

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ ЗБИТКІВ ЕКОСИСТЕМ НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ДАНИХ ДЗЗ НА ПРИКЛАДІ НПП «КАМ'ЯНСЬКА СІЧ»

*Гарбар О.В., д. б. наук, проф., Гарбар Д.А., к. б. наук, доц.,
Житомирський державний університет імені Івана Франка,
м. Житомир, Україна*

Серед усієї різноманітності методологічних підходів до вартісної оцінки збитків, завданих природним екосистемам, найбільш раціональним є підхід на основі енергетичних показників. В основі цієї методології лежать розрахунки вмісту карбону в біомасі, які легко трансформуються в енергетичні одиниці ($1 \text{ кг C} = 28,2 \text{ МДж}$) [1]. Ключовим показником для розрахунку збитків при цьому є щільність біомаси в екосистемі. Останнім часом моніторинг надземної біомаси та її змін за допомогою космічного дистанційного зондування стає все більш доступним на великих територіях з високою деталізацією [2]. Однак біомаса, виміряна в польових умовах, є невід'ємним компонентом, який дозволяє перетворювати дані дистанційного зондування в абсолютні показники біомаси (в тонах або мегаграмах) та її щільності (наприклад, т/га).

На основі даних Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) [3], нами побудовано растр просторового розподілу надземної біомаси в регіоні розташування НПП Кам'янська Січ з просторовою розрізненістю $30 \times 30 \text{ м}$. Для збільшення обсягу і репрезентативності вибірки даних GEDI територію, включену в аналіз розширено і на прилеглі території. Пов'язано це з тим, що територія Парку має складну конфігурацію, внаслідок чого недостатньо охоплена даними GEDI. Для моделювання використано дані GEDI за вегетаційний сезон 2021 р. Коефіцієнт детермінації для отриманої регресійної моделі $r^2 = 0,874$ (рис. 1), що свідчить про достатню надійність моделі а значення нормалізованого кореня із середньоквадратичної похибки (RMSE)) становить 43,15%. Для порівняння - у роботі, де була описана застосована методика [4] останній показник коливався від 41 – 77%, тому отримане нами значення можна вважати прийнятним.

Методику апробовано на прикладі лісових екосистем. Згідно оцінки, отриманої на основі моделювання, надземна біомаса в лісових екосистемах НПП Кам'янська Січ складає 19,42 т/га. Це достатньо низьке значення показника, яке пов'язано з тим, що лісові насадження тут часто є розрідженими і деградованими. Лісова рослинність знищена внаслідок воєнних дій на території 631,79 га. Проведені за наявною методикою [1] розрахунки свідчать, що сумарна біомаса втраченої лісової екосистеми Парку, яка включає всі її функціональні компоненти становитиме 36226,72 т.

Енергетичні втрати екосистеми розраховуються з врахуванням часу, необхідного для їх відновлення (в середньому 50 років для деревних насаджень

досліджуваної території). Враховуюче це енергетичні втрати лісової екосистеми з урахуванням функціональних енергетичних витрат на дихання та фотосинтез становлять 31339593,2 ГДж. Враховуючи обчислені показники та ціну одиниці енергії на момент проведення дослідження (202,1 грн), екологічний збитки, завдані знищенням лісових біотопів на території НПП складуть 6333731,79 тис. грн.

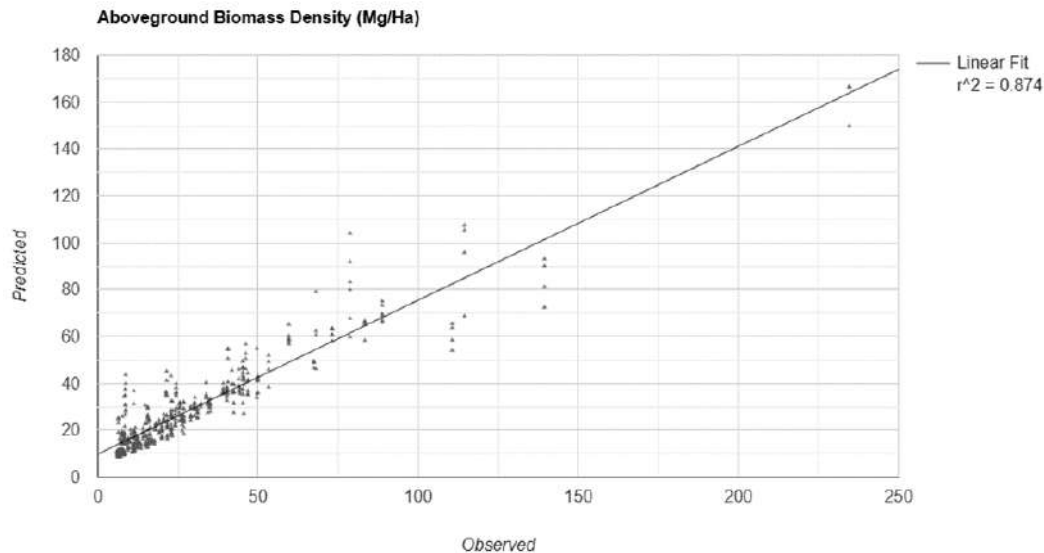


Рис. 1. Кореляційне поле спостережуваних та прогнозованих значень щільності надземної біомаси для отриманої регресійної моделі.

Отже, використаний підхід дозволяє отримати достатньо адекватні оцінки розподілу надземної біомаси на основі алгоритмів машинного навчання та даних дистанційного зондування. Значення середньої щільності надземної біомаси для лісових біотопів в більшості випадків співставні з результатами польових досліджень для екосистем подібного типу. Описаний алгоритм після ширшої апробації та корегування за її результатами може бути покладений в основу оцінки екологічних збитків для територій, які постраждали внаслідок воєнних дій або господарської діяльності.

Література

1. Методика розрахунку екологічних збитків природних екосистем та їхніх компонентів: посібник / Я. П. Дідух, У. М. Соколенко, В. В. Расевич, С. О. Гаврилов [за заг. ред. та упор. О. В. Кравченко]. Львів–Київ : Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2024. 68 с.
2. 199.
Santoro M., Kay H., Lucas R., Quegan S. CCI Biomass product user guide (year 3, version 3.0). URL: <https://climate.esa.int/media/documents/> (дата звернення: 15.09.2024).
3. 102.
Duncanson L., Kellner J.R., Armston J., Dubayah R., Minor D.M., Hancock S., Healey S.P. et al. Aboveground biomass density models for NASA's Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) lidar mission. Remote Sens. Environ. 2022. Vol. 27. P. 112845.
4. Shendryk Y., Fusing GEDI with earth observation data for large area aboveground biomass mapping. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2022. Vol. 115. P. 103108.