

ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗМІН РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

*Гарбар Олександр¹, Гарбар Діана², Борисов Ярослав³,
доктор біологічних наук, професор, o.v.harbar@gmail.com
кандидат біологічних наук, доцент, garbar.diana78@gmail.com
магістрант,
Житомирський державний університет імені Івана Франка,*

Аналіз даних дистанційного зондування Землі свідчить про значний негативний вплив військових дій на рослинний покрив Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ). Основні зміни в земельному покритті ЧЗВ стосуються площ хвойних і листяних лісів. За аналізований період було втрачено з різних причин майже 31 тис. га соснових лісів. За цей же період площа листяних лісів зросла на 25 тис. га. При цьому поновлення листяних лісів не компенсує втрати хвойних і сумарна площа лісів у ЧЗВ скорочується. Використана методика дистанційного моніторингу може бути корисною для оперативного моніторингу змін земельного покриття інших територій, які постраждали через військові дії.

Ключові слова: рослинний покрив, дистанційне зондування Землі, Чорнобильська зона відчуження.

Analysis of remote sensing data indicates a significant negative impact of military operations on the vegetation cover of the Chernobyl Exclusion Zone (CEZ). The main changes in the land cover of the CEZ concern areas of coniferous and deciduous forests. During the analyzed period, almost 31 thousand hectares of pine forests were lost for various reasons. During the same period, the area of deciduous forests increased by 25 thousand hectares. At the same time, the renewal of deciduous forests does not compensate for the loss of conifers, and the total area of forests in the FZ is decreasing. The used remote monitoring technique can be useful for operational monitoring of land cover changes in other territories affected by military actions.

Key words: vegetation cover, remote sensing, Chernobyl exclusion zone.

Постановка проблеми. До аварії на Чорнобильській АЕС територія сучасної зони відчуження за її використанням була приблизно порівну розподілена між сільським і лісовим господарством. У даний час всю територію зони, за виключенням сіл, міст Чорнобиль і Прип'ять, і колишньої АЕС, відносять до категорії «лісові землі» загальною площею 240 тис. га. «Лісові землі» містять 150 тис. га (57 %) власне лісів, інші території значною мірою вкриті лучною рослинністю. Внаслідок природного відновлення лісів, на колишніх сільськогосподарських угіддях з'явилися нові лісові насадження, особливо там, де трав'яний покрив був порушений (Купрійчук, 2021). Понад 50% соснових насаджень в ЧЗВ становили монокультурні ліси, створені в 1950-1960-х роках з використанням щільної схеми посадки (7 – 10 тис. саджанців на га). Починаючи з 1986 р. на території Чорнобильської зони відчуження

різко скоротився санітарний догляд за лісами, що в свою чергу стало наслідком для підвищення ризику лісових пожеж (Купрійчук, 2021). Дані лісовпорядкування за 2007 рік свідчать, що 15,3 тис. га лісу в ЧЗВ були пошкоджені з різних причин, в т.ч. 5,3 тис. га шкідниками. У результаті значно зросла загроза лісових пожеж. Аналіз даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) за 2017 р. дозволив встановити, що 9 тис. га лісу повністю знищено через пожежі та шкідників (Зібцев, Лакида & Яворовський, 2017). Загроза знищення лісових масивів в Чорнобильській зоні значно зросла з початком повномасштабного вторгнення. Враховуючи прикордонне розташування ЧЗВ, ускладнений доступ на ці території та їх значне забруднення вибухонебезпечними предметами дистанційні методи моніторингу стають особливо актуальними

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Станом на 2021 рік було проведено ряд досліджень зосереджених на моніторингу лісового покриву в Чорнобильській зоні відчуження (all., 2021; Зібцев, Миронюк & Гілітуха, 2015). У результаті цих досліджень встановлено, що у роки після Чорнобильської ядерної катастрофи в 1986 році в зоні відчуження відбулося значне природне відновлення лісів. Ліси Зони відчуження стали унікальним середовищем для дикої природи та біорізноманіття. Хоча ліси відновилися в багатьох районах ЧЗВ, рослини все ще можуть мати ознаки радіаційного ураження.

Лісовий покрив України зазнав непоправної шкоди з початку повномасштабного вторгнення, дії російської окупаційної армії спричинили масштабне знищення лісового покриву, забруднення ґрунтів, повітря, водойм, а також призвели до загибелі дуже великої кількості рослин та тварин.

24 лютого 2022 року в ході російського вторгнення в Україну російські війська увійшли на території зони відчуження, перетнувши кордон з Білоруссю. Чорнобильська атомна електростанція була захоплена, а персонал станції став заручниками окупантів. 31 березня 2022 року російські війська відступили, покинувши територію. З метою створення умов радіаційної загрози та паніки, в місті Києві у березні 2022 року російською армією вчинено підпалювання лісових масивів в Зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Пожежі 2022 року є одними з наймасштабніших за всю історію існування зони. За даними European Forest Fire Information System (EFFIS) у Чорнобильській зоні відчуження з 24 лютого 2022 року вигоріло понад 22,171 тис. га територій, зокрема близько 14 тис. га під час окупації (San-Miguel-Ayanz, all, 2023; Чернявський & Шукель, 2023). Однак лісові пожежі продовжуються в Чорнобильській зоні і після її деокупації.

Формулювання цілей. Метою цього дослідження є з'ясування впливу активних військових дій на рослинний покрив Чорнобильської зони відчуження на основі даних дистанційного зондування землі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для просторово-часового аналізу динаміки земного покриву досліджуваного регіону використано дані космічних апаратів (КА)

родини «Landsat-8». Використано космічні знімки, які характеризувались мінімальною захмареністю за літньо-осінні періоди 2020 р. (до початку повномасштабного вторгнення), 2022 р. (одразу після деокупації ЧЗВ), та 2023 р. Безкоштовні продукти обробки супутникової інформації, використані у цьому дослідженні, отримано з геопорталу геологічної служби США (United States Geological Survey) (Earth Explorer). Для класифікації космічних знімків використано алгоритм мінімальної дистанції (minimum distance) автоматичної кластеризації методом k-середніх (k-mean clustering), реалізований у Semi-Automatic Classification Plugin for QGIS (Congedo, 2021). Оптимальна диференціація земельного покриття досягалось при виділенні 30-ти його класів. Оскільки у результаті такої класифікації формується надлишкова кількість класів земельного покриття, на наступному етапі здійснено перекласифікацію результатів з виділенням п'яти основних типів: водойми, хвойні ліси, листяні ліси, знелісені території та луки і забудова та відкритий ґрунт. Для виявлення часових змін земного покриття використано алгоритм Land cover change detection (Congedo, 2021).

Результати проведеного аналізу свідчать про значні втрати лісового покриття Чорнобильської зони за період 2020-2023 рр. (рис. 1). При цьому основним фактором, що призвів до втрат були лісові пожежі різного масштабу, які відбувались як до початку повномасштабного вторгнення, так і після деокупації Чорнобильської зони відчуження. Звертає на себе увагу той факт, що відновлення лісового покриття відбувається значно повільніше ніж його втрати, що призводить до скорочення площі лісових масивів ЧЗВ.

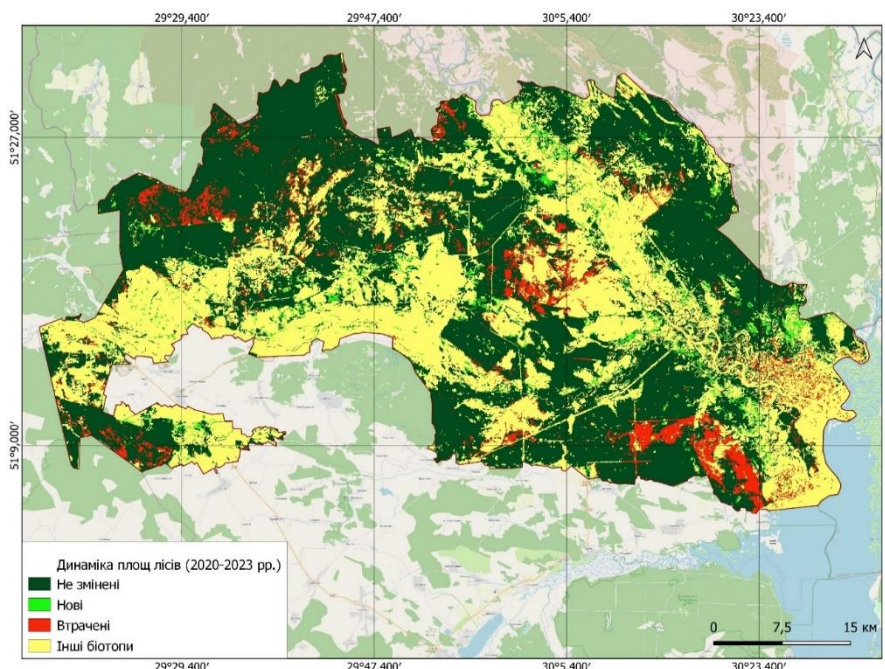


Рис. 1. Зміни лісового покриття Чорнобильської зони відчуження за період 2020-2023 рр.
Джерело: власне дослідження, рис. створено на основі аналізу космічних знімків Landsat-8

В результаті аналізу космічних знімків було диференційовано соснові та листяні ліси, що дозволило простежити їх динаміку окремо. Як видно з рис. 2, втрати соснових лісів за

період дослідження були дуже суттєвими і їх відновлення практично не відбувається. Протилежна тенденція спостерігається у випадку листяних лісів (рис. 3). Як видно з представленої карти, втрати листяних лісів дуже не суттєві. Окрім цього листяні ліси активно відновлюються і спостерігається тенденція до захоплення нових територій. Тобто втрачаються переважно соснові ліси, які на цій території є значною мірою штучними насадженнями, а відновлення відбувається майже виключно за рахунок листяних порід, які порівняно з сосною розвиваються швидше. Звертає на себе увагу і той факт, що у північно західній частині ЧЗВ, яка сильно постраждала від пожеж, листяні ліси приурочені переважно до локальних особливостей рельєфу (улоговини, лощини, яри), які вірогідно характеризуються підвищеною вологістю, що не сприяє поширенню лісових пожеж.

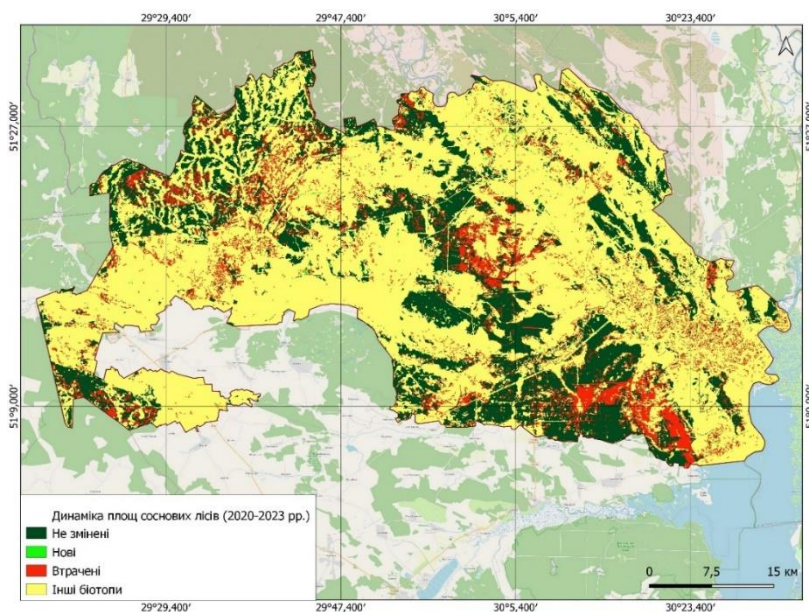


Рис. 2. Зміни площ соснових лісів Чорнобильської зони відчуження за період 2020-2023 рр.
Джерело: власне дослідження, рис. створено на основі аналізу космічних знімків Landsat-8

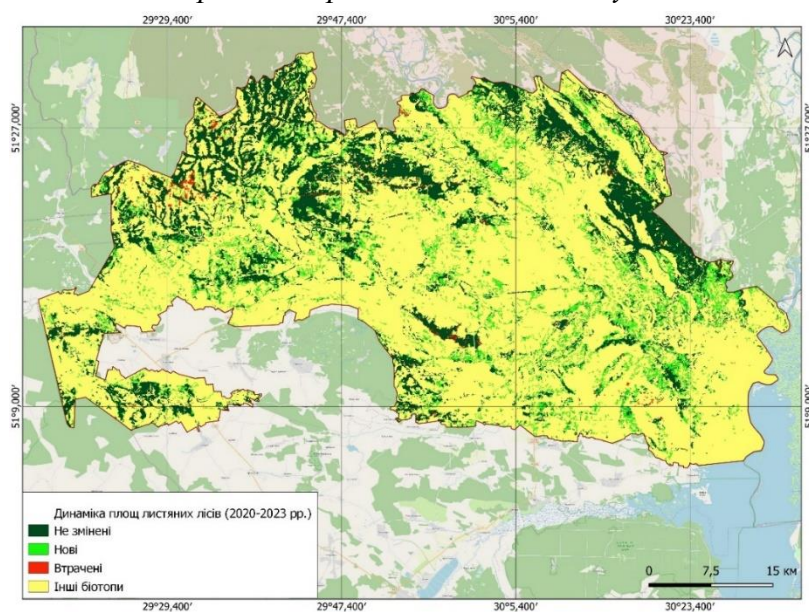


Рис. 3. Зміни площ листяних лісів Чорнобильської зони відчуження за період 2020-2023 рр.
Джерело: власне дослідження, рис. створено на основі аналізу космічних знімків Landsat-8

Якщо розглядати зміни площ різних типів земельного покриття ЧЗВ за період дослідження, то звертає на себе увагу відносна стабільність площ водних об'єктів та урбанізованих територій. Площі знеліснених територій дещо зросли в період 2020-2022 років і далі стабілізувались. Основні зміни в земельному покритті ЧЗВ стосуються площ хвойних і листяних лісів. При цьому їх динаміка є достатньо стабільною. Так за аналізований період було втрачено з різних причин майже 31 тис. га соснових лісів. За цей же період площа листяних лісів зросла на 25 тис. га.

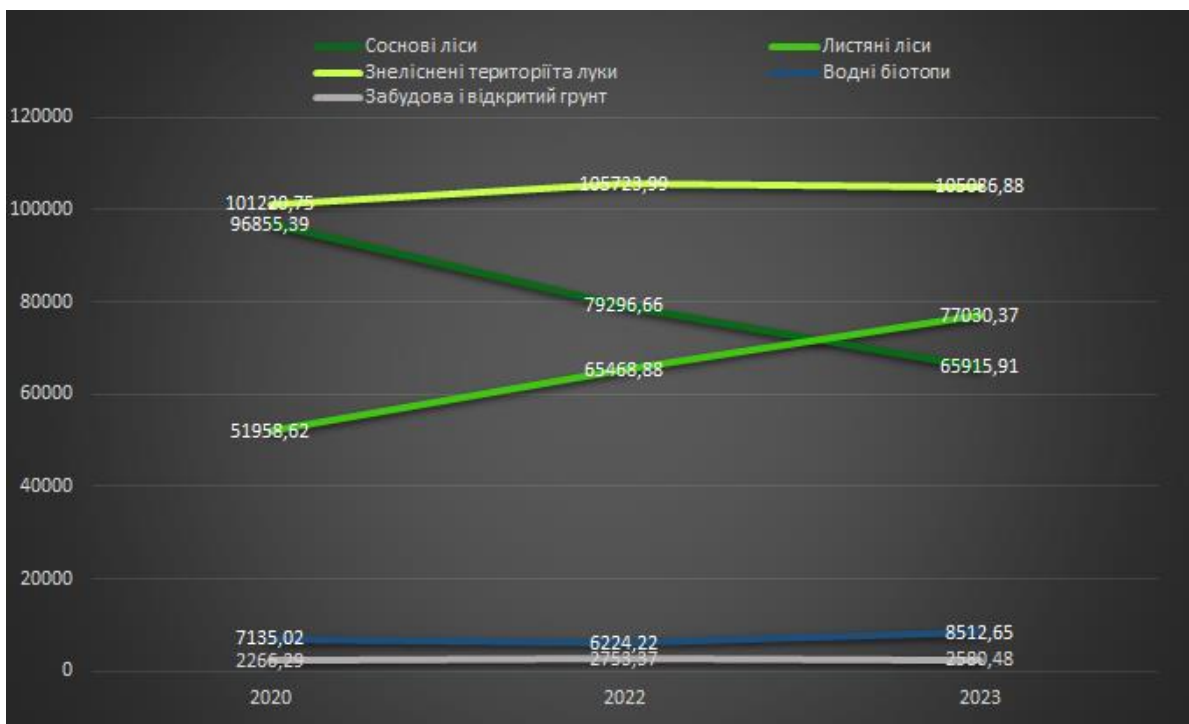


Рис. 4. Динаміка типів земельного покриття Чорнобильської зони відчуження (Га) за період 2020-2023 рр.

Джерело: власне дослідження; графік створено на підставі аналізу класифікованих космічних знімків Landsat-8

При цьому поновлення листяних лісів не компенсує втрати хвойних і сумарна площа лісів у ЧЗВ скорочується. Як видно з графіка (рис. 4), динаміка змін лісового покриття після деокупації зони практично не змінилась. Пожежі залишаються основним фактором, який призводить до втрат лісу. Пов'язано це з тим, що територія ЧЗВ все ще залишається суттєво забрудненою вибухонебезпечними предметами, що не дозволяє оперативно здійснювати протипожежні заходи.

Висновки та перспективи подальших наукових пошуків. Отже аналіз даних дистанційного зондування Землі свідчить про значний негативний вплив військових дій на рослинний покрив Чорнобильської зони відчуження. Несприятлива пожежонебезпечна обстановка в ЧЗВ, яка склалася ще до повномасштабного вторгнення сприяла постійному

виникненню масштабних пожеж на цій території. Після початку активних бойових дій ситуація ще більше загострилася через ускладнений доступ на цю територію, що призводить до подальшого скорочення площ лісу. Використана методика дистанційного моніторингу може бути корисною для оперативного моніторингу змін земельного покриття інших територій, які постраждали через військові дії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Купрійчук Є. Оцінка наслідків пожеж на південному заході Чорнобильського радіаційно-екологічного заповідника: *Ліс, наука, молодь*: ІХ Всеукр. наук.-практ. конф. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 122 - 23.

2. Зібцев С. В., Лакида П. І., Яворовський П. П. Комплексний моніторинг лісових насаджень в зонах радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС : монографія. Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ : Наукова столиця, 2017. 463 с.

3. Matsala, M., Vilous, A., Myroniuk, V., Holiaka, D., Schepaschenko, D., See, L. The return of nature to the Chernobyl Exclusion Zone: increases in forest cover of 1.5 times since the 1986 disaster. *Forests*. 2021. V.12. №8. P. 1024

4. Зібцев С. В., Миронюк В. В., Гілітуха Д. В. Динаміка лісового покриття Чорнобильської зони відчуження за даними глобальної карти лісових екосистем високого розрізнення. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2015. № 6.

5. San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Voca, R., Maianti, P., Libertá, G., Oom, D., Branco, A., de Rigo, D., Ferrari, D., Roglia, E., Scionti, N. Advance report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022, *Publications Office of the European Union*, Luxembourg, 2023, 47 p.

6. Чернявський М. В., Шукель І. . Пожежі в лісах і збитки завдані ними внаслідок воєнних дій. *Відновлення довкілля України внаслідок збройної агресії росії* : Круглий стіл. Львів: ЛДУ БЖД, 2023. 120 с.