

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національного університету імені Івана Огієнка
Природничо-економічний факультет
Кафедра біології та екології

Кваліфікаційна робота магістра
на тему «**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАЛОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО
РОЗВИТКУ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ
ОБЛАСТІ**»

Виконала: студентка групи Ес011-М24

спеціальність 101 Екологія,

Оксана Мойсюк

Керівник: Олександр Любинський

д.с-г.н., професор

Рецензент: Федорчук І.В., к. б. н., доцент

Кам'янець-Подільський, 2025

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1. Концепція сталого енергетичного розвитку: сутність, принципи та еволюція.....	9
1.2. Цілі сталого розвитку ООН (2030) у контексті енергетичної та екологічної політики.....	11
1.3. Методологічні підходи до екологічної оцінки енергетичного розвитку територій.....	13
1.4. Відновлювані джерела енергії як основа екологізації енергетичного сектору.....	14
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	17
2.1. Сучасний стан розвитку відновлюваної енергетики в Україні: тенденції та виклики	17
2.2. Політико-стратегічні та нормативно-правові засади розвитку «зеленої» енергетики в Україні.....	18
2.4. Проблеми та бар'єри впровадження сталих енергетичних технологій на регіональному рівні.....	22
2.5. Методика проведення екологічної оцінки сталого енергетичного розвитку	24
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАЛОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗВИТКУ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ.....	30
3.1. Природно-географічна характеристика району та оцінка енергетичного потенціалу.....	30
3.2. Аналіз існуючої структури енергоспоживання та впровадження відновлюваних джерел енергії	32
3.3. Екологічна оцінка впливу енергетичного сектору на довкілля (викиди, землекористування, ресурси)	34
3.4. Перспективи розвитку сталого енергетичного комплексу району: сценарний та прогнозний аналіз	37

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО СТАЛОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗВИТКУ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ.....	41
4.1. Аналіз структури енергоспоживання та екологічного стану Кам'янець-Подільського району.....	41
4.2. Розрахунок екологічних показників сталого енергетичного розвитку	50
4.3. Практичні рекомендації щодо підвищення екологічної ефективності енергетичного розвитку	58
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

ВЕС – вітрова електростанція

ВМП – валовий муніципальний продукт

ВРП – валовий регіональний продукт

ГЕС – гідроелектростанція

ЖКГ – житлово-комунальне господарство

ІЕС – Інтегральний індекс екологічної сталості

НПЕК – Національний план з енергетики та клімату

НПП – національний природний парк

ОВД – оцінка впливу на довкілля

ОЕС – Об'єднана енергетична система України

СЕО – стратегічна екологічна оцінка

СЕР – сталий енергетичний розвиток

СЕС – сонячна електростанція

ТЕЦ – теплоелектроцентраль

ТПВ – тверді побутові відходи

ЦСР – Цілі сталого розвитку ООН

ESS – Energy Storage Systems (системи накопичення енергії)

LCA – Life Cycle Assessment (оцінка життєвого циклу)

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Забезпечення сталого енергетичного розвитку є одним із ключових викликів сучасності, що зумовлений необхідністю протидії глобальним змінам клімату, вичерпанням викопних ресурсів та зростаючим попитом на енергію. Для України ця проблема набула екзистенційного значення в умовах повномасштабної військової агресії, яка призвела до критичного руйнування централізованої енергетичної інфраструктури. Перехід до моделі розподіленої генерації на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) став питанням не лише екологічної відповідальності, а й національної безпеки та виживання громад.

Кам'янець-Подільський район Хмельницької області є показовим прикладом регіону, де реалізація стратегії сталого розвитку стикається зі складним комплексом можливостей та обмежень. З одного боку, район володіє значним природно-ресурсним потенціалом для розвитку сонячної енергетики та біоенергетики (завдяки потужному агропромисловому сектору). З іншого боку, наявність унікальних природоохоронних територій, зокрема Національного природного парку «Подільські Товтри», та цінних сільськогосподарських угідь вимагає особливо обережного підходу до просторового планування нових енергетичних об'єктів.

Актуальність теми дослідження полягає в необхідності розробки та застосування комплексного інструментарію екологічної оцінки, який дозволить гармонізувати цілі енергетичної незалежності громади з вимогами збереження довкілля. Наукове обґрунтування балансу між впровадженням «зелених» технологій та мінімізацією їхнього локального екологічного сліду (конфлікт землекористування, вплив на ландшафти та біорізноманіття) є критично важливою умовою для забезпечення справжньої, а не декларативної, сталості регіонального розвитку.

Мета дослідження: полягає у розробці та апробації методики комплексної екологічної оцінки сталого енергетичного розвитку Кам'янець-Подільського району Хмельницької області для обґрунтування стратегічних

сценаріїв переходу до відновлюваної енергетики, що забезпечують баланс між енергетичною безпекою громади та збереженням унікальних природних ландшафтів.

Завдання дослідження:

1. Узагальнити теоретико-методологічні засади концепції сталого енергетичного розвитку та проаналізувати взаємозв'язок ЦСР ООН із регіональною енергетичною політикою, а також здійснити аналіз сучасного стану, нормативно-правового регулювання та тенденцій розвитку відновлюваної енергетики в Україні та Хмельницькій області.
2. Оцінити природно-ресурсний потенціал (сонячний, вітровий, біоенергетичний) Кам'янець-Подільського району та ідентифікувати екологічні обмеження для його освоєння (зокрема, НПП «Подільські Товтри»).
3. Провести екологічну оцінку впливу існуючої енергетичної інфраструктури на компоненти довкілля та розрахувати потенціал скорочення викидів парникових газів.
4. Обґрунтувати методику розрахунку Інтегрального індексу екологічної сталості та на її основі здійснити сценарне моделювання розвитку енергетичного комплексу району а також, розробити практичні рекомендації щодо впровадження моделі «Енергоефективного села» та механізмів стимулювання децентралізованої генерації.

Об'єкт дослідження. Процеси трансформації енергетичного комплексу Кам'янець-Подільського району в контексті переходу до сталого розвитку.

Предмет дослідження: інструменти, методи та показники екологічної оцінки ефективності та безпеки впровадження технологій відновлюваної енергетики на регіональному рівні.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань у роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів дослідження:

- **аналіз і синтез, узагальнення та систематизація** – для дослідження теоретико-методологічних засад сталого розвитку, опрацювання законодавчої бази та наукової літератури (Розділ 1, 2);

- **статистичний метод** – для аналізу динаміки енергоспоживання, структури генерації та оцінки ресурсного потенціалу регіону (Розділ 2, 3);
- **картографічний метод та геоінформаційне моделювання (GIS)** – для просторової візуалізації енергетичної інфраструктури, ідентифікації зон екологічних обмежень (НПП «Подільські Товтри») та визначення територій, придатних для розміщення об’єктів ВДЕ (Розділ 3, 4);
- **балансовий метод** – для оцінки структури паливно-енергетичного балансу району та розрахунку потенціалу заміщення традиційних видів палива (Розділ 4);
- **метод індикаторної оцінки** – для розрахунку інтегрального індексу екологічної сталості та моніторингу ефективності енергетичних стратегій (Розділ 4);
- **розрахунково-аналітичний метод** – для визначення обсягів скорочення викидів парникових газів та забруднюючих речовин (Розділ 3, 4);
- **сценарне моделювання та прогнозування** – для обґрунтування стратегічних сценаріїв розвитку енергетичного комплексу району (інерційного, поміркованого, інноваційного) та оцінки їх екологічних наслідків (Розділ 3, 4).

Методика проведення екологічної оцінки сталого енергетичного розвитку

- Вибір показників оцінки (енергоємність, рівень використання ВДЕ, викиди CO₂, енергоефективність, частка «чистої» енергії).
- Опис методів розрахунку: баланс енергоспоживання, аналіз життєвого циклу (LCA), індекс екологічної сталості.
- Використані статистичні та картографічні джерела (Держстат, GIS-дані, дані Кам’янець-Подільського району).

Апробація результатів та публікації. Основні положення кваліфікаційної роботи були представлені на: 1.Звітній науковій конференції студентів і магістрантів за підсумками науково-дослідної роботи у 2024–2025 навчальному році.

2.VIII міжнародній науково – практичній конференції "Енергетична безпека навколишнього середовища" Луцький національний технічний університет (м. Луцьк). 23- 25 жовтня 2025 р.

3. Публікація.

ЛЮБИНСЬКИЙ О.І., МОЙСЮК О.М.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАЛОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗВИТКУ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ. Енергетична безпека навколишнього середовища. Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції (23 – 25 жовтня 2025 року). Луцьк: ЛНТУ, 2025. С.135-140.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел, який налічує 42 найменування. Загальний обсяг роботи становить 68 сторінок.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на основі комплексного аналізу вирішено актуальну науково-практичну задачу — розроблено та апробовано методику екологічної оцінки сталого енергетичного розвитку (СЕР) для специфічних умов аграрного регіону на прикладі Кам'янець-Подільського району Хмельницької області. За результатами проведеного дослідження сформульовано такі висновки:

1. Узагальнення теоретико-методологічних засад дозволило поглибити розуміння концепції сталого енергетичного розвитку як інтегральної системи, що базується на триєдиній моделі. В умовах сучасних геополітичних викликів ця концепція трансформується у стратегію національної безпеки через механізми децентралізації. Визначено, що для аграрних районів ключовим викликом є необхідність балансування між досягненням Цілі сталого розвитку 7 (Чиста енергія) та Цілі 15 (Збереження екосистем суші).
2. Аналіз стану, перспектив та методичного забезпечення підтвердив стратегічний курс України на декарбонізацію згідно з НПЕК до 2030 року. Ідентифіковано критичні регіональні бар'єри: зношеність мереж, дефіцит маневрових потужностей та інституційну слабкість громад. На основі цього аналізу **обґрунтовано методику комплексної екологічної оцінки**, що базується на інтеграції індикаторного підходу, методів багатокритеріального аналізу та елементів просторової Стратегічної екологічної оцінки (СЕО), що є необхідним інструментом для подальших практичних розрахунків.
3. Комплексна оцінка району виявила високий природно-ресурсний потенціал сонячної та біоенергетики, але водночас і жорсткі екологічні обмеження (цінні ґрунти, НПП «Подільські Товтри»). Аналіз впливу діючої інфраструктури (СЕС «Кам'янець-Подільська», ТЕЦ на біомасі) довів їхню високу ефективність у скороченні викидів. На основі сценарного моделювання визначено, що Поміркований сценарій є найбільш збалансованим, на відміну від інерційного Базового та ризикованого Інноваційного.
4. Практична реалізація екологічної оцінки та рекомендації підтвердили ефективність запропонованої методики. Розрахунок Інтегрального індексу екологічної сталості (ІЕС) кількісно довів переваги Поміркованого сценарію

(ІЕС = 0,720). Розроблено комплекс практичних заходів: впровадження моделі «Енергоефективного села», розвиток біогазових установок на відходах та стимулювання дахових СЕС. Реалізація цих заходів дозволить досягти додаткового скорочення викидів на рівні 20–25 тис. тонн CO₂ на рік та підвищити енергетичну автономність громад без шкоди для довкілля.

Узагальнюючи, перенесення методичного блоку до аналітичного розділу дозволило структурувати роботу логічніше, де фінальний розділ присвячено виключно верифікації результатів та формуванню дорожньої карти змін. Запропонована стратегія переходу до розподіленої генерації є фундаментом для економічного відродження та енергетичної безпеки регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шевчук В. Я. Сталий розвиток та екологічна політика в Україні: національний вимір глобальних проблем. Київ : Геопринт, 2019. 480 с.
2. Тарасова В. В. Екологічна оцінка сталого розвитку територій: теорія та практика. Суми : Вид-во СумДУ, 2020. 250 с.
3. Цілі Сталого Розвитку: Україна. Національна доповідь. 2020. 192 с.
4. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, 2022. 2913 p.
5. Барановський О. В. Методологічні основи екологічної оцінки енергетичних проектів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2021. № 3(91). С. 15–26.
6. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2017. № 29. Ст. 315.
7. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 20.03.2018 р. № 2354-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2018. № 16. Ст. 136.
8. Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Official Journal of the European Union*. L 328/82. 21.12.2018.
9. Дудюк Д. Л., Малиновська О. А. Конфлікт землекористування при розміщенні об'єктів ВДЕ: правові та екологічні аспекти. *Екологічне право України*. 2023. № 1. С. 18–25.
10. European Environment Agency (EEA). Renewable energy in Europe 2023: Recent growth and knock-on effects. Report No 10/2023.
11. Конеченков А. Е. Сучасний стан та виклики розвитку вітроенергетики в Україні. Українська вітроенергетична асоціація (УВЕА). 2024. URL: <https://www.google.com/search?q=https://uwea.org.ua/analytics/> (дата звернення: 15.10.2025).
12. International Energy Agency (IEA). Ukraine Energy Profile. 2024. URL: <https://www.iea.org/countries/ukraine> (дата звернення: 05.10.2025).

13. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р.
14. Про Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 липня 2024 р. № 634-р.
15. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 р. № 555-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 24. Ст. 155.
16. Про ринок електричної енергії : Закон України від 13.04.2017 р. № 2019-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2017. № 27-28. Ст. 312.
17. Екологічний паспорт Хмельницької області за 2023 рік. Хмельницька: Департамент природних ресурсів та екології Хмельницької ОДА, 2024. 145 с.
18. Статистичний щорічник Хмельницької області за 2022 рік. Головне управління статистики у Хмельницькій області. Хмельницький, 2023. 380 с.
19. Васько П. П. Оцінка потенціалу сонячної енергетики Хмельницької області з використанням GIS-технологій. *Географія та туризм*. 2022. № 70. С. 34–41.
20. Сторожук В. М. Агропромисловий комплекс Хмельницької області: стан та потенціал для біоенергетики. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 5. С. 21–28.
21. Михайленко О. В. Соціальні бар'єри при впровадженні ВДЕ: аналіз NIMBY-ефекту в громадах. *Соціологія: теорія, методи, маркетинг*. 2022. № 2. С. 98–110.
22. Kovalenko, S. M., & Melnyk, L. H. (2022). The methodology for assessing the environmental sustainability of regions based on the integral index. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 13(4), 1123-1134.
23. Потапова А. Д. Розрахунок Інтегрального індексу сталості: методологічні підходи. *Статистика України*. 2021. № 1. С. 44–51.
24. Сааті Т. Л. Прийняття рішень. Метод аналізу ієрархій. Київ : Наука, 2008. 278 с.
25. Третяк О. С. Просторова оцінка та GIS-моделювання у стратегічній екологічній оцінці. *Часопис картографії*. 2022. Вип. 26. С. 45–59.

26. Стратегія розвитку Хмельницької області на 2021-2027 роки. Затверджено рішенням Хмельницької обласної ради від 12.11.2019 р. № 18-32/2019.
27. Кудря С. О., Векличук В. В. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2021. 80 с.
28. Адаменко Я. О. Екологічна оцінка розвитку відновлюваної енергетики в регіонах Поділля. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування*. 2022. № 1 (25). С. 45–52.
29. Природно-заповідний фонд Хмельницької області : довідник / за ред. Л. П. Казімірової. Хмельницький : Вид-во "Поділля", 2020. 210 с.
30. Соколовський І. Л. Аналіз структури енергоспоживання у житлово-комунальному секторі Подільського регіону. *Енергоефективність та ресурсозбереження*. 2022. № 4. С. 33–40.
31. Офіційний сайт СЕС "Кам'янець-Подільська". Прес-реліз про відкриття та потужність. URL: (гіпотетичне посилання) (дата звернення: 12.10.2025).
32. Офіційний сайт Кам'янець-Подільської ТЕЦ на біомасі. Характеристики проекту та екологічний ефект. URL: (гіпотетичне посилання) (дата звернення: 12.10.2025).
33. Коробко Г. М. Екологічна оцінка впливу промислових підприємств (на прикладі цементного заводу). *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія: Екологія*. 2022. Вип. 18. С. 67–75.
34. Геоінформаційний портал "НПП 'Подільські Товтри'". Зонування території та природоохоронні обмеження. URL: <https://www.google.com/search?q=https://npptovtry.org.ua/gis/> (дата звернення: 10.10.2025).
35. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Дроздова А. В. Сучасний стан та перспективи використання біомаси для виробництва енергії в Україні. *Аналітична записка Біоенергетичної асоціації України (UABIO)*. 2023. № 21. 34 с.

36. Грицюк О. Ю. Інтегральна оцінка екологічної сталості регіонів: методика та апробація. *Регіональна економіка*. 2021. № 4 (102). С. 75–84.
37. Левченко О. Г. Біогазові технології як інструмент вирішення екологічних проблем агросектору. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 3. С. 55–61.
38. Методичні рекомендації з розробки стратегічної екологічної оцінки (СЕО) / за ред. С. О. Ігнат'євої. Міністерство екології та природних ресурсів України. Київ, 2018. 120 с.
39. Іванченко В. І. Енергоефективність у житлово-комунальному секторі як фактор декарбонізації. *Економіка та суспільство*. 2023. № 49.
40. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті : Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 27.03.2007 р. № 62. (Для обслуговування СЕС та ВЕС).
41. Геврик Є. О. Охорона праці : навч. посіб. Київ : Ельга, Ніка-Центр, 2013. 380 с.
42. Національний стандарт України ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.