

ВІТРОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ В АГРОЛІСОЛАНШАФТАХ, ВПЛИВ НА МІКРОКЛІМАТ, ПОЛЕЗАХИСНІ ЛІСОСМУГИ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ УГІДЬ

ТАРНОПІЛЬСЬКИЙ П.Б.

*Український ордена «Знак Пошани» науково-дослідний інститут
лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького*

Будівництво вітрових електричних станцій (ВЕС) є важливою складовою переходу до відновлюваної енергетики, сталого розвитку та декарбонізації виробництва. Розміщення вітроелектричних установок (ВЕУ) у межах агролісоландшафтів потребує комплексної оцінки їх впливу на мікрокліматичні умови, стан полезахисних лісових смуг (ПЛС) та врожайність полів.

Полезахисні лісосмуги є поліфункціональними: регулюють вітровий режим, сприяють накопиченню та рівномірному розподілу вологи, запобігають ерозійним процесам, поліпшують мікрокліматичні умови та забезпечують стабільність і регулярність врожаїв. Водночас їхній санітарний стан та функціональність у степовій зоні України постійно погіршується, що зумовлено старінням і зміни конструкції насаджень, відсутністю системного догляду, захисту та охорони, антропогенним навантаженням, а також впливом воєнних дій та пожеж.

Проектування та будівництво ВЕС в межах агролісосистем сіл Ташине, Краснопілля та Анатолівка Березнянської селищної громади Миколаївської області потребувало оцінки стану та функціональної здатності системи ПЛС і визначення можливого впливу на них зведення ВЕУ безпосередньо в лісосмугах. Обстеження насаджень виконано на ділянках у ПЛС, які розташовувалися на сільгоспугіддях площею понад 4 тис. га. Оцінка лінійних насаджень проводилася за лісівничо-таксаційними та агролісомеліоративними методиками із визначенням кількості рядів, видового складу (дерева та чагарники), захисної висоти, конструкції, санітарного стану, відстані між основними та допоміжними лісосмугами, функціональної здатності лінійних захисних насаджень [Довідник з агролісомеліорації, 1988]. Комплексне обстеження полезахисних лісових смуг у межах земельних угідь Краснопільської, Анатолівської та Ташинської селищних громад у місцях планованого будівництва вітроелектричних установок та супутньої інфраструктури вітрової електростанції проведено із науковцями Степового філіалу УкрНДІЛГА – Глодом О. І, Тимощуком В. І. та Назаренком С. М.

Загальна протяжність обстежених полезахисних лісосмуг становила майже 125 км, зокрема на землях Краснопільської селищної ради – 62,0 км, Анатолівської – 36,4 км та Ташинської – 26,4 км. У лінійних захисних насадженнях закладено 138 тимчасових пробних ділянок, на яких проведено оцінку росту та стану дерев та чагарників різних видів із визначенням

лісівничо-таксаційних показників, категорій санітарного стану, розвитку крон та життєздатності смуг.

За породним складом переважають чисті та мішані насадження робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.), понад 60 % за площею. Насадження з участю дуба звичайного (*Quercus robur* L.) займають близько 12 %, маслинки вузьколистої (*Elaeagnus angustifolia* L.) – 10 %, з участю гледичії звичайної (*Gleditsia triacanthos* L.) – 9 %, скумпії звичайної (*Cotinus coggygria* Scop.) – 5 %, ясена зеленого (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) – 4 %. Зустрічаються окремі ділянки із шовковицею білою (*Morus alba* L.), яблунею лісовою (*Malus sylvestris* Mill.), грушою звичайною (*Pyrus communis* L.), аличею білою (*Prunus cerasifera* Ehrh.), вишнею звичайною (*Prunus cerasus* L.), абрикосою звичайною (*Prunus armeniaca* L.).

Полезахисні смуги з переважанням робінії звичайної за санітарним станом відносяться до сильноослаблених та всихаючих насаджень, (індекс санітарного стану 3 – 4) [Санітарні правила, 1995]. Густота, захисна висота, кількість рядів та конструкція робінієвих лісосмуг неоднорідна, вона варіює на всій їх протяжності і обумовлена різницею у родючості та вологості умов місцезростання, локальними пожежами, самовільними вирубками, відсутністю лісогосподарського догляду, заходів їхнього захисту та охорони. Значна частина дерев материнського ярусу або вже випала із насадження або всихає. Значна частина лісосмуг за своїм походженням уже є деградованими природними порослевими та насінневими насадженнями й перебуває або в розрідженому стані, або, навпаки, характеризується надмірною загущеністю внаслідок природного поновлення та розростання узлісь. Це призводить до зниження їхньої меліоративної ефективності та підвищення ризику виникнення низових пожеж через значну забур'яненість. Ясеневі насадження та насадження інших порід за участю скумпії, аличі, яблуні за санітарним станом належать до ослаблених та сильноослаблених. Через відсутність доглядів вони захаращені, при розростанні узлісь із терену (*Prunus spinosa* L.), клена татарського (*Acer tataricum* L.), клена ясенелистого (*Acer negundo* L.) є фактично непрохідними, але водночас це ідеальний притулок для фазанів, зайців, лисиць і єнотоподібних собак.

При оцінюванні структури та функціональності агролісосистеми використовувалися матеріали наземної тахеометричної зйомки, космічні знімки, результати польових НДР та ГІС аналіз. Відстань між головними ПЛС варіювала від 600 м до 1800 м, а допоміжними – від 1500 м до 3000 м, площа полів складала 150–340 га. Відповідно до нормативних документів, з врахуванням природної зони і ґрунтового покриву, віддаль між головними ПЛС має бути 300–500 м, а поміж допоміжними – від 1500 м до 2000 м [Довідник з агролісомеліорації, 1988, Юхновський В. Ю., 2003], відповідно площа поля становитиме від 45 га до 100 га. Ймовірно, що частина полезахисних смуг випала внаслідок відсутності доглядів та негативного впливу інших біотичних, абіотичних та антропогенних чинників. Розрахунок показника захищеності полів показав, що він перебував у межах від 45 % до

70 %. Будівництво ВЕУ та супутньої інфраструктури (доріг, інженерних мереж) може призводити до локального порушення структури ПЛС, зниження її функціональної здатності, пошкодження кореневих систем дерев, погіршення санітарного стану та всихання. Разом із тим, у масштабах агролісоландшафту загальне зниження захищеності полів є незначним і не перевищує 2–3%.

Функціонування вітроенергетичних установок може як негативно, так і позитивно впливати на мікрокліматичні умови агролісосистем. За результатами різних дослідників встановлено, що робота ВЕУ може сприяти посиленню вертикального перемішування повітряних мас, зміні режиму випаровування та перерозподілу вологи у приземному шарі атмосфери [Armstrong A., et al., 2012]. В окремих випадках і за певних умов у межах впливу вітрових електростанцій спостерігалось зменшення вологості ґрунту до 4,4 % унаслідок посилення турбулентного обміну та зміни процесів евапотранспірації [Jia Z., et al., 2024].

Разом із тим перемішування повітряних мас у зоні впливу ВЕУ сприяло вирівнюванню температурного режиму, зниженню ризику радіаційних заморозків та частковому зменшенню швидкості вітру поблизу поверхні ґрунту [Wang G. et al. 2023]. За окремими оцінками, у приземному шарі атмосфери швидкість вітру може знижуватися у 1,5–3 рази залежно від конфігурації ВЕС, рельєфу та погодних умов, що особливо важливо в умовах суховіїв степової зони України, оскільки це сприяє зменшенню інтенсивності фізичного випаровування та частковому збереженню ґрунтової вологи. Внаслідок функціонування ВЕУ можливі локальні зміни температури повітря в межах від $\pm 0,3$ до $0,7$ °С, переважно у нічний час, а відносна вологість повітря може змінюватися на 2–6 % залежно від сезону, типу підстилаючої поверхні та інтенсивності турбулентного перемішування. Загалом дослідження вказують на неоднозначність та локальний характер мікрокліматичних ефектів ВЕУ, що значною мірою залежить від природно-кліматичних умов території, щільності розміщення вітроенергетичних установок, особливостей рельєфу та структури агроландшафтів [Zhou L. et al., 2012].

Оптимізація структури лісоаграрних ландшафтів за розміщенням полезахисних лісових смуг, їх породного складу, планового господарського догляду із формування оптимальної конструкції ПЛС та підтримання їхньої функціональності у поєднанні із можливим позитивним впливом на мікрокліматичні умови ВЕУ може забезпечити значну прибавку врожайності сільськогосподарських культур. Прибавка врожайності зернових культур у посушливих умовах Степу України під захистом ПЛС може складати від 15 % до 30 %, а в окремі посушливі роки – до 40 % [Коптев В.І., 1989]. Полезахисні лісові смуги сприяють зменшенню швидкості вітру, накопиченню вологи, зниженню дефляційних процесів та формуванню більш стабільного мікроклімату агроландшафтів. Додатковий вплив ВЕУ

потужністю 100 МВт у середньому збільшує врожайність кукурудзи на рівні від 0,5 % до 1,5 % залежно від специфікації [Wang G. et al., 2023].

Ключовим фактором зниження ефективності агроландшафтів є не будівництво ВЕУ, а загальна деградація системи поєднаних лісосмуг. Більшість насаджень перебуває у третьому та четвертому вікових періодах розвитку, що супроводжується всиханням крон, зменшенням висоти та втратою меліоративних функцій. З метою забезпечення сталого функціонування агроландшафтів за умов розвитку вітроенергетики першочергового значення набуває проведення комплексного агролісомеліоративного впорядкування, відновлення та реконструкції поєднаних лісосмуг, а також організація системного догляду за ними. При плануванні та реалізації проєктів ВЕС необхідно мінімізувати пошкодження насаджень та передбачати компенсаційні заходи з їх відновлення.

Недоліки досліджень із визначення впливу ВЕУ, зокрема безпосередньої оцінки індексу стану рослинності, температури поверхні землі, рівня смертності птахів та інших показників у межах досліджуваних зон наземних вітрових електростанцій полягають у недосконалості та різноманітності методичних підходів, особливостях візуалізації, а також певній суб'єктивності оціночних показників. Окрім того, лише незначна кількість досліджень передбачала поглиблений аналіз із використанням інтегральних показників, унаслідок чого їхні результати не завжди є однозначними, що ускладнює формування рекомендацій на еколого-кліматичному рівні. Водночас залишається недостатньо вивченим взаємозв'язок між непрямим впливом локальних змін мікроклімату та прямим впливом вітрових електростанцій. Більшість сучасних досліджень також не враховує неоднорідності типів землекористування та відмінностей кліматичних умов у регіонах розташування наземних вітрових електростанцій. Такі обмеження зумовлюють суттєві розбіжності в результатах досліджень, через що їхні висновки не є універсальними, а механізми виникнення виявлених відмінностей залишаються недостатньо чітко поясненими. [Jia Z., et al., 2024].

Загалом, розвиток вітроенергетики може бути гармонійно інтегрований у структуру агроландшафтів за умови науково обґрунтованого підходу до збереження та підвищення ефективності систем захисних лісових насаджень.

Список використаних джерел

1. Довідник з агролісомеліорації / [П. С. Пастернак, В. І. Коптев, О. М. Недашківський та ін.]; за ред. П. С. Пастернака. – [2-ге вид., перероб. і допов.]. – К. : Урожай, 1988. – 288 с.
2. Коптев В.І. Поєднані лісорозведення / В.І. Коптев, А.А. Лищенко. – К. : Урожай, 1989. – 169 с.
3. Про затвердження Санітарних правил в лісах України : Постанова Кабінету Міністрів України від 27 лип. 1995 р. № 555 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: zakon.rada.gov.ua (дата звернення: 01.05.2026).

4. Юхновський В. Ю. Лісоаграрні ландшафти рівнинної України: оптимізація, нормативи, екологічні аспекти. – К.: Інститут аграрної економіки, 2003. – 273 с.
5. Armstrong A., Waldron S., Whitaker J., Ostle N. Wind farm and solar park effects on plant–soil carbon cycling // *Global Change Biology*. 2014. Vol. 20. P. 1299–1313. Код доступу: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4255238>
6. Jia Z., Yang X., Chen A. et al. Localized eco-climatic impacts of onshore wind farms: a review // *Journal of Resources and Ecology*. 2024. Vol. 15, № 1. P. 151–160. Код доступу: <https://www.jorae.cn/EN/10.5814/j.issn.1674-764x.2024.01.013>
7. Wang G. et al. Wind farms dry surface soil in temporal and spatial variation // *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 857. Article 159518. Код доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722063926>
8. Zhou L. et al. Impacts of wind farms on land surface temperature // *Nature Climate Change*. 2012. Vol. 2. P. 539–543. Код доступу: <https://www.nature.com/articles/nclimate1505>