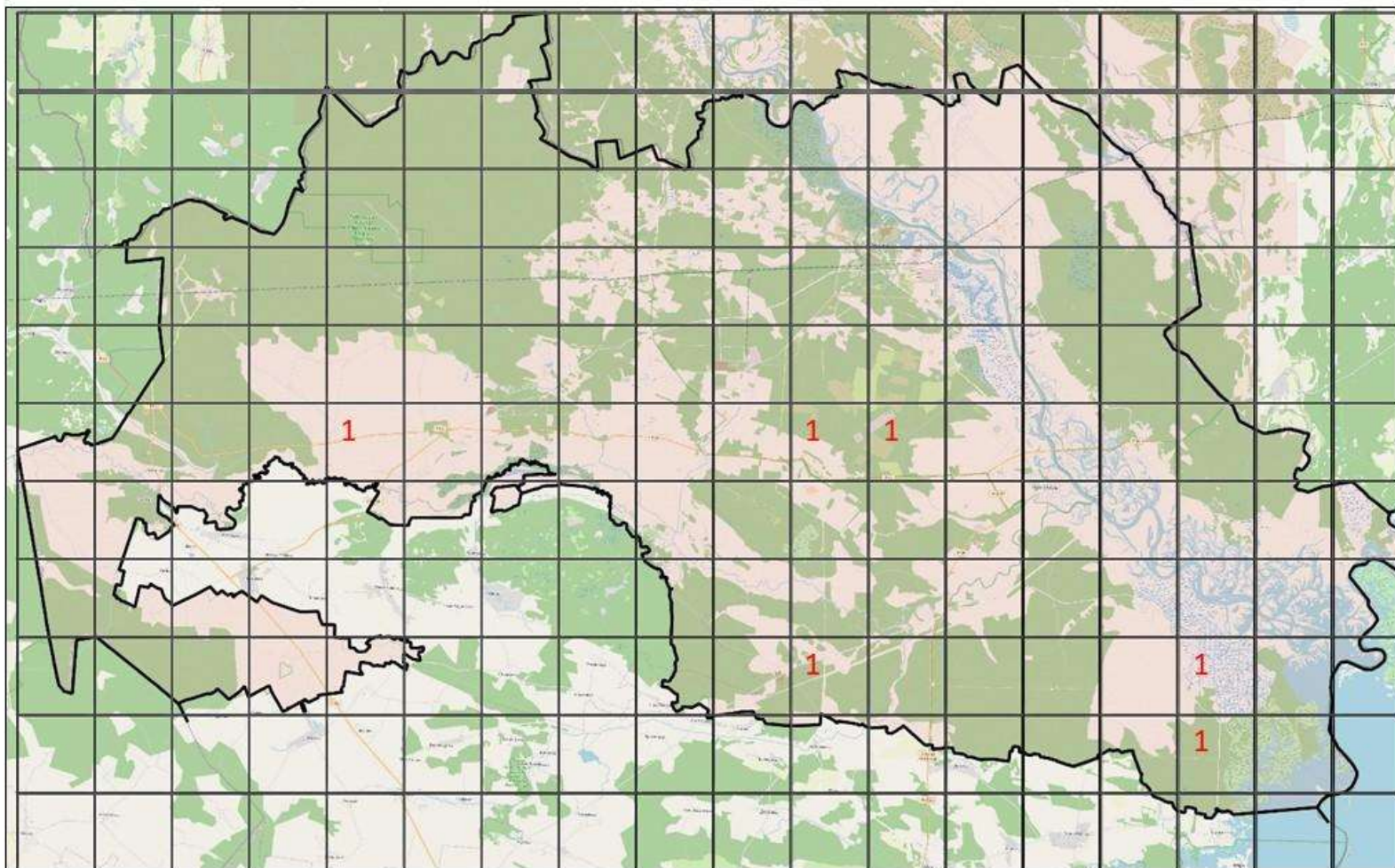


Додаток Г2. Експертна оцінка нелегального полювання у ЗВіЗБ(О)В

Нелегальне полювання

Активність:

- 1 – низька
- 2 – середня
- 3 – висока



Додаток ГЗ. Експертна оцінка нелегального лову риби у ЗВіЗБ(О)В

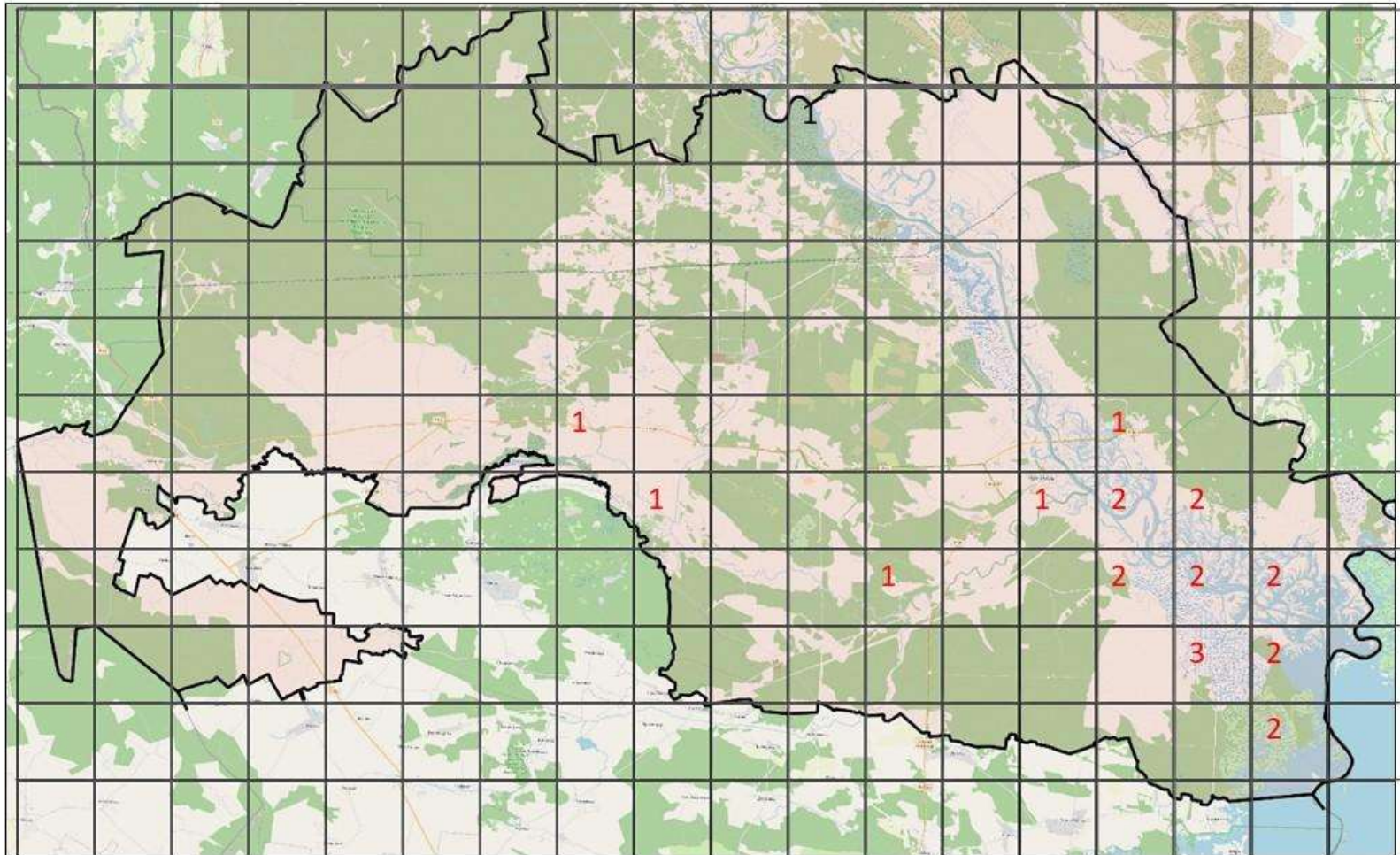
Нелегальний лов риби

Активність:

1 – низька

2 – середня

3 – висока



Додаток Г4. Експертна оцінка збору ягід та грибів у ЗВіЗБ(О)В

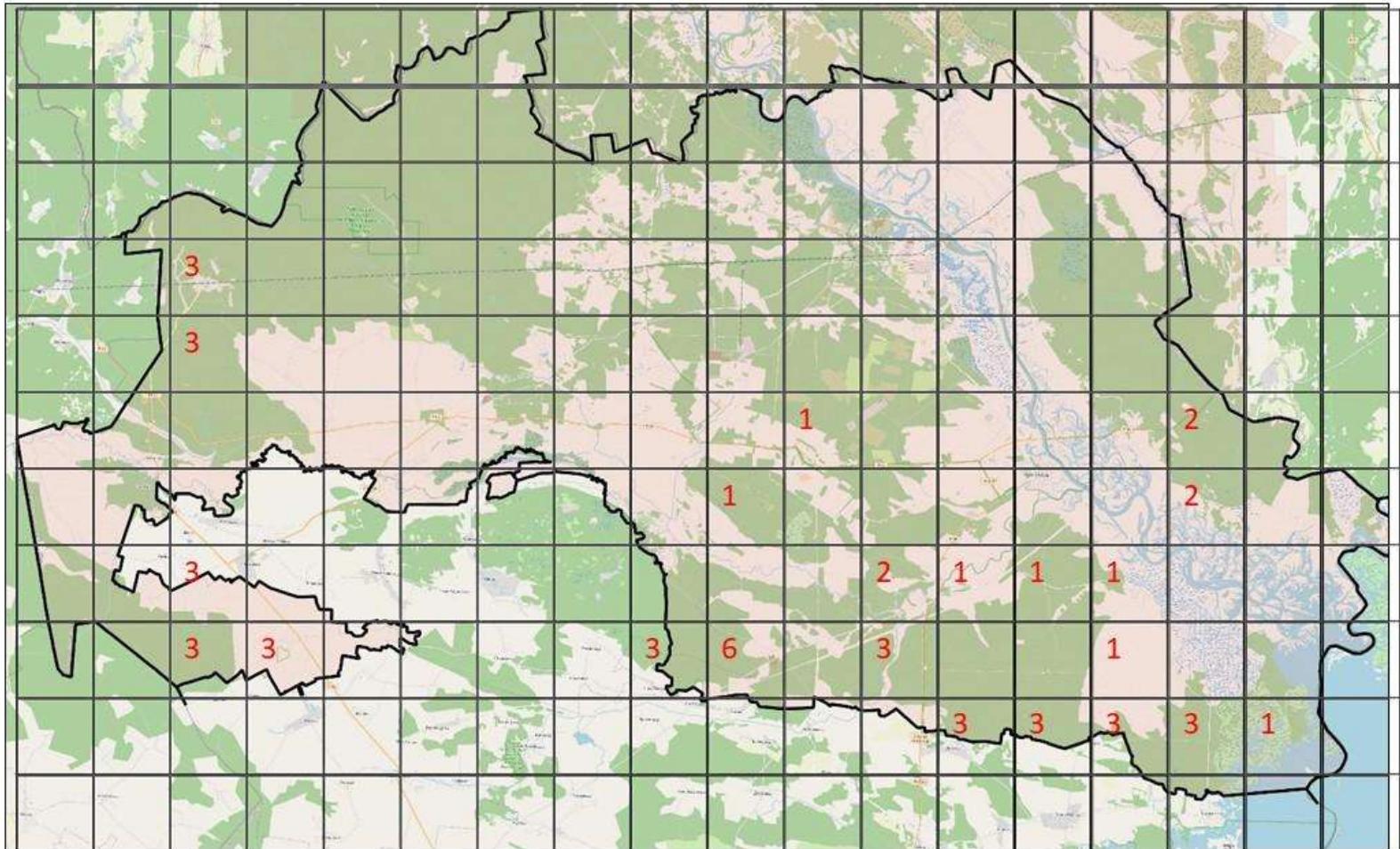
Збір ягід та грибів

Активність:

1 – низька

2 – середня

3 – висока



Додаток Д1. Розподіл фіксацій для класу ссавців

№	Вид	Кількість спостережень
1	Олень шляхетний	790
2	Лось європейський	529
3	Сарна європейська	349
4	Кінь дикий	271
5	Заєць сірий	183
6	Вовк	132
7	Бобер європейський	118
8	Лис рудий	78
9	Єнот уссурійський	77
10	Свиня лісова	61
11	Борсук європейський	38
12	Рись євразійська	23
13	Видра річкова	19
14	Інші види	17
15	Куниця лісова	17
16	Вивірка лісова	14
17	Ласиця	14
18	Ведмідь бурий	14
19	Їжак білочеревий	11
20	Невідомий	6
21	Ліскулька руда	6
22	Заєць білий	5
23	Кріт європейський	4
24	Ондатра мускусна	2
25	Куниця кам'яна	1
26	Білозубка мала	1
27	Зубр	1
28	Миша хатня	1
29	Вечірниця мала	1

Додаток Д2. Розподіл фіксацій для класу птахів

№	Вид	Кількість спостережень
1	Тетерук	143
2	Канюк звичайний	88
3	Орлан білохвіст	81
4	Орябок	72
5	Куріпка сіра	71
6	Крижень	55
7	Лелека чорний	39
8	Сичик горобець	30
9	Сорокопуд сірий	28
10	Осоїд	27
11	Лебідь кликун	25
12	Журавель сірий	25
13	Підсоколик великий	25
14	Чепура велика	23
15	Зміїд	19
16	Жовна чорна	17
17	Лунь очеретяний	16
18	Сойка	16
19	Чапля сіра	15
20	Боривітер звичайний	15
21	Голуб синяк	14
22	Лебідь шипун	13
23	Підорлик малий	13
24	Баклан великий	12
25	Яструб великий	11
26	Дятел білоспинний	11
27	Малий яструб	9
28	Невизначений	8
29	Голуб сизий	8
30	Снігур	8
31	Припутень	8
32	Сова сіра	7
33	Слуква	7
34	Сова вухата	7
35	Крук	7
36	Дятел звичайний	7
37	Кулик сорока	6
38	Одуд	6
39	Лунь лучний	6
40	Скопа	6

41	Гоголь	6
42	Сорока	6
43	Гуска сіра	6
44	Горихвістка звичайна	6
45	Горіхівка	5
46	Глушець	5
47	Гагара чорношия	5
48	Чирянка мала	4
49	Дрімлюга	4
50	Пугач	4
51	Сиворакша	4
52	Підорлик великий	4
53	Лунь польовий	4
54	Ворона сіра	4
55	Other	3
56	Перепілка	3
57	Бджолоїдка	3
58	Синиця велика	3
59	Дрізд чорний	3
60	Зозуля	2
61	Деркач	2
62	Жовна сива	2
63	Беркут	2
64	Чайка	2
65	Мухоловка мала	2
66	Кульон великий	2
67	Вівчарик жовтобровий	2
68	Лелека білий	2
69	Набережник	2
70	Шуліка чорний	2
71	Сова болотяна	2
72	Омелюх	1
73	Зяблик	1
74	Вільшанка	1
75	Сорокопуд терновий	1
76	Костогриз	1
77	Коловодник болотяний	1
78	Крех великий	1
79	Сова бородата	1
80	Брижач	1
81	Сапсан	1
82	Вивільга	1
83	Крячок малий	1

84	Крячок білощокий	1
85	Бугайчик	1
86	Коловодник лісовий	1
87	Підсоколик малий	1
88	Ластівка берегова	1
89	Мартин жовтоногий	1
90	Ластівка сільська	1
91	Рибалочка	1
92	Вівсянка звичайна	1
93	Шпак звичайний	1
94	Лунь степовий	1
95	Мартин звичайний	1
96	Дятел середній	1
97	Підкоришник звичайний	1

Довідки та акти впровадження результатів



МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ (МІНДОВКІЛЛЯ)

Департамент природно-заповідного фонду та біорізноманіття

вул. Митрополита Василя Липківського, 35, м. Київ, 03035, тел.: (044) 206 21 65, факс: (044) 206 31 19,
E-mail: info@merp.gov.ua

На № _____

Чорнобильський радіаційно- екологічний біосферний заповідник

ДОВІДКА

про впровадження в діяльність Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України результатів дисертаційної роботи
Мельничука Тараса Васильовича
на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення»

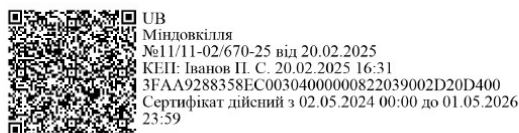
Основні теоретичні положення, практичні результати та висновки, що підготовлені в результаті виконання Мельничуком Т.В. дисертаційної роботи на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення» містять науково-обґрунтовані рекомендації, які оптимізують процес діяльності об'єктів природно-заповідного фонду на територіях з радіаційним забрудненням.

Запропонована система моніторингу порушень природного середовища сприяє оптимізації ресурсів служби охорони, виявлення територій з підвищеною активністю порушень і визначення пріоритетів охорони. Інструменти моніторингу порушень можуть бути рекомендовані до застосування на охоронюваних територіях, що розташовані не тільки на радіаційно забруднених ділянках, а також інших об'єктів, які є важкодоступними через наслідки військових дій, техногенні та інші катастрофи.

Застосування геоінформаційних технологій, аналізу біорізноманіття і просторового моделювання сприяє збереженню природних екосистем, адаптації до змін клімату та інтеграції України у міжнародні природоохоронні ініціативи. Запропоновані карти придатності середовища та рекомендації щодо створення міграційних коридорів, управління водними ресурсами та захисту рідкісних видів можуть бути впроваджені на національному рівні для оптимізації природоохоронної діяльності.

Директор

Павло ІВАНОВ





ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
З УПРАВЛІННЯ ЗОНОЮ ВІДЧУЖЕННЯ
(ДАЗВ)

бульвар Лесі Українки, 26, м. Київ, 01133, тел./факс: (044) 594-82-45, тел.: (044) 594-82-42,
E-mail: office@dazv.gov.ua, сайт: www.dazv.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ: 37536183

31.01.25 № 01-343/12-25

На _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження в діяльність Державного агентства України з управління зоною відчуження результатів дисертаційної роботи

Мельничука Тараса Васильовича

на тему: «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення»

Основні теоретичні положення, практичні результати та висновки, що підготовлені в результаті виконання Мельничуком Т.В. дисертаційної роботи на тему: «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення» містять науково-обґрунтовані рекомендації, які оптимізують процес створення об'єктів природно-заповідного фонду на територіях з радіоактивним забрудненням.

Запропонована система моніторингу порушень природного середовища сприяє оптимізації ресурсів служби охорони, виявленню територій з підвищеною активністю порушень і визначенню пріоритетів для охорони. Інструменти моніторингу порушень можуть бути рекомендовані до застосування на охоронюваних територіях, що розташовані не тільки на радіаційно забруднених ділянках, а також інших об'єктів, які є важкодоступними через наслідки військових дій, техногенні та інші катастрофи.

Окремі практичні результати дослідження використовуються при розробці та впровадженні екологічних аспектів у складанні технічної документації та проведенні екологічного моніторингу.

Деякі практичні аспекти дисертаційної роботи були впроваджені у діяльність установ, які здійснюють діяльність на території зони відчуження.

Впровадження основних рекомендацій сприятиме підвищенню екологічної стабільності, покращенню охорони видів флори та фауни, а також зменшенню негативного впливу радіоактивного забруднення на екосистеми зони відчуження та території, прилеглі до неї.

Голова

Григорій ІЩЕНКО

Олена Юрченко (044) 594-82-48



МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «ГОЛОСІЇВСЬКИЙ»

вул. В. Липківського, 35, м. Київ, 03035, тел. (044) 221-02-72 E-mail: golospark@ukr.net Код ЄДРПОУ 35620372
Для поштової кореспонденції: вул. Горіхуватський шлях (генерала Родимцева) 6А, м. Київ 03041

«29» 01 2025 р. № 50/2-01

на № _____ від _____

ДОВІДКА

*про впровадження у діяльність Національного природного парку
«Голосіївський» результатів дисертаційної роботи
Мельничука Тараса Васильовича
на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного
фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення»*

Національний природний парк «Голосіївський» розглянув результати дисертаційної роботи Мельничука Т.В., присвяченої розробці системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях із радіаційним забрудненням. У результаті аналізу наукових розробок та рекомендацій автора було прийнято рішення про їх впровадження у діяльність парку.

Запропоновані механізми збору даних і алгоритми просторового аналізу об'єктів біорізноманіття планується впровадити в діяльність НПП «Голосіївський» найближчим часом.

Використання запропонованих у дисертації методів моніторингових досліджень дозволяють автоматизувати збір, аналіз і візуалізацію даних про стан навколишнього природного середовища, що, в свою чергу, призведе до більш ефективної організації науково-дослідної діяльності.

Результати дисертаційних досліджень сприяють підвищенню ефективності природоохоронної діяльності парку та забезпечують науково-обґрунтований підхід до моніторингу та збереження природних комплексів.

В.о. директора



Михайло ГЛУШАНИЦЯ



ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ З УПРАВЛІННЯ ЗОНОЮ ВІДЧУЖЕННЯ
**ЧОРНОБИЛЬСЬКИЙ РАДІАЦІЙНО - ЕКОЛОГІЧНИЙ
БІОСФЕРНИЙ ЗАПОВІДНИК**

вул. Толочина, 28, смт Іванків, Вишгородський район, Київська обл., 07201, тел.: (04591) 5-13-06,
вул. Преображенська, 25, м. Київ, 03110, тел.: (044) 275-01-88,
E-mail: info@zapovidnyk.org.ua, сайт: www.zapovidnyk.org.ua
код згідно з ЄДРПОУ 41246328

від 31.01.2025 р. № 01-212/06 на № _____ від _____ 20__ р.

ДОВІДКА

**про впровадження результатів дисертаційної роботи
Мельничука Тараса Васильовича
на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду,
створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення»**

Цією довідкою засвідчується, що основні результати дисертаційного дослідження Мельничука Т.В. на тему: «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення» були апробовані в діяльності Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника (далі – Заповідник).

Зокрема, в діяльності Заповідника використовується запропонований систематизований підхід до моніторингу ландшафтів, водних екосистем, біоти, порушень навколишнього середовища в умовах радіаційного впливу, інноваційні методики оцінки екосистем і інтегровані технології для просторового аналізу та прогнозування.

На підставі концепції моніторингу порушень природоохоронного режиму та запропонованих інструментів моніторингу, в Заповіднику забезпечено автоматизований збір і аналіз даних про стан екосистем та втручання у них, що дозволяє оперативно визначати пріоритети охорони природи та приймати відповідні управлінські рішення.

Застосування геоінформаційних технологій, аналізу біорізноманіття і просторового моделювання сприяє збереженню природних екосистем, адаптації до змін клімату та інтеграції України у міжнародні природоохоронні ініціативи. Запропоновані карти придатності середовища та рекомендації щодо створення міграційних коридорів, управління водними ресурсами та захисту рідкісних видів можуть бути впроваджені на національному рівні для оптимізації природоохоронної діяльності.

В.о. директора


Денис НЕСТЕРОВ

Юлія Косько
068 891 93 28



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ
РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

Природний заповідник «Древлянський»

11401, смт Народичі, вул. Замкова 188, тел.: (04140)2-13-59; факс: (04140)2-13-25; E-mail: drevlyansky@ukr.net; Код ЄДРПОУ 38006501

31.01.2025р. № 01-12/29

ДОВІДКА

про впровадження у виробничий процес Древлянського природного заповідника результатів дисертаційної роботи Мельничука Тараса Васильовича на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення»

Результати дисертаційної роботи Тараса Васильовича Мельничука на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення» мають важливе значення для Древлянського природного заповідника, оскільки дослідження спрямоване на розробку рекомендацій щодо оптимізації процесу управління радіоактивно забрудненими природоохоронними територіями.

Впровадження результатів дослідження у діяльність Древлянського природного заповідника дозволило підвищити ефективність управління природоохоронною установою, враховуючи його специфіку - радіоактивне забруднення.

Розроблені механізми моніторингу та управління станом та структурою ландшафтів та водними ресурсами об'єктів ПЗФ пройшли апробацію в Заповіднику та показали себе як дієвий інструмент.

Усі запропоновані рішення мають потенціал для масштабування на інші об'єкти ПЗФ з метою стандартизації та підвищення ефективності охоронних заходів у сфері збереження природного середовища.

Т.в.о. директора
ПЗ «Древлянський»

Володимир АНТОНЮК



**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
РІВНЕНСЬКИЙ ПРИРОДНИЙ ЗАПОВІДНИК**

код ЄДРПОУ 30460820

34542, Урочище «Дубки», 1, с. Чудель, Сарненського району, Рівненської області, Україна

E-mail: rivnepz@ukr.net

Вих. № 40
Від «30» січня 2025

**Чорнобильський радіаційно-екологічний
біосферний заповідник**
info@zapovidnyk.org.ua

**Довідка
про впровадження у діяльність Рівненського
природного заповідника результатів дисертаційної
роботи Мельничука Тараса Васильовича**

На Ваш лист № 01/11-185/06 від 29.01.2025, Рівненський природний заповідник надає наступну інформацію.

Результати дисертаційного дослідження Мельничука Тараса Васильовича на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення» є актуальними та були впроваджені у діяльність Рівненського природного заповідника.

Інноваційні методики оцінки екосистем і інтегровані технології для просторового аналізу та прогнозування, запропоновані в дисертаційній роботі, були частково апробовані в діяльності Рівненського природного заповідника і показали себе, як дієвий та перспективний інструмент.

Деякі результати дисертації Мельничука Т.В. використані як основа для наукових досліджень, що реалізуються при підготовці щорічних зведень у Літописах природи, а також реалізації дослідницьких проектів.

Окремої уваги заслуговує розроблена Тарасом Васильовичем, концепція моніторингу порушень природоохоронного режиму. На підставі запропонованих інструментів планується практична її реалізація, а саме: автоматизований збір і аналіз даних про стан екосистем природного заповідника.

Таким чином, результати роботи знайшли практичне застосування як у стратегічному плануванні розвитку Рівненського природного заповідника, так і у вирішенні конкретних питань з моніторингу об'єктів підвищеного наукового інтересу нашої установи.

**Т.в.о. директора Рівненського
природного заповідника**

Михайло ФРАНЧУК
0971520635



Сергій УЛЬЯНОВ



**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
(МІНДОВКІЛЛЯ)**

ПОЛІСЬКИЙ ПРИРОДНИЙ ЗАПОВІДНИК 11196
Житомирська область Коростенський район с. Селезівка
E-mail: 05453947@mail.gov.ua

№ 38 від 9.09.2025 р.

ДОВІДКА

про впровадження у виробничий процес Поліського природного заповідника результатів дисертаційної роботи Мельничука Тараса Васильовича на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення»

Результати дисертаційного дослідження Мельничука Тараса Васильовича на тему « Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення» є актуальними та були впроваджені у діяльність Поліського природного заповідника.

Основані положення роботи сприяли вдосконаленню управлінських практик, зокрема плануванню заходів з охорони природи та вивченню стану біорізноманіття.

Результати дисертації Мельничука Т.В. використані для наукових досліджень, спрямованих на вивчення та моніторинг флори і фауни, а також для оцінки ефективності природоохоронних заходів. Вони знайшли практичне застосування у вирішенні конкретних питань управління, охорони та збереження природних екосистем.

В. о директора Поліського
природного заповідника

Ю.В. Бруцький



Громадська організація «Екологічний простір – 2020»

07201, Київська область, смт. Іванків, вул. Зоряна 10-а, кв. 15

Код ЄДРПОУ 43669763

веб-сайт: www.espace.org.ua

e-mail: ngoecoprostir@gmail.com

тел. +38068 891 93 28

від 31 січня 2025р. № 27

на № _____ від _____ 202_р.

ДОВІДКА

*про впровадження в діяльність ГО «Екологічний простір -2020»
результатів дисертаційної роботи*

Мельничука Тараса Васильовича

*на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду,
створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення»*

Громадська організація "Екологічний простір-2020" висловлює свою всебічну підтримку науковому проєкту на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення».

Результати дисертаційної роботи Мельничука Тараса Васильовича можуть бути використані в громадському секторі в кількох ключових напрямках: створення ініціативних груп для незалежного спостереження за станом природно-заповідних територій; використання розробленої методики моніторингу для оцінки екологічного стану місцевих природних зон; використання зібраних даних для обґрунтування екологічних ініціатив та запитів до місцевої влади; розробка рекомендацій для органів влади щодо та відновлення природоохоронних територій; лобіювання внесення змін у законодавство щодо екологічного моніторингу та збереження біорізноманіття; організація тренінгів та семінарів для громадських активістів та місцевих жителів щодо методів моніторингу забруднених територій; розробка екологічних карт із позначенням стану забруднення території та біорізноманіття.

Таким чином, результати цієї роботи можуть допомогти громадським організаціям та ініціативним групам ефективніше здійснювати екологічний

контроль, впливати на політику у сфері охорони природи та підвищувати екологічну свідомість суспільства.

Особливо важливо те, що результати отримані, в ході дисертаційних досліджень сприяють реалізації ключових завдань Європейської зеленої угоди, Стратегії збереження біорізноманіття до 2030 року та Цілей сталого розвитку. Використання геоінформаційних систем та технологій збору й аналізу просторової інформації, розроблених у дисертації, підтримує стратегічні пріоритети Green Transition та Digital Transition, забезпечуючи інтеграцію цифрових технологій у природоохоронну діяльність і сприяючи ефективному управлінню природними ресурсами та збереженню біорізноманіття.

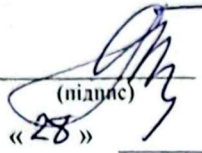
Ми переконані, що наукові результати, отримані в межах дисертаційної роботи будуть мати суттєвий вплив на політику сталого розвитку України та сприятимуть покращенню екологічної ситуації в регіонах.

Голова ГО «Екологічний простір-2020»



Юлія КОСЬКО

Погоджено
Проректор з науково-педагогічної
роботи та цифрової трансформації


(підпис) Олена ГЛАЗУНОВА
(Прізвище, ініціали)
«28» 01 2025 р.

Затверджую
Проректор з наукової роботи та
інноваційної діяльності


(підпис) Олена ГЛАЗУНОВА
(Прізвище, ініціали)
«28» 01 2025 р.



А К Т

про впровадження результатів

дисертаційної роботи у навчальний процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему:
«Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду,
створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення»

назва теми

що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі
знань 10 «Природничі науки» та спеціальності 101 «Екологія»

виконаної Мельничуком Тарасом Васильовичем

ПІБ здобувача

впроваджено у навчальну програму при викладанні дисциплін «Охорона лісів
від пожеж», «Недеревні ресурси лісу», «Лісівництво»

назва дисципліни

запропоновані механізми та рішення, що є основою для міждисциплінарних
досліджень і проєктів, пов'язаних з екологією лісових екосистем, радіаційною
безпекою та природоохоронною діяльністю. Результати дослідження слугують
інформаційною основою для практичних занять щодо формування
компетентностей комплексного використання лісових ресурсів в умовах
радіаційного забруднення, оцінки екологічної ситуації на забруднених
територіях. Це дасть змогу доповнити фахові знання майбутніх лісівників та
сприятиме покращенню рівня їх підготовки у напрямі посилення знань щодо
сучасних методів моніторингу навколишнього середовища та формування
еколого орієнтованих рішень сталого розвитку лісового господарства.

(необхідно конкретизувати, які результати дисертаційної роботи і яким чином (способом) використані при викладанні дисциплін(и))

на кафедрі лісівництва

назва кафедри

у підготовці фахівців ОС «Бакалавр» за спеціальністю 205 – Лісове
господарство

назва спеціальності

у Національному університеті біоресурсів і природокористування України

назва ВНЗ

Директор ННІ
лісового і садово-паркового господарства,
д. с.-г. н., проф.



Роман ВАСИЛИШИН

Заступник директора з навчальної
та виховної роботи, к. с.-г. н., доц.



Олександр ЛЕСНІК

Завідувач кафедри лісівництва,
к. с.-г. н., доц.



Наталія ПУЗРІНА



ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008; тел.: (0412) 47-13-56; тел./факс: (0412) 47-21-45
E-mail: mail@polissiauniver.edu.ua; www.polissiauniver.edu.ua, код згідно з ЄДРПОУ 00493681

від 08.01.2025 № 56/01-17

на № _____ від _____ 20__

ДОВІДКА

**про впровадження результатів дисертаційної роботи
Мельничука Тараса Васильовича
на тему «Організація системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду, створених на територіях, що зазнали радіаційного забруднення» здобувача наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» спеціальності 101 «Екологія»**

Основні положення дисертаційної роботи здобувача освітньо-наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 101 «Екологія» Мельничука Тараса Васильовича які спрямовані організацію системи моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду із використанням геоінформаційних систем та технологій збору й аналізу просторової інформації «Фауна» та «Порушення» були апробовані під час професійної та практичної підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 101 «Екологія» в Поліському національному університеті в 2023-2024 навчальному році при викладанні освітніх компонент «Природо-заповідна справа», «Охорона біорізноманіття екосистем», «Геоінформаційні технології в екології», «Організація та управління в природоохоронній діяльності».

Впровадження в освітній процес наукових розробок Тараса Мельничука із комплексного підходу до моніторингу та управління біорізноманіттям та оперативного обліку та фіксації правопорушень режиму об'єктів ПЗФ забезпечило більш ґрунтовне опанування знань та набуття фахових здібностей з дисциплін природоохоронного циклу та формування готовності майбутніх екологів до професійної діяльності із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій.

Ректор університету



Олег СКИДАН