

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування
та інфраструктури
Кафедра економічної експертизи та землевпорядкування

РОГАН Надія Володимирівна
Оцінка земельних ресурсів для розміщення об'єктів
відновлюваної енергетики / Assessment of land resources for the
placement of renewable energy facilities

спеціальність: 193 – Геодезія та землеустрій
освітньо-професійна програма – Експертна оцінка землі та нерухомого
майна

Кваліфікаційна робота

Виконала студентка групи ГЕОЗ-42
Н. В. Роган

Науковий керівник:
к.т.н., доцент, О. М. Лопушанський

Кваліфікаційну роботу допущено
до захисту:

" ____ " _____ 20__ р.

Завідувач кафедри

_____ **Б. О. Язлюк**

ТЕРНОПІЛЬ – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ РОЗМІЩЕННЯ ОБ’ЄКТІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ЗЕМЛЯХ РІЗНИХ КАТЕГОРІЙ ...	6
1.1 Поняття і класифікація об’єктів відновлюваної енергетики та вимоги до земельних ділянок.....	6
1.2 Нормативно-правові обмеження розміщення. Категорії земель, охоронні зони, містобудівні умови	11
1.3 Екологічні та соціальні обмеження. ОВД, природоохоронні території, конфлікти землекористування	15
Висновки до розділу 1.....	20
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ РОЗМІЩЕННЯ ОБ’ЄКТІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	22
2.1 Вихідні дані та джерела інформації. DEM, землекористування, інфраструктура, обмеження, кліматичні показники.....	22
2.2 Критерії придатності територій. Технічні, правові, екологічні, економічні	26
2.3 Геоінформаційна модель оцінки. Карта придатності, ранжування, перевірка результатів	30
Висновки до розділу 2.....	34
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ТЕРИТОРІЙ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ДІЛЯНОК.....	35
3.1 Визначення перспективних зон і ділянок для розміщення об’єктів ВДЕ ..	35
3.2 Аналіз обмежень і ризиків реалізації проєктів. Земельні, екологічні, процедурні	41
3.3 Рекомендації для органів місцевого самоврядування та інвестора щодо підбору ділянок	45
Висновки до розділу 3.....	48
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52

ВСТУП

Актуальність теми зумовлена посиленням глобального та національного курсу на декарбонізацію економіки, підвищення енергетичної безпеки й інтеграцію відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у структуру енергобалансу України. В умовах трансформації енергетичного сектору, зростання потреб у розподіленій генерації та післявоєнного відновлення інфраструктури особливого значення набуває раціональне використання земельних ресурсів для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики. Земля виступає одночасно просторовою основою реалізації енергетичних проєктів, об'єктом правового регулювання та ресурсом із багатофункціональним екологічним і соціально-економічним значенням.

Для України ця проблематика набуває особливої гостроти через прогресуючий дефіцит вільних земельних ділянок, придатних для енергетичного будівництва з точки зору логістики та підключення до мереж. Це породжує гострі міжсекторальні конфлікти, зокрема між енергетичними компаніями та агропромисловим комплексом за використання високопродуктивних угідь. Окремим викликом є намагання розмістити об'єкти ВДЕ на територіях природно-заповідного фонду або землях з особливим природоохоронним статусом, що створює резонансні протиріччя між потребами енергетичного розвитку та вимогами екологічної безпеки.

Неврахування таких технічних, правових, екологічних і соціальних обмежень при виборі ділянок призводить до конфліктів землекористування, зниження інвестиційної привабливості проєктів і тривалих судових спорів. За відсутності чіткого механізму пріоритетності використання земель, енергетичні ініціативи часто гальмуються через супротив місцевих громад або екологічних інституцій.

У зв'язку з цим формування науково обґрунтованої методики оцінки земельних ресурсів для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики є необхідною передумовою ефективного просторового планування та прийняття

управлінських рішень, що дозволять збалансувати інтереси держави, бізнесу та довкілля в процесі «зеленої» реконструкції України.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення та апробація комплексного підходу до оцінки земельних ресурсів для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики з урахуванням технічних, правових, екологічних та соціально-економічних чинників.

Для досягнення поставленої мети визначено **такі завдання:**

- 1) Здійснити аналіз теоретико-правових засад розміщення об'єктів відновлюваної енергетики на землях різних категорій.
- 2) Дослідити нормативно-правові та екологічні обмеження використання земель під енергетичні проєкти.
- 3) Обґрунтувати систему критеріїв придатності територій для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики.
- 4) Розробити геоінформаційну модель оцінки земельних ресурсів на основі інтеграції просторових даних.
- 5) Здійснити оцінку придатності територій та визначити перспективні зони для розміщення об'єктів.
- 6) Сформулювати практичні рекомендації щодо вибору земельних ділянок з урахуванням виявлених обмежень і ризиків.

Об'єктом дослідження є земельні ресурси як просторово-територіальна основа розміщення об'єктів відновлюваної енергетики.

Предметом дослідження виступають теоретичні, методичні та прикладні аспекти оцінки придатності земельних ділянок для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики з урахуванням сукупності технічних, правових, екологічних і соціальних критеріїв.

Методологічну основу роботи становлять методи системного аналізу, порівняльно-правового аналізу нормативної бази, даних про землекористування, інфраструктуру та кліматичні показники, а також метод узагальнення для формування практичних рекомендацій.

Інформаційну базу дослідження становлять дані державного земельного кадастру, відкриті просторові набори даних, матеріали оцінки впливу на довкілля та нормативно-правові акти.

Наукова новизна дослідження полягає у розробці комплексного підходу до оцінювання земельних ресурсів для відновлюваної енергетики через інтеграцію технічних, правових та екологічних критеріїв у єдину систему.

Теоретичне значення роботи полягає в уточненні понятійно-категоріального апарату щодо оцінки земельних ресурсів у контексті розвитку відновлюваної енергетики та в систематизації критеріїв просторової придатності територій з урахуванням інтеграції технічних і правових чинників.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості їх використання органами місцевого самоврядування, землепорядними організаціями та інвесторами під час вибору земельних ділянок для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики, підготовки містобудівної документації, проведення попередніх техніко-економічних обґрунтувань та мінімізації екологічних і соціальних ризиків.

Структура роботи зумовлена логікою дослідження і складається зі вступу, трьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків та списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ЗЕМЛЯХ РІЗНИХ КАТЕГОРІЙ

1.1 Поняття і класифікація об'єктів відновлюваної енергетики та вимоги до земельних ділянок

Поняття відновлюваної енергетики охоплює сукупність технологій і систем, які перетворюють енергію природних поновлюваних ресурсів у корисну енергію (електричну, теплову, механічну) з мінімальною або нульовими нетто-викидами парникових газів у процесі експлуатації. Міжнародні агентства та аналітичні мережі визначають відновлювані джерела як ті, що відтворюються природним шляхом у людському часовому масштабі; до них відносять сонячну (фотовольтаїчну та сонячну теплову), вітрову (наземну та морську), гідроенергетику (великі гідроелектростанції і малі гідрооб'єкти), біоенергетику (біомаса, біогаз, біопалива), геотермальну та океанічну енергетику (приливну, хвильову, океанічні течії). Парадигма класифікації поєднує джерелеву ознаку (тип первинного ресурсу), технологічну ознаку (спосіб перетворення енергії), масштаб і призначення об'єкта (побутова, промислова, мережна генерація), а також характер використання продукції (електрика, тепло, паливо) [28].

Класифікація об'єктів відновлюваної енергетики має кілька взаємопов'язаних вимірів (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1

**Класифікація об'єктів відновлюваної енергетики за ресурсними,
технологічними, функціональними та просторово-планувальними
ознаками**

Вимір класифікації	Категорії	Характеристика та приклади
За типом первинного ресурсу	Сонячні установки	Фотовольтаїчні парки, скляні та тонкоплівкові модулі, сонячні теплові електростанції з накопиченням тепла
	Вітрові електростанції	Одно- та багатотурбінні комплекси, офшорні системи, мікроВЕС для локального споживання
	Гідроелектростанції	Малі, середні, великі; проточні та накопичувальні системи
	Біоенергетичні комплекси	Котельні на біомасі, біогазові установки, комплексні біо-ТЕЦ
	Геотермальні установки	Установки різної потужності для виробництва тепла та електроенергії
	Морська енергетика	Приливні та хвильові установки
За технологічною ознакою	Електрогенерувальні системи	Генератори, інвертори, турбіни
	Теплогенерувальні системи	Котли, теплообмінники
	Комбіновані системи	Установки з одночасним виробництвом тепла і електроенергії
За функціональною ознакою	Автономні системи	Установки малої потужності для місцевого споживання
	Розподілені мережні рішення	Об'єкти, інтегровані в розподільчі мережі
	Централізовані парки	Великі комплекси, підключені до магістральних мереж
За просторово- планувальною ознакою	Наземні установки	Об'єкти, розміщені на відкритих земельних ділянках
	Будівельні (інтегровані)	Системи, інтегровані в забудову
	Плавучі установки	Плавучі сонячні системи та інші рішення на водних поверхнях
	Прибережні морські установки	Об'єкти, розташовані в акваторіях прибережної зони

Джерело: створено автором на основі [20].

Техніко-економічні характеристики об'єктів визначаються не лише потужністю, але й питомими вимогами до площі та просторового розміщення. У випадку наземних сонячних парків типовою величиною питомої потреби земельної площі для сучасних установок вважають інтервал близько 1–4 гектарів на мегават встановленої потужності, причому варіювання пов'язане з

технологічною щільністю модулів, орієнтацією, рельєфом і необхідністю технічних відстаней між рядами. Для практичних оцінок часто використовують середні значення близько 1,5–2,5 га/МВтр (пікова потужність), проте різні дослідження й країни подають розбіжності в залежності від місцевих умов і рішень про агролісогосподарське співіснування. Наземні вітряні парки за потребою земель приписують суттєво більші території у загальному розумінні проектного майданчика, однак пряме поверхнєве покриття (площа фундаментів, під'їзних шляхів, трансформаторних майданчиків) становить малу частку від загального простору; основні просторові вимоги зумовлені відстанями між турбінами для уникнення взаємного аеродинамічного впливу і забезпечення доступу, що часто вимірюють десятками гектарів на МВт залежно від проектною конфігурації. Біоенергетичні установки висувають інші вимоги: потреби у площах для вирощування сировини, системах логістики й зберігання, які можуть чинити істотний вплив на землекористування [25].

В українському правовому полі питання надання та режиму земель для енергетичних об'єктів регулюються спеціальними актами. Законодавство виділяє землі енергетичної системи як окрему категорію і визначає порядок надання ділянок під енергетичні об'єкти, охоронні зони, можливості розміщення лінійних об'єктів енергетичної інфраструктури на землях різних категорій, а також механізми передачі земель у користування або постійне володіння для енергетичних цілей згідно із законодавчими вимогами. Практичні процедури передбачають урахування цільового призначення земель, необхідність погоджень з місцевими органами містобудування та землеустрою, оформлення кадастрових даних та врахування обмежень, пов'язаних із природоохоронними територіями, історико-культурними об'єктами, водним і лісовим фондами. Останні законодавчі зміни і роз'яснення спрощували окремі процедури зміни цільового призначення в інтересах енергетичної інфраструктури, проте вони не усувають потреби дотримуватися установлених екологічних та містобудівних умов [10].

Практичні вимоги до земельних ділянок включають низку технічно-економічних, екологічних та адміністративних параметрів. До технічних належать: рельєф і нахил (переважно слабохвилясті або рівнинні ділянки для сонячних полів), геотехнічні характеристики ґрунтів (несуча здатність для фундаментів і опорних конструкцій), відсутність значних затінених зон, показники сонячної інсоляції або середньої швидкості вітру, наближеність до підстанцій або ліній електропередач з урахуванням вартості підключення, можливість створення під'їзних шляхів та інженерної інфраструктури. Адміністративні вимоги охоплюють наявність правовстановлюючих документів, відсутність суперечок щодо власності чи сервітутів, погодження з місцевими планами розвитку та відповідність класифікатору цільового призначення земель. Екологічні обмеження передбачають уникнення територій з високими природоохоронними статусами, мінімізацію впливу на родючий ґрунт при використанні сільськогосподарських земель, врахування санітарно-захисних зон і вплив на біорізноманіття, у тому числі на види під загрозою зникнення. З огляду на практику, частина проєктів використовує деградовані або маргінальні землі для уникнення конфлікту з сільськогосподарським виробництвом [24].

Особливу увагу приділено регуляторним обмеженням, що стосуються санітарно-захисних зон, охоронних зон ліній електропередач і допустимих відстаней до населених пунктів. Для вітрових електростанцій нормативи щодо захисних зон у різних документах можуть відрізнятися й іноді підлягають уточненню для сучасних потужних турбін; для сонячних установок питання безпечних відстаней значною мірою визначаються містобудівними нормами та умовами локального планування. Для біоенергетичних комплексів важливими є вимоги щодо складу викидів, місць зберігання і переробки сировини, пожежної безпеки та санітарних стандартів. На практиці це означає необхідність комплексної перевірки відповідності майданчика всім вимогам до початку інвестиційної фази [12].

Критерії вибору земельної ділянки у поєднанні з технічно-економічною оцінкою мають містити просторовий аналіз, що враховує сумісність із сусідніми землекористуваннями, ризики затоплення, наявність комунікацій, транспортну доступність й соціальний контекст; для окремих технологій додаються специфічні фактори: акустичні ефекти для вітрових турбін, затінення й нерівномірність інсоляції для фотомодулів, доступність водних ресурсів для гідро- та деяких біоенергетичних об'єктів. У техніко-економічних моделях ґрунтують рішення про тип фундаменту й конструкцій, розрахунок продуктивності з урахуванням орієнтації й кута нахилу панелей, потреби у системах монтажу й накопичення енергії. Аналітичні матеріали міжнародних агенцій рекомендують використовувати гнучкі інструменти просторового моделювання та оцінки сумісності використання земель для мінімізації конфліктів і підвищення ефективності землекористування [28].

Екологічні та соціальні ризики, пов'язані з розміщенням об'єктів відновлюваної енергетики, вимагають проведення належних оцінок впливу на довкілля і громадські слухання в межах процедур містобудівного та екологічного адміністрування. Оцінка має охоплювати питання деградації родючих ґрунтів, зміни ландшафту, впливу на місця гніздування птахів і міграційні коридори, шумові навантаження, а також потенційні когнітивні чи естетичні конфлікти з місцевими громадами. Частина практик передбачає компенсаційні заходи, адаптацію планування і застосування технологій із мінімальним просторовим слідом для зменшення негативних наслідків [3].

На рисунку 1.1 наведемо мапу, яка показує стан та потенціал відновлюваної енергетики в Україні.

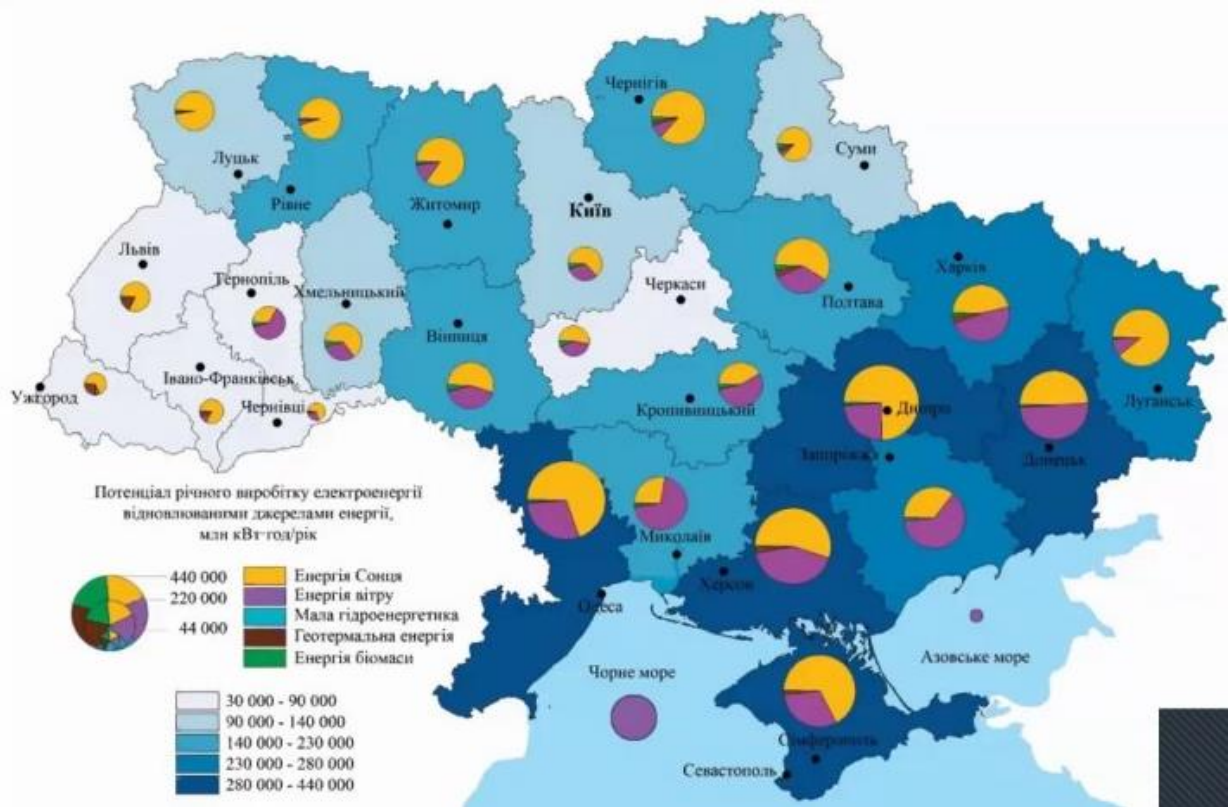


Рис. 1.1 Стан та потенціал відновлюваної енергетики в Україні

Отже, поняття й класифікація об'єктів відновлюваної енергетики є мультидисциплінарною категорією, що поєднує джерело енергії, технологічний спосіб перетворення, призначення об'єкта та його просторові характеристики. Вимоги до земельних ділянок формуються на стику техніки, екології й права: вони включають параметри інсоляції або вітрового ресурсу, фізичні характеристики ґрунту й рельєфу, доступність мережних підключень, відповідність цільовому призначенню та вимогам земельного й містобудівного законодавства, а також дотримання екологічних обмежень і соціальної допустимості.

1.2 Нормативно-правові обмеження розміщення. Категорії земель, охоронні зони, містобудівні умови

Нормативно-правові обмеження розміщення об'єктів відновлюваної енергетики в Україні формуються на стику земельного, енергетичного, екологічного та містобудівного права і визначаються як загальнодержавними

законами, так і підзаконними актами органів виконавчої влади. Серед ключових правових джерел слід виокремити основні нормативні акти, що фіксують категорії земель та режим їх використання, правила функціонування енергетичного ринку та спеціальні норми щодо охоронних зон і способів встановлення містобудівних умов. Земельний кодекс України прямо регламентує категорії земель і порядок зміни цільового призначення, що є визначальним для можливості розміщення наземних сонячних та вітрових електростанцій, тоді як положення, пов'язані з енергетичною інфраструктурою, деталізуються в актах, що регулюють енергетичний ринок і спеціальний правовий режим земель енергетики [14].

Правове регулювання земельних відносин при розміщенні об'єктів відновлюваної енергетики базується на розмежуванні земель за категоріями та на вимозі відповідності цільового призначення ділянки технологічним і безпековим вимогам конкретної технології. Згідно з чинними нормами, лінійні енергетичні об'єкти можуть розміщуватися на земельних ділянках різних категорій без зміни їх цільового призначення за умови дотримання встановлених процедур та оформлення прав користування (зокрема, сервітутів), але для розміщення наземної фотоелектричної або вітрової установки часто потрібно або окреме цільове призначення, або отримання дозволів, що підтверджують відповідність земельним та екологічним обмеженням. Особливу роль відіграють правові акти, що встановлюють правовий режим земель енергетичної системи та порядок встановлення охоронних зон навколо енергетичних об'єктів, які впливають на придатність суміжних ділянок для будівництва енергетичних потужностей [10].

Охоронні зони як елемент правового регулювання встановлюються для забезпечення безпеки експлуатації енергетичних мереж і запобігання негативному впливу об'єктів на довкілля та населення; вони визначають мінімально допустимі відстані від повітряних та кабельних ліній електропередач, підстанцій та інших елементів інфраструктури. Законодавство фіксує типові масштаби таких зон для різних класів ліній та підстанцій, а також

встановлює заборони чи обмеження на будівництво, посадку дерев тощо в межах цих зон. Практична наслідковість цих обмежень для відновлювальної енергетики полягає в тому, що розміщення вітропарків або сонячних станцій поряд із лініями електропередач вимагає узгоджень з операторами мереж та часто – корекції проектних рішень для приведення установок у відповідність з охоронними режимами, що може впливати на площинну ефективність проекту і його техніко-економічні параметри [13].

Містобудівні умови та обмеження, а також дозвільна документація становлять ще один шар нормативних обмежень: передбачена законом процедура отримання містобудівних умов для проектування об'єкта будівництва визначає вимоги до розташування, габаритів, технічних і санітарних умов, а також умови щодо взаємодії з існуючою забудовою та транспортною інфраструктурою. Застосування містобудівних умов потребує комплексного узгодження з місцевими органами влади і є обов'язковим кроком для введення об'єкта в експлуатацію. У випадку великомасштабних вітрових та сонячних проектів додатковою обов'язковою складовою є оцінка впливу на довкілля (ОВД), що передбачає аналіз впливу на флору, фауну, ґрунти, водні ресурси, ландшафт і соціальні аспекти. Надання висновку ОВД може містити умовні заборони або обмеження, що прямо впливають на можливість реалізації проекту в обраному місці.

Міжнародні та регіональні стандарти і практики формують додаткові орієнтири для національного регулювання, особливо у сфері забезпечення екологічної сумісності та транспарентності процедур. Європейський підхід, закріплений у відповідних директивах та практичних керівництвах, підкреслює необхідність врахування просторового планування, відкритих процедур оцінки впливу та принципів мінімізації шкоди для природних екосистем під час розміщення відновлюваних джерел енергії. Директивні вимоги щодо інтеграції відновлюваних джерел у загальну енергетичну політику та забезпечення екологічних стандартів також впливають на розробку національних правил і

технічних регламентів, що застосовуються при видачі дозволів на будівництво та експлуатацію [20].

Правові вимоги, що стосуються просторового планування та зонування, передбачають, що розміщення відновлювальних об'єктів повинно враховувати місцеві планувальні документи та обмеження сумісності використання земель. У середовищі практики це означає, що площі, відведені під енергетику, промисловість або інфраструктуру, будуть більш оперативно адаптуватися під сонячні або вітрові інсталяції, тоді як землі сільськогосподарського або рекреаційного призначення потребують додаткових процедур зміни цільового призначення або оформлення довгострокових договорів користування. Така диференціація базується не лише на нормотворчості, але й на численних міжнародних рекомендаціях щодо збереження ґрунтового потенціалу і біорізноманіття при масовому впровадженні відновлюваної енергетики [5].

Екологічні та біорізноманітні обмеження набувають особливої ваги при розміщенні великих вітрових парків і гідроагрегатів: національні процедури ОВД враховують міжнародні стандарти з охорони природних територій, міграційних коридорів птахів і захисту водних ресурсів, що може призвести до встановлення буферних зон, заборон на будівництво в межах певних природоохоронних територій або вимог до адаптивного управління екологічними ризиками. Положення щодо захисту заповідних територій та особливих зон охорони дикої природи, які імплементують міжнародні конвенції та європейські принципи, створюють додаткові юридичні бар'єри для розміщення енергетичних об'єктів у чутливих екосистемах [32].

Регуляторні процедури взаємодії з операторами мереж, у тому числі отримання технічних умов приєднання, визначають техніко-адміністративні обмеження, що впливають на вибір місця розташування об'єктів відновлюваної енергетики. Процедури приєднання, визначення пропускної здатності, вимоги до взаємодії з існуючими електромережами та правила компенсації мережеских втрат є додатковими бар'єрами, які часто визначають економічну доцільність проекту; одночасно вони забезпечують експлуатаційну безпеку та стійкість

енергетичної системи. У контексті національного регулювання процедура узгодження проекту з оператором системи передачі або розподілу є невід'ємною частиною підготовки проектно-кошторисної документації та отримання дозволів на будівництво [9].

Нормативні вимоги до технічних стандартів і безпеки включають правила пожежної безпеки, будівельні норми щодо фундаментів і кріплень обладнання, санітарні норми шуму та електромагнітних впливів, які також регламентуються відповідними державними будівельними нормами та галузевими стандартами. Забезпечення відповідності цим стандартам є необхідною умовою отримання містобудівних умов, дозволів на будівництво та експлуатацію, а також підставою для прийняття об'єкта в експлуатацію уповноваженими органами. Такий комплекс норм створює правову архітектуру, що гарантує мінімізацію ризиків для населення і довкілля під час експлуатації об'єктів відновлюваної енергетики.

Таким чином, нормативно-правові обмеження розміщення об'єктів відновлюваної енергетики охоплюють земельно-правові механізми категоризації і зміни цільового призначення земель, режим охоронних зон, містобудівні умови та процедури оцінки впливу на довкілля, вимоги до приєднання до електромереж та технічні і санітарні стандарти; ці інститути взаємодіють між собою, створюючи складний, багаторівневий правовий ландшафт, який визначає просторові і процедурні межі для розгортання відновлювальної енергетики в Україні. У формуванні цього ландшафту помітний вплив як національного законодавства, так і міжнародних та регіональних стандартів, що відображено в національній нормативній практиці та офіційних керівництвах.

1.3 Екологічні та соціальні обмеження. ОВД, природоохоронні території, конфлікти землекористування

Розміщення об'єктів відновлюваної енергетики стикається з низкою екологічних і соціальних обмежень, що поєднують правові процедури,

природоохоронні норми, характеристику ландшафтів і видового різноманіття, а також соціально-економічні інтереси місцевих спільнот і землекористувачів. Першим рівнем таких обмежень є процедурні механізми оцінки впливу на довкілля (ОВД), які в українському контексті формалізовані законодавчо та вимагають системної експертизи проєктованих об'єктів перед наданням дозволів на будівництво й експлуатацію; законодавча основа визначає коло факторів довкілля, які підлягають аналізу, включно з флорою, фауною, ландшафтами, ґрунтами, водними ресурсами та здоров'ям населення, а також встановлює реєстри та процедури громадського обговорення, що стали невід'ємною частиною прийняття рішень [11].

Виникнення жорстких просторових обмежень безпосередньо корелює з високим природним потенціалом територій для розвитку певних видів генерації. Зокрема, значні ресурси вітрової енергії часто зосереджені на морських узбережжях, відкритих височинах та гірських хребтах, які одночасно є критично важливими елементами екологічної мережі. Аналогічно, перспективи використання геотермальної енергії нерідко пов'язані з геологічно активними зонами, що мають унікальні гідрологічні та біологічні характеристики. Саме через таке територіальне накладення особливого значення набувають обмеження, пов'язані зі Смарагдовою мережею – системою територій особливого природоохоронного інтересу, де розвиток інфраструктури ВДЕ потребує дотримання суворих міжнародних стандартів збереження оселищ. Окремим критичним фактором є розташування проєктів у межах глобальних міграційних шляхів птахів, оскільки зони з високими показниками швидкості вітру часто збігаються з повітряними коридорами масового прольоту пернатих, що створює ризики масштабного негативного впливу на транскордонне біорізноманіття.

Сутнісно ОВД у випадку вітрових та сонячних електростанцій має кілька специфіки. Для наземних вітропарків основними екологічними ризиками визнаються колізії та смертність птахів і рукокрилих, фрагментація і втрати місць розмноження чи кормових угідь, зміни у поведінці окремих видів та

локальні зміни біотопів через створення інфраструктури (дороги, трансформаторні підстанції). Міжнародні огляди та настанови наголошують на необхідності просторового аналізу місць міграції та гніздування, сезонної динаміки популяцій і врахування особливо вразливих груп (хижі птахи, мігруючі види). У ряді досліджень виявлено видоспецифічні відповіді: для деяких хижих птахів і великих перелітних видів характерне уникання або підвищена смертність у зонах вітрових установок, тоді як для інших видів впливи можуть бути мінімальними та локалізованими [26].

Питання сумісності відновлюваних джерел енергії з територіями, що охороняються, має окремий правовий та технічний вимір. Мережа охоронюваних територій у ЄС, відома як Natura 2000, і відповідні директиви визначають критерії допустимості проєктів у межах або поблизу охоронних зон; європейські настанови підкреслюють, що розміщення вітрових та сонячних установок у таких зонах можливе лише за умови відсутності значного негативного впливу на цілісність території та види, а процедури вимагають ретельної науково обґрунтованої оцінки альтернатив і пом'якшувальних заходів. Для наземних сонячних електростанцій значущим залишається питання перетворення сільськогосподарських угідь та відкритих біотопів, що може призводити до зменшення площі природних екосистем або зміни структури ландшафту. Європейська практика й міжнародні керівництва підкреслюють необхідність уникати прямих конфліктів із охоронюваними зонами і віддавати перевагу використанню вже деградованих або технічно оброблених ділянок [31].

В українських реаліях процедури ОВД часто виявляють як переваги, так і виклики. З одного боку, імплементація закону про ОВД створила формальні механізми, доступ до реєстру та інструменти залучення громадськості; з іншого боку, практика показує, що якість звітів, глибина оцінок та здатність врахувати кумулятивні ефекти іноді є недостатніми, особливо у випадках масштабних інвестиційних проєктів у регіонах зі складною екологічною структурою. Оцінка впливу, у своїй ідеальній формі, повинна розглядати не тільки прямі й локальні

ефекти, а й транскордонні та ландшафтні зміни, але доступні аналітичні матеріали свідчать про варіативність підходів у виконанні ОВД на практиці [22].

Захищені природні території, зокрема регіональні та національні парки, заказники, заповідники й інші категорії охоронних площ, створюють жорсткі просторові обмеження. Розміщення інфраструктури у безпосередній близькості до таких об'єктів може призвести до погіршення стану рідкісних видів та екосистем через підвищення антропогенного навантаження, шуму, зміну режимів екосистем і потенційне створення бар'єрів для пересування видів. У випадку України додатковою складністю є історична мозаїчність використання земель і наявність цінних природних ділянок у районах пріоритетного інвестування в енергію через доступність ресурсів вітру чи сонця. Аналіз регіональних досліджень, зокрема прикладів розроблення проєктів в західних областях, фіксує випадки суперечностей між інтересами охорони природи та планами розміщення енергетичної інфраструктури [6].

Соціальні обмеження мають багатовекторний характер і включають ризики конфліктів землекористування. Конфлікти часто виникають у зв'язку з переходом ділянок сільськогосподарського призначення до енергетичного використання, проблемами прав власності та оренди, а також через відчуття місцевих спільнот, що вони втрачають контроль над природними та земельними ресурсами. Громадська опозиція може базуватися як на екологічних застереженнях щодо збереження ландшафтного вигляду або біорізноманіття, так і на соціально-економічних аргументах – занепокоєнні щодо втрати орендних доходів, зміни традиційного використання земель або недостатнього розподілу вигод. Дослідження, присвячені конфліктам землекористування й переходам від сільського господарства до встановлення фотоелектричних парків, показують, що без урахування локальних умов і без чітких механізмів комунікації ризики протистояння зростають [23].

Ще одним аспектом соціальної напруги є нерівномірний розподіл вигод та ризиків: інвестиційні доходи і компенсації власникам чи орендарям часто концентруються в руках декількох зацікавлених сторін, тоді як негативні

наслідки сприймає ширше коло мешканців районів. Політико-адміністративні трансформації, наприклад процеси об'єднання територіальних громад, змінюють механізми прийняття рішень і можуть як посилити, так і послабити конфліктні ситуації в залежності від прозорості процедур і механізмів представництва інтересів. Аналіз українських практик вказує на численні випадки, коли конфлікти розгорялися через неповне інформування населення або через відсутність чіткої та прийнятної компенсаційної політики [2, с. 64].

Кумулятивні впливи та ландшафтна чутливість становлять окрему категорію обмежень. Поєднана дія численних невеликих проєктів або інтенсивна концентрація великих електростанцій на певних територіях може створювати системні зміни в екосистемах, трансформувати місцеві екологічні процеси і знижувати резильєнтність біотопів. Міжнародні настанови рекомендують оцінювати ці кумулятивні ефекти на етапі просторового планування і розроблення стратегій, однак у реальній практиці складно забезпечити повноту даних і надійність прогнозів, особливо у зонах з високим природоохоронним і ландшафтним значенням.

Правові й інституційні обмеження включають також вимоги до відновлення земель після завершення експлуатації об'єктів, ліміти щодо втручань у водні ресурси та ґрунти, а також процедури узгодження з природоохоронними органами й органами місцевого самоврядування. В Україні наявність офіційних реєстрів ОВД та методичних документів ускладнює, але водночас унормовує процес прийняття рішень, створюючи підстави для професійної оцінки ризиків і для більш прозорого розгляду застережень щодо розміщення. Водночас практика показує, що якість цієї імплементації сильно варіює залежно від компетенції виконавців, доступності природоохоронних даних і політичних факторів, що впливають на швидкість та характер ухвалення рішень [7].

Технологічні й проєктні рішення, хоч і не є прямою частиною обмежень, визначають межі їхнього впливу: розміщення ліній передачі, під'їзних доріг і трансформаторних підстанцій часто призводить до додаткових локальних

втручань, а відсутність комплексного просторового планування ускладнює погодження таких інфраструктурних елементів із природоохоронними вимогами. На міжнародному рівні з'являються керівні документи щодо зменшення біорізноманітних ризиків у проєктах сонячної та вітрової енергетики, що консолідують досвід оцінок, моніторингу і заходів мінімізації негативних наслідків; ці напрацювання виконують роль орієнтирів і для національної практики.

Загалом екологічні та соціальні обмеження розміщення об'єктів відновлюваної енергетики утворюють складну мережу взаємопов'язаних факторів: законодавчі процедури ОВД і реєстри, захищені природні території й вимоги міжнародних природоохоронних договорів, видоспецифічні екологічні ризики, трансформації землекористування і суспільна прийнятність рішень. В українських умовах ці обмеження відбивають як прогрес у формалізації оцінок і доступі до інформації, так і наголошують на практичних викликах щодо якості оцінок, управління конфліктами землекористування та інтеграції природоохоронних пріоритетів у процеси просторового планування.

Отже, екологічні та соціальні обмеження при розміщенні об'єктів відновлюваної енергетики створюють багаторівневу систему взаємозалежних вимог і обмежень, що поєднують наукові, правові та соціальні аспекти. Вони визначають не лише територіальні рамки можливих розміщень, а й якість прийняття рішень, рівень довіри місцевих спільнот та відповідність проєктів загальним стандартам захисту довкілля, закріпленим у національному та міжнародному праві.

Висновки до розділу 1

Теоретико-правові засади розміщення об'єктів відновлюваної енергетики в Україні базуються на інтеграції земельного, енергетичного та екологічного законодавства. Поняття відновлюваної енергетики охоплює технології перетворення природних ресурсів, які класифікуються за типом ресурсу, масштабом та просторовим розміщенням. Правовий режим використання

земель енергетики передбачає чітку процедуру визначення цільового призначення ділянок, причому наземні сонячні та вітрові станції вимагають значних площ від 1,5 до 4 гектарів на мегават потужності. Особлива увага приділяється встановленню охоронних та санітарно-захисних зон, що обмежують господарську діяльність на суміжних територіях для гарантування безпеки експлуатації мереж.

Процес розміщення об'єктів нерозривно пов'язаний із містобудівним плануванням та процедурою оцінки впливу на довкілля (ОВД). Законодавчі обмеження забороняють або суттєво лімітують будівництво на природоохоронних територіях, у межах Смарагдової мережі та на шляхах міграції птахів. Окрім екологічних факторів, критичне значення мають соціальні аспекти, зокрема запобігання конфліктам землекористування при зміні статусу сільськогосподарських угідь. Сучасна правова архітектура спрямована на спрощення дозвільних процедур, проте вона залишає обов'язковими вимоги щодо дотримання технічних стандартів, екологічної безпеки та врахування інтересів місцевих громад. Таким чином, успішна реалізація енергетичних проєктів залежить від комплексного аналізу просторових, правових та соціально-екологічних параметрів обраної земельної ділянки.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

2.1 Вихідні дані та джерела інформації. DEM, землекористування, інфраструктура, обмеження, кліматичні показники

Нижченаведена методика оцінки земельних ресурсів для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики фокусується на суттєвих вихідних даних та джерелах інформації, необхідних для обґрунтованого просторового відбору ділянок, їхньої геоінформаційної обробки та кількісної оцінки придатності для розміщення сонячних, вітрових або біоенергетичних установок. Центральним масивом первинних даних виступають цифрові моделі висот (DEM), картографічні шари землекористування, відомості про інфраструктуру передачі енергії та транспортні коридори, багаторічні кліматичні показники і реєстри обмежень землекористування – кожен із цих компонентів потребує окремої верифікації джерел, оцінки просторового й метричного довірчого інтервалу та узгодження з локальними кадастровими реєстрами. Державний земельний кадастр згідно з національним законодавством є основним джерелом інформації про правові статуси земельних ділянок і їхню цільову належність, тому аналіз придатності повинен починатися з перегляду записів кадастру та картограми земельних угідь для конкретної адміністративної одиниці [16].

Оцінка якості і придатності DEM починається з вибору конкретного набору даних за критеріями просторової роздільності, вертикальної точності та покриття з пропусками. Для масштабного регіонального оцінювання часто використовують продукти глобального покриття, зокрема SRTM і ASTER, тоді як для підвищених вимог до точності залучають DEM високої роздільності – ALOS PALSAR, TanDEM-X або локальні LiDAR-набори, якщо такі доступні. При практичному застосуванні необхідно кількісно оцінити похибку висот (RMSE), ідентифікувати та заповнити пустоти (void filling), а також провести постпроцесінг для отримання карт похилу, азимуту схилу та накопичення водозбору, що критично для оцінки монтажних умов і інженерно-гідрологічних

ризиків. Порівняльні дослідження точності глобальних DEM підтверджують, що вибір джерела впливає на детальність оцінки ризиків ерозії, затоплення низин і базових параметрів проектування доступних площ [34, с. 295].

Інформація про землекористування та покриття поверхні є базою для виключення територій, що несумісні з розміщенням об'єктів відновлюваної енергетики, та для визначення потенційних конфліктів із сільськогосподарськими, лісовими або екологічними зонами. Пан-європейські набори, такі як CORINE / Copernicus Land Cover, забезпечують стандартизовану тематичну класифікацію і дозволяють проводити міжрегіональні порівняння на рівні 44 класів; ці дані доцільно комбінувати з локальними кадастровими даними та аерофотозніманням для оновлення й уточнення меж цільового призначення та ділянок з інтенсивним землекористуванням. Просторова узгодженість шару землекористування з кадастровою інформацією гарантує коректність вилучення ділянок, заборонених для забудови, а також дозволяє врахувати мінімальні розміри та інтервали між об'єктами [19].

Оцінка інфраструктурної доступності вимагає інтеграції даних про розташування ліній електропередач, підстанцій, доріг і під'їздів, залізничних колій, портової інфраструктури та трубопроводів. Для національного контексту інформація оператора передачі та диспетчеризації є вирішальною при аналізі можливостей підключення до мережі і визначенні відстаней до локацій з достатньою пропускнуою здатністю. НЕК «Укренерго» публікує технічні карти, процедури приєднання і вимоги до підключення, які необхідно співвіднести з просторовими шарами потенційних майданчиків задля кількісної оцінки витрат на підключення і втрат електроенергії в лінії. Крім офіційних карт, для уточнення мережевих коридорів рекомендовано використовувати відкриті дані OSM, супутникові знімки та технічні паспорти ділянок.

Обмеження землекористування складаються з багаторівневої сукупності нормативних, екологічних і технічних бар'єрів, які накладають заборони або обмежують інтенсивність використання певних територій. До такого переліку належать охоронні зони природно-заповідного фонду, зони охорони водних

ресурсів і прибережних смуг, території ґрунтового фонду високого агрономічного значення, буферні зони аеропортів і військових об'єктів, санітарні зони населених пунктів, охоронні смуги ліній високої напруги та обмеження, встановлені місцевими планами просторового розвитку. Верифікація обмежень передбачає роботу з базами даних природоохоронних органів, реєстрами культурних пам'яток та локальними містобудівними планами, а також просторове накладання цих шарів з даними землекористування для автоматичного маскування невідповідних ділянок.

Кліматичні показники в методиці виконують роль кількісних критеріїв енергоефективності і технічної придатності (див. табл. 2.1). На національному рівні довготривалі кліматичні серії понад стандартний період 1961–1990 або оновлені багаторічні ряди дозволяють розрахувати нормовані показники ресурсу.

Таблиця 2.1

**Кліматичні показники оцінювання технічної придатності об'єктів
відновлюваної енергетики**

Тип об'єкта	Кліматичні показники	Вплив на енергоефективність і технічну придатність
1	2	3
Сонячні установки	Сумарна сонячна радіація	Визначає потенційний обсяг виробництва електроенергії
	Кількість ясних днів	Впливає на стабільність генерації протягом року
	Частота і тривалість інтенсивних опадів	Зумовлює ризики простоїв, втрати продуктивності та додаткові експлуатаційні витрати
	Температурні режими	Впливають на коефіцієнт корисної дії модулів і втрати в електросистемі
Вітрові об'єкти	Середньорічна швидкість вітру на висоті ротора	Формує базовий рівень виробітку електроенергії
	Сезонна швидкість вітру	Визначає нерівномірність генерації протягом року
	Розподіл швидкостей за категоріями	Дає змогу оцінити частку ефективних робочих режимів турбіни
	Турбулентність	Впливає на знос обладнання та стабільність роботи
	Екстремальні вітрові навантаження	Визначають вимоги до міцності конструкцій і безпеки експлуатації

Продовження табл. 2.1

1	2	3
Біоенергетичні майданчики	Вологість ґрунту	Впливає на врожайність енергетичних культур і стабільність сировинної бази
	Обсяг і сезонність опадів	Формує умови вирощування та збирання біомаси
	Типи ґрунтів	Визначають придатність території для виробництва біосировини
	Доступність сировини	Забезпечує економічну доцільність функціонування об'єкта

Джерело: створено автором на основі [1].

Методологія інтеграції шарів передбачає поетапну підготовку: приведення всіх даних до єдиної системи координат і роздільності, заповнення й інтерполяцію пропусків, обґрунтування вагових коефіцієнтів для мультикритерійного аналізу та застосування чітко описаних алгоритмів просторової фільтрації. Для DEM-похідних шарів стандартними є обчислення похилу і експозиції для визначення площадок із допустимими кутами нахилу, зон з підвищеним ризиком ерозії і землетрусостійкості; для шарів землекористування – виконання тематичної ребалідації класів і кластеризації площ за потенційною сумісністю з типом генеруючого об'єкта. Комбінування інфраструктурних даних із фінансовими моделями дозволяє оцінити не лише фізичну придатність, а й економічну доцільність розміщення з урахуванням витрат на підключення, логістику та доступність робочої сили.

Усвідомлення невизначеностей і похибок джерел є обов'язковим елементом методики. Кожен шар супроводжується метаданими про джерело, дату отримання, просторову роздільність та очікувану метричну похибку; на їх підставі формуються сценарії чутливості аналізу, що дозволяють ідентифікувати «вразливі» зони через високу або невизначену похибку вихідних даних. Валідація результатів полеовими обмірами, дистанційними спостереженнями високої роздільності та співпрацею з місцевими органами управління зменшує ризики неправильних відводів земель і підвищує довіру до прийнятих рішень.

Таким чином, вибір джерел і підготовка вхідних даних повинні бути задокументовані у вигляді реєстру версій, де фіксуються часові штампи оновлень, алгоритми перетворень і використані корекції. Наявність такого реєстру дозволяє відтворити аналіз, провести аудит і, за потреби, оновити оцінку з урахуванням нових кадастрових записів, локальних планів або уточнених супутникових продуктів. Підхід, що базується на відкритих та верифікованих джерелах із прозорою фіксацією невизначеностей, забезпечує наукову обґрунтованість висновків щодо придатності земельних ресурсів для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики.

2.2 Критерії придатності територій. Технічні, правові, екологічні, економічні

Учасники планування та оцінювання мають узгоджувати загальну методологію з чинним національним законодавством і національними планами розвитку енергетики, що визначають просторові пріоритети для відновлюваних джерел енергії. Зокрема, державні документи формують рамки територіального планування й економічної оцінки земель, які становлять основу для всіх подальших технічних і екологічних перевірок.

Ефективність такого планування базується на дотриманні принципу комплексності, який розглядається не як загальне поняття, а як чітко структурований алгоритм оцінки територій. Цей алгоритм передбачає послідовне поєднання юридичного статусу ділянки, що фіксується через державний кадастр, її точних фізичних параметрів, визначених методами геодезії, та аналізу екологічних факторів, які обмежують або дозволяють господарську діяльність. Тільки через таку тристоронню перевірку забезпечується повна верифікація придатності локації, де кожен шар даних – від правового титулу до рельєфу та стану екосистем – стає обов'язковим фільтром у процесі прийняття інвестиційного рішення.

Технічні критерії придатності територій охоплюють оцінку ресурсного потенціалу, топографічні характеристики, доступність інфраструктури та

геотехнічні обмеження. Оцінка ресурсного потенціалу виконується шляхом просторового моделювання сонячної та вітрової енергії, аналізу баз даних вимірювань, реаналітики супутникових даних і локальних метеорологічних спостережень; сучасні публікації підкреслюють застосування ГІС-інструментів і мультикритеріального аналізу для побудови карт придатності. Серед фундаментальних технічних параметрів виділяють середні значення доступної енергії за період, просторову однорідність ресурсу, оптимальні кути нахилу та орієнтацію для фотомодулів, а також середню швидкість і турбулентність вітру для вітроенергетики. Важливими вважаються рельєфні характеристики: крутизна схилу і орієнтація схилів впливають на можливість встановлення обладнання та на потреби у підготовці майданчика. Окрему групу технічних обмежень становлять відстані до ліній електропередач, трансформаторних підстанцій та наявність доріг для транспортування конструкцій і обслуговування, а також підґрунтово-геологічні умови, що визначають необхідність додаткових інженерно-геологічних робіт і витрат. Методології, що ґрунтуються на поєднанні ГІС і методів багатокритеріального прийняття рішень (наприклад, АНР, Fuzzy Logic), демонструють високу інформаційну щільність при визначенні комфортних зон для розміщення майданчиків [18].

Правові критерії придатності територій інтегрують обмеження землекористування, правовий статус земельних ділянок, процедури оформлення дозволів, а також нормативи оцінки і оподаткування землі. Нормативна база містить правила щодо цільового призначення земель, механізмів зміни цільового використання та умов передачі землі в користування або оренду для енергетичних об'єктів, а також вимоги щодо обов'язкових погоджень із органами місцевого самоврядування та державними установами, відповідальними за охорону довкілля і культурної спадщини. Адміністративні процедури і строки видачі дозволів, а також вимоги до відведення земельних ділянок значною мірою визначають життєздатність інвестиційних проектів. В українському контексті діє нормативна методика нормативної грошової оцінки земель, що має прямий вплив на економічну модель проектів відновлюваної

енергетики та на визначення орендних ставок і компенсаційних платежів. Державна служба геодезії, картографії та кадастру України [8].

Екологічні критерії придатності територій передбачають детальний аналіз існуючих природоохоронних режимів, біотопів, водних ресурсів, ландшафтної цілісності, а також наявності об'єктів природно-заповідного фонду і територій зі спеціальним екологічним статусом. До складу екологічного аналізу належить і оцінка операційних екологічних ризиків: вплив на фауну (особливо орнітофауна у випадку вітроенергетики), зміни режиму поверхневого водовідведення, ерозійні процеси і потенційні порушення ландшафтних екосистем. Система просторового фільтрування територій передбачає виключення зон із високою цінністю біорізноманіття, водоохоронних буферів, зони охорони культурної спадщини, а також зон підвищеної геологічної небезпеки. Міжнародні дослідження і практичні настанови наголошують на необхідності раннього включення екологічних карт і правових охоронних режимів в автоматизовані алгоритми приматчування ділянок, що знижує ймовірність конфліктів на стадії проектування й дозволів [29].

Економічні критерії придатності охоплюють як прямі капітальні витрати, так і операційні, фінансові та грошові показники, що формують економічну привабливість конкретної ділянки. У цю групу входять витрати на підготовку майданчика та доступну інфраструктуру, довжина і вартість підключення до мережі, зміни в оподаткуванні та нормативній оцінці землі, очікувані виробничі показники на одиницю площі, можливості комбінованого використання землі і ринкові умови збуту електроенергії. Аналіз чутливості проектних показників до зміни орендної ставки, ставки дисконтування та капітальних витрат є обов'язковим елементом методики, оскільки різниця в одному з параметрів може змінити пріоритетність ділянок у ранжирі придатності. Нормативні підходи до оцінки земельної ренти і нормативної грошової оцінки впливають на розрахунки реалізації проєктів та на модель розподілу вигод між інвестором і місцевою громадою [8].

Інтеграція технічних, правових, екологічних і економічних критеріїв відбувається в багатоступеневих методичних схемах, які починаються з формування просторових баз даних, включають попередній фільтр несумісних зон, оцінювання технічної придатності, екологічний скринінг і завершуються економічним ранжуванням. На практиці найбільш ефективними є підходи, що поєднують геоінформаційні системи з багатокритеріальними методами ранжування і валідацією результатів польовими обстеженнями і експертними висновками. Наукові праці підкреслюють важливість прозорих вагових коефіцієнтів для різних критеріїв та необхідність відображення невизначеностей у даних через чутливі аналізи. При використанні алгоритмічних методів рекомендується окремо ідентифікувати джерела просторових даних, їхню точність і часову релевантність, оскільки застарілі або неточні шари можуть призвести до хибного відбору ділянок [30].

Роль національних планів і політик полягає в тому, щоб уніфікувати критерії та забезпечити сумісність територіальних рішень із загальнодержавними цілями енергетичної безпеки і просторового розвитку; такі документи задають рамки пріоритетних зон, визначають вимоги щодо екологічної оцінки та встановлюють принципи розподілу економічних вигод. У країнах із розвиненою практикою просторового планування існують секторальні карти придатності, інтегровані в процес видачі дозволів, що дозволяє зменшувати адміністративні ризики на стадії передінвестиційної перевірки.

Таким чином, підсумкова методична схема має забезпечувати відтворюваність результатів, прозорість припущень і можливість оновлення в міру появи нових даних. Практична реалізація методики передбачає документування джерел просторових шарів, опис використаних вагових коефіцієнтів і процедур експертного опитування, а також механізмів перевірки на місцевості і заходів моніторингу. Українські дослідження, що використовують дистанційне зондування і ГІС-підходи для сонячної енергетики, і міжнародні огляди методик для вітро- і сонячних систем

погоджуються щодо ключових елементів методичної послідовності: збір даних, просторове фільтрування, багатокритеріальна оцінка та економічне ранжування.

2.3 Геоінформаційна модель оцінки. Карта придатності, ранжування, перевірка результатів

Геоінформаційна модель оцінки земельних ресурсів для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики поєднує просторові дані, багаторівневі критерії придатності та методи багатокритеріального прийняття рішень, що дозволяє системно оцінити території з огляду на техніко-економічні, екологічні та правові обмеження. Модель базується на шаровій архітектурі даних у геоінформаційній системі (ГІС), де кожен тематичний шар – кліматичні показники (радіація, сонячна інсоляція, середня швидкість вітру), морфометрія рельєфу (кут нахилу, орієнтація схилів), земельний фонд (категорія використання, цільове призначення), транспортно-енергетична інфраструктура (підстанції, лінії електропередач, дороги), охоронні території та інші обмеження – формалізований у вигляді растрових або векторних шарів з уніфікованою роздільною здатністю та системою координат. Такий підхід дає змогу стандартизовано інтегрувати дані від дистанційного зондування, кадастрових реєстрів, метеорологічних мереж і планувальної документації, що є основою формування карти придатності.

При побудові карти придатності фундаментальне значення має вибір та обґрунтування критеріїв. Критерії поділяють на обов'язкові обмежувальні (заповідні території, міські зони, водоохоронні смуги, охоронні зони ліній електропередач тощо) та ранжувальні, які оцінюються за шкалою від мінімальної до максимальної придатності (наприклад рівень сонячної радіації, швидкість вітру, вартість підведення електромережі, технічна придатність ґрунту для опорних конструкцій). Принципово важливо привести всі шари до єдиних метричних одиниць або нормованих шкал, використовувати фільтрацію шумів у даних дистанційного зондування і перевіряти актуальність кадастрової інформації, оскільки застарілі або неточні шари спотворюють результат

картування та ранжування. Для прикладу, при оцінці місць для вітрових установок застосовують просторові інтерполяції вимірів швидкості вітру на основі метеомереж та цифрових моделей рельєфу, що підвищує точність карт пригодності [17, с. 1169].

Методологічно інтеграція ГІС і методів багатокритеріального аналізу (MCDM) забезпечує гнучкість у присвоєнні ваг різним факторам та можливість відображення експертних пріоритетів. Аналітична ієрархічна процедура (АІП, АНР), її нечіткі варіації (FАНР) та методи на основі нечіткої логіки часто використовують для обґрунтування ваг і трансформації експертних суджень у числові величини. Застосування нечіткого підходу дозволяє врахувати невизначеність в оцінках експертів, наприклад коли відмінності у важливості факторів для сонячних і вітрових установок мають розмиті межі. У дослідженнях для сонячних станцій успішно застосовували FАНР у поєднанні з ГІС для побудови інтегрованих індексів придатності, що підтверджує практичну придатність цього підходу у регіональному масштабі [33].

Карта придатності формується в результаті просторової агрегації нормованих шарів з урахуванням присвоєних ваг. На виході отримують безперервну растрову карту, де кожна клітинка має значення індексу придатності; додатково часто генерують категоризовану карту з декількома класами придатності (наприклад «висока», «середня», «низька», «неконкурентна»). Для практичної зрозумілості і подальшого ранжування доцільно поєднати карту придатності з локаційною інформацією про власність землі та доступність до енергомережі, що дозволяє виявити ділянки з реальною можливістю реалізації проєкту. Важливим етапом є картографічна візуалізація з інтерпретацією просторових шаблонів придатності, оскільки географічне розподілення слабо-корельованих чинників може створювати локальні «гарячі точки» придатності. Національні та регіональні карти потенціалу, опубліковані в оглядових роботах з картографування сонячного і вітрового потенціалу в Україні, демонструють застосовність такого підходу на національному рівні [21].

Ранжування територій і вибір пріоритетних ділянок виконують на основі комбінованих показників: значення індексу придатності, наближені витрати на підключення до мережі, доступність інфраструктури та юридична готовність земель (наявність обмежень у кадастрі). Ранжування може бути реалізоване як просте сортування за індексом або як багатоцільова оптимізація з урахуванням обмежень бюджету та часових рамок. Долучення економічних метрик до просторової моделі дозволяє перейти від чисто технічної придатності до практичної оцінки можливості реалізації проєктів, що часто виявляє, наприклад, що високопридатні ділянки далеко від мережі можуть мати низьку економічну ефективність через великі капітальні витрати на підведення. Політичні та планувальні документи, серед яких національні плани розвитку енергетики, визначають рамки допустимих зон та спрямованість пріоритетів, і їх врахування є необхідним кроком у ранжуванні ділянок.

Перевірка результатів моделі (валідація) включає кілька взаємодоповнюючих підходів. Перехресна перевірка на відомих точках (наприклад на територіях, де вже розташовано сонячні або вітрові електростанції) дозволяє зіставити прогностні класи придатності з реальними рішеннями ринку; статистичні метрики, такі як площа під кривою приймача-помилкового сигналу (ROC AUC) для двокласових задач або матриці плутанини при бінаризації придатності, надають кількісну оцінку точності моделі. Сенситивні аналізи, під час яких змінюють ваги критеріїв та оцінюють стабільність ранжування, допомагають виявити критичні фактори, на які модель найбільш чутлива. Полева перевірка (ground-truthing) вибіркового ділянок з актуальним обстеженням ґрунтових умов, стану інфраструктури та екологічних обмежень зменшує ризик помилкових висновків, бо деякі просторові шари можуть мати локальні аномалії, непомітні у глобальних датасетах. На додачу, залучення зацікавлених сторін і місцевих експертів під час верифікації підвищує достовірність інтерпретації просторових результатів [27].

Окрему увагу приділяють непевності та обмеженням моделі. Джерела погрешностей включають розбіжності в просторовій роздільній здатності шарів,

хибні або застарілі записи в кадастрі, неточності у метеоданих і моделюванні вітряного потоку на локальному рельєфі. Методологічні ризики пов'язані з суб'єктивністю експертних зважувань та можливими кореляціями між критеріями, що можуть призводити до подвійного врахування одного й того самого фактору; такі кореляції необхідно виявляти й усувати або враховувати через статистичні методи пониження розмірності. Також важливо документувати припущення моделі та версії джерел даних для забезпечення відтворюваності аналізу та можливості його коригування за нових даних або змін у нормативній базі.

Методика реалізації ГІС-моделі в практичних умовах потребує дотримання стандартів просторових даних, прозорості процедури формування ваг і протоколів валідації, оскільки від цього залежить застосовність результатів у процесах ландшафтного планування, видачі дозволів та інвестиційного аналізу. В Україні приклади застосування дистанційного зондування та ГІС для оцінки потенціалу відновлюваної енергетики показують адекватність такого підходу при систематизації локальних і національних даних, однак потребують постійного уточнення на місцевому рівні та інтеграції з планувальною документацією.

Отже, геоінформаційна модель оцінки земельних ресурсів для відновлюваної енергетики повинна спиратися на чітку класифікацію критеріїв, ретельну якісну передобробку просторових даних, обґрунтоване застосування методів багатокритеріального аналізу та системну перевірку результатів через статистичні й польові методи валідації. Такий методичний каркас дозволяє отримати картографічний продукт, придатний для інтеграції в планувальні процедури та економічний аналіз, забезпечуючи прозору основу для вибору ділянок за складним набором техніко-економічних і екологічних параметрів.

Висновки до розділу 2

Методика оцінки земельних ресурсів для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики базується на комплексному аналізі просторових даних та кліматичних показників. Центральним елементом вихідної інформації є цифрові моделі висот, які дозволяють оцінити морфометрію рельєфу, експозицію схилів та інженерно-гідрологічні ризики. Для обґрунтованого вибору ділянок використовуються дані кадастрових реєстрів, картограми землекористування та моніторинг інфраструктурної доступності, включаючи наближеність до ліній електропередач і транспортних коридорів. Кліматичні параметри, такі як сумарна сонячна радіація та середньорічна швидкість вітру, виступають кількісними критеріями енергоефективності, що визначають технічну придатність території для конкретного типу генерації.

Геоінформаційна модель оцінки інтегрує ці різноманітні дані через багатокритеріальний аналіз, що дозволяє створювати карти придатності з урахуванням правових, екологічних та технічних обмежень. Процес передбачає фільтрацію територій, несумісних із забудовою, наприклад заповідних зон чи охоронних смуг, та подальше ранжування доступних площ за ступенем їхньої економічної привабливості. Важливим етапом методики є валідація результатів шляхом перехресної перевірки з діючими об'єктами та проведення польових обстежень для уточнення актуального стану ґрунтів та інфраструктури. Такий системний підхід забезпечує наукову обґрунтованість інвестиційних рішень, мінімізує адміністративні ризики та дозволяє ефективно використовувати деградовані або маргінальні землі, уникаючи конфліктів із сільськогосподарським виробництвом.

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ТЕРИТОРІЙ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ДІЛЯНОК

3.1 Визначення перспективних зон і ділянок для розміщення об'єктів ВДЕ

Оцінка придатності територій для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики потребує системного поєднання просторового картування, кількісної оцінки ресурсів, юридичних обмежень і соціально-економічних параметрів. Метою такого аналізу є не лише виявлення територій з високою енергоємністю ресурсу, але й формування прозорої процедури відбору ділянок, що дозволяє зіставляти альтернативи за техніко-економічними, екологічними та соціальними критеріями. З огляду на різновид технологій (сонячні фотоелектричні системи, наземні вітроелектростанції, малі гідро- та геотермальні установки) критерії придатності мають специфічні ваги й пороги, проте загальна методологія зберігає спільну структуру: збір даних, шарове виключення, багатокритеріальне ранжування, польова верифікація й інтеграція техніко-економічних розрахунків.

Ресурсний компонент оцінки передбачає поєднання супутникових продуктів, довготривалих метеорологічних спостережень і локальних вимірювань. Для фотоелектричних систем основними показниками є інтегральна річна інсоляція ($\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$), оцінка сезонної нерівномірності інсоляції, частка прямих і розсіяних компонентів випромінювання, а також характер хмарності і кількість годин із корисною інсоляцією. Для вітроенергетики центральними є середня швидкість вітру на робочих висотах, параметри розподілу Вейбулла, вертикальний градієнт швидкості, турбулентність і частота надпоривних режимів, що впливають на довговічність обладнання (див. рис. 3.1-3.2). Надійність ресурсних шарів підвищується шляхом комбінування глобальних супутникових продуктів з локальними рядами спостережень і верифікації польовими вимірюваннями.

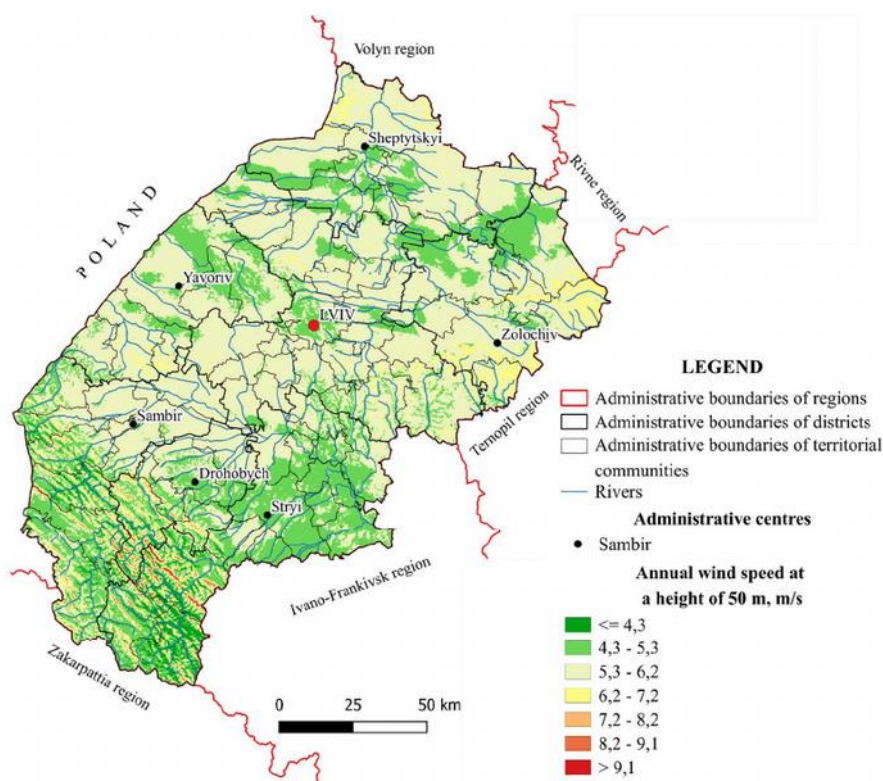


Рис. 3.1 Річна швидкість вітру у Львівській області на висоті 50 м,
2025 рік

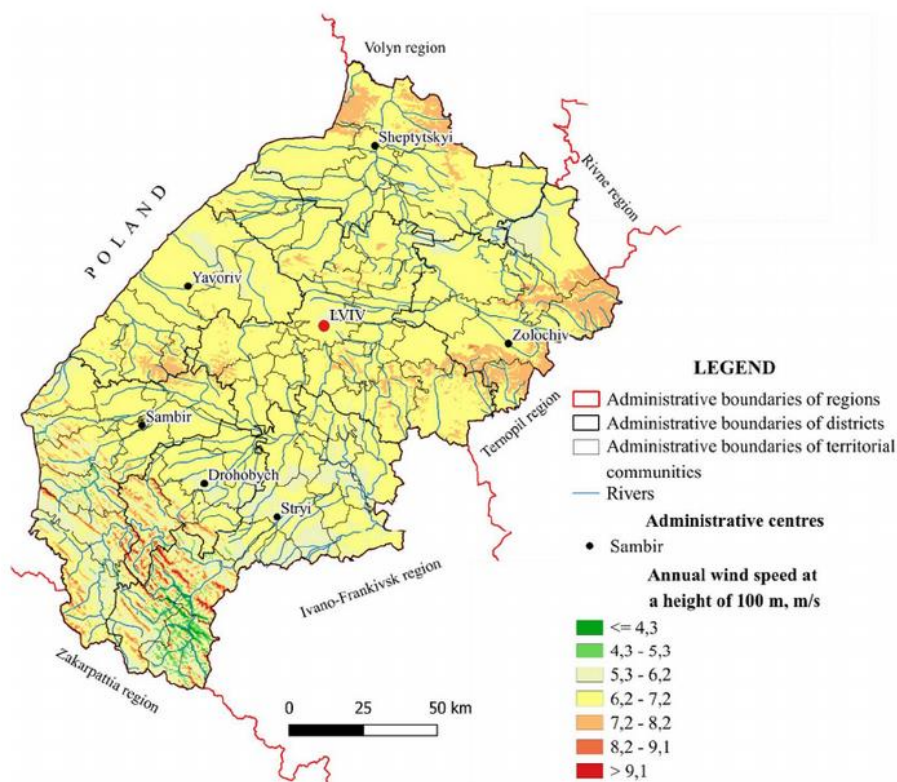


Рис. 3.2 Річна швидкість вітру у Львівській області на висоті 100 м,
2025 рік

Просторові та екологічні шари служать для попереднього виключення ділянок, недоречних для розміщення енергетичних об'єктів. До таких шарів належать території природо-заповідного фонду, археологічні та історико-культурні об'єкти, прибережні і водоохоронні смуги, охоронні зони інфраструктури, землі сільськогосподарського призначення високих класів, а також території з підвищеною геологічною чи техногенною небезпекою. Шарове виключення зменшує початкову множину територій до практично опрацьованого масиву і забезпечує юридичну та екологічну відповідність подальших розрахунків.

Інфраструктурна придатність і логістика істотно впливають на економічні показники проєкту. Аналіз включає розрахунок відстаней до найближчих підстанцій і можливих точок підключення, перевірку пропускну здатності мережі, оцінку доступності автодоріг і місткості інженерних споруд для транспортування великогабаритного обладнання. Вартість підключення, час очікування у черзі на приєднання і потреба в модернізації ліній можуть суттєво змінити економічну привабливість ділянки, тому просторові індекси придатності зазвичай комбінують із розрахунками капітальних витрат.

Методологічно широке застосування знаходить поєднання геоінформаційних систем (ГІС) із багатокритеріальним аналізом прийнятності (MCDA). Серед використовуваних підходів – аналітична ієрархія (АНР), нечіткі методи, індексні підходи та просторові алгоритми оптимізації. АНР у поєднанні з ГІС дозволяє формалізувати експертні оцінки, отримати вагові коефіцієнти й виконувати тести чутливості, що зменшує суб'єктивність ранжування. Важливим елементом є прозора фіксація процедур нормалізації критеріїв і джерел даних, що забезпечує відтворюваність результатів і дозволяє порівнювати сценарії ранжування.

Техніко-економічна інтеграція передбачає побудову моделей очікуваної виробітки, оцінку коефіцієнтів використання встановленої потужності, розрахунок капітальних і операційних витрат та приведеної вартості електроенергії (LCOE). Включення фінансових параметрів у просторову модель

дозволяє ранжувати ділянки не лише за ресурсним потенціалом, а й за очікуваною економічною ефективністю. Застосування кількох фінансових сценаріїв із різними припущеннями щодо вартості підключення, орендної плати та умов продажу електроенергії сприяє розумінню ризиків і нечіткостей у прийнятті рішень.

Процедури валідації й управління невизначеністю вимагають польових інспекцій і детальних технічних обстежень. Попередні картографічні результати рекомендують підтверджувати шляхом розміщення анемометричних стовпів для вітру, інсоляційних сенсорів для фотоелектрики, ґрунтових розвідок для визначення несучої здатності та вологості, а також правовстановлювальних перевірок земельних ділянок. Аналіз чутливості й альтернативні сценарії допомагають ідентифікувати ділянки з високою невизначеністю, де додаткові польові дані матимуть найбільший інформаційний приріст.

Соціально-економічні й екологічні компоненти інтегруються через показники, що відображають втручання в біорізноманіття, втрати сільськогосподарської продуктивності, потенційні конфлікти землекористування і ступінь впливу на ландшафт. Аналіз кумулятивних впливів оцінює сумарну навантаженість територій при одночасному розміщенні декількох проєктів, що дозволяє ідентифікувати області з обмеженою пропускнуою спроможністю для додаткових навантажень. Поява практик комбінованого використання земель, зокрема агровольтаїки, у деяких випадках розглядається як опція зменшення конфліктності землекористування та підвищення просторової ефективності.

Якість даних і управління ними мають ключове значення: єдиний просторовий репозиторій, стандарти формату, контроль версій шарів і журнал змін забезпечують відтворюваність результатів. Дані супутникових платформ і цифрові моделі рельєфу, кадастрові шари, реєстри природоохоронних територій і локальні польові вимірювання мають бути приведені до загальної системи координат і піддані крос-перевірці. Відповідні практики передбачають декілька рівнів валідації джерел і документування їхніх обмежень.

Нормативно-стратегічні рамки визначають порядок погодження земельних питань, підключення до мережі і екологічну відповідність проєктів. У вітчизняних стратегічних документах підкреслюється інтеграція відновлюваних джерел в енергосистему при збереженні сільськогосподарських земель і дотриманні екологічних стандартів; узгодження просторових карт із національними планами і місцевими документами підвищує юридичну стійкість аналітичних висновків [4]. На рисунку 3.3-3.4 наведемо потенційні ділянки для будівництва вітрових електростанцій та територій з екологічними обмеженнями у Львівській області.



Рис. 3.3 Визначення потенційних ділянок для будівництва вітрових електростанцій у Львівській області



Рис. 3.4 Вибір потенційних ділянок будівництва вітрових електростанцій та територій з екологічними обмеженнями у Львівській області

Узагальнення національного і міжнародного досвіду вказує на важливість поєднаного підходу: послідовне просторове виключення, багатокритеріальне ранжування з прозорою методологією нормалізації й присвоєння ваг, інтеграція техніко-економічних сценаріїв і обов'язкова польова верифікація. Міжнародні практичні настанови та аналітичні дослідження підкреслюють необхідність прозорості процедур, документування джерел даних і публікації проміжних результатів, що дозволяє здійснювати незалежний аудит і порівняння результатів між регіонами [15].

Отже, визначення перспективних зон і конкретних ділянок для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики спирається на системну методику, що поєднує просторову маску непридатності, багатокритеріальне ранжування, інтеграцію фінансових моделей і обов'язкову польову перевірку,

при цьому прозорість і відтворюваність процедур забезпечують основу для подальшого техніко-економічного обґрунтування та процедури погодження.

3.2 Аналіз обмежень і ризиків реалізації проєктів. Земельні, екологічні, процедурні

Оцінка придатності територій для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики в Україні формується на перетині просторового планування, екологічного регулювання та процедур дозвільного характеру, що обумовлює необхідність системного аналізу обмежень і ризиків реалізації проєктів. З огляду на зобов'язання України в межах Energy Community та орієнтири, закладені в Національний план дій з відновлюваної енергетики, розширення частки відновлюваних джерел енергії має відбуватися із забезпеченням балансу між енергетичною доцільністю, збереженням довкілля та дотриманням прав власності на землю. Відповідно, оцінювання територій для розміщення сонячних, вітрових, біоенергетичних і малих гідроенергетичних об'єктів потребує комплексного врахування земельних, екологічних і процедурних факторів, що здатні як стимулювати, так і ускладнювати реалізацію інвестиційних ініціатив.

Земельні обмеження мають визначальний характер, оскільки саме правовий статус ділянки, її цільове призначення та містобудівна документація формують базові передумови для розміщення енергетичних об'єктів. Відповідно до положень Верховна Рада України, закріплених у Земельному кодексі України, зміна цільового призначення земельної ділянки є процедурно складним процесом, що потребує розроблення документації із землеустрою, погоджень і державної реєстрації. Для проєктів сонячної енергетики типовим ризиком є розміщення на землях сільськогосподарського призначення, що потребує зміни категорії або вида цільового використання, а це супроводжується додатковими витратами часу та фінансових ресурсів. У разі розміщення вітрових електростанцій у прибережних зонах або на землях

оборони виникають додаткові погоджувальні процедури та ризик відмови через стратегічні інтереси держави.

Оцінка придатності територій передбачає також аналіз обмежень у використанні земель, встановлених у державному земельному кадастрі та містобудівній документації. Наявність охоронних зон інженерних мереж, санітарно-захисних зон, зон охорони культурної спадщини або прибережних захисних смуг істотно звужує площу, доступну для забудови. У контексті інтеграції до європейського правового простору врахування підходів, закріплених у практиках European Commission, передбачає орієнтацію на принцип запобігання конфліктам землекористування ще на етапі стратегічного планування, що зменшує ризики судових спорів та соціальної напруги.

Екологічні обмеження мають не менш вагоме значення, оскільки реалізація проєктів відновлюваної енергетики підлягає процедурі оцінки впливу на довкілля відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля». Практика його застосування демонструє, що найбільші ризики виникають при розміщенні об'єктів у межах або поблизу територій природно-заповідного фонду, об'єктів Смарагдової мережі та водно-болотних угідь міжнародного значення. У таких випадках існує ймовірність отримання негативного висновку з оцінки впливу на довкілля або необхідність запровадження компенсаторних заходів, що впливають на економічну ефективність проєкту.

Яскравим прикладом конфлікту землекористування є ситуація, коли межі запланованого об'єкта відновлюваної енергетики накладаються на землі лісового фонду або новостворені об'єкти природно-заповідного фонду, що не були вчасно відображені в кадастрі. У вітчизняній практиці траплялися випадки, коли після отримання технічних умов на приєднання вітроелектростанції з'ясовувалося, що частина фундаментів опор потрапляє в зону перспективного розширення лісового масиву або в межі Смарагдової мережі, де діє особливий режим охорони. Це призводить до тривалих судових розглядів щодо правомірності виділення землі, оскільки екологічні активісти та державні органи можуть ініціювати скасування договорів оренди через загрозу

рідкісним видам птахів чи кажанів, що проживають у лісових насадженнях. Аналогічні проблеми виникають при накладанні сонячних полів на охоронні зони магістральних газопроводів чи ліній зв'язку, де режим землекористування суворо обмежує будь-яке будівництво, змушуючи інвестора терміново змінювати геометрію ділянки та конфігурацію панелей.

Для вітроенергетики характерними є ризики, пов'язані з впливом на орнітофауни та міграційні шляхи птахів. З урахуванням рекомендацій International Union for Conservation of Nature, оцінка ризиків повинна включати сезонні дослідження біорізноманіття, що подовжує підготовчий етап проєкту. Для сонячних електростанцій екологічні обмеження пов'язані з трансформацією ґрунтового покриву, зміною гідрологічного режиму та потенційним впливом на місцеві екосистеми. Біоенергетичні об'єкти стикаються з ризиками перевищення допустимих викидів та необхідністю дотримання санітарних норм щодо розміщення відносно житлової забудови.

Важливим аспектом оцінки придатності територій є врахування кумулятивного впливу декількох проєктів у межах однієї адміністративної одиниці. За відсутності інтегрованого просторового планування можливе перевищення допустимого антропогенного навантаження, що створює передумови для відмов у погодженні нових об'єктів. У цьому контексті застосування стратегічної екологічної оцінки, передбаченої законодавством, дозволяє знизити ризики на етапі формування містобудівної документації та визначення функціонального призначення територій.

Процедурні обмеження пов'язані з багаторівневістю дозвільних процесів, необхідністю отримання технічних умов приєднання до електричних мереж, укладення договорів із оператором системи передачі або розподілу та проходження процедур державної експертизи. Значні ризики виникають у частині доступу до мережевої інфраструктури, оскільки пропускна спроможність мереж у багатьох регіонах є обмеженою. Практика взаємодії з НЕК «Укренерго» свідчить, що відсутність вільних потужностей може призвести до необхідності будівництва додаткових підстанцій або ліній

електропередач, що істотно підвищує капітальні витрати та строк реалізації проєкту.

Додатковим процедурним ризиком є нестабільність регуляторного середовища та зміни механізмів державної підтримки. Перехід від «зеленого» тарифу до системи аукціонів створює нові вимоги до фінансового планування та оцінки окупності інвестицій. Інвестори повинні враховувати ризики затримки розрахунків за вироблену електроенергію та можливі зміни умов договорів купівлі-продажу електроенергії. Водночас гармонізація законодавства з вимогами Європейського Союзу поступово підвищує передбачуваність регуляторної політики.

Аналіз ризиків реалізації проєктів відновлюваної енергетики повинен включати також соціальний компонент, що проявляється у ставленні місцевих громад до будівництва енергетичних об'єктів. Конфлікти можуть виникати через побоювання щодо впливу на ландшафт, рівень шуму або зміну традиційного землекористування. Проведення громадських слухань у межах процедури оцінки впливу на довкілля створює можливість врахування інтересів заінтересованих сторін, проте одночасно формує ризик затягування процесу у разі значної кількості зауважень.

Практичні рекомендації щодо вибору ділянок для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики повинні ґрунтуватися на багатокритеріальному аналізі, що поєднує технічні, економічні та правові параметри. Доцільним є використання геоінформаційних систем для попереднього картографування зон із мінімальними екологічними обмеженнями, наявністю інфраструктури та відповідним цільовим призначенням земель. Пріоритет мають території деградованих або малопродуктивних земель, промислові майданчики, кар'єри та інші порушені землі, де вплив на природні екосистеми є обмеженим.

Раціональним підходом є інтеграція проєктів відновлюваної енергетики до стратегій розвитку територіальних громад із урахуванням схем планування території та програм соціально-економічного розвитку. Це сприяє зменшенню процедурних ризиків і формуванню позитивного сприйняття проєкту на

місцевому рівні. Врахування перспектив розвитку електромереж та планів їх модернізації дозволяє оптимізувати вибір локації з погляду мінімізації витрат на приєднання.

Узагальнення земельних, екологічних і процедурних обмежень засвідчує, що ефективна оцінка придатності територій потребує раннього виявлення потенційних конфліктів та комплексної правової експертизи. Поєднання просторового аналізу, екологічної оцінки та правового аудиту земельної ділянки створює передумови для зниження інвестиційних ризиків і забезпечення сталого розвитку відновлюваної енергетики. В умовах трансформації енергетичного сектору України та інтеграції до європейського ринку електроенергії саме якісна підготовка на етапі вибору території визначає довгострокову ефективність і стабільність реалізації відповідних проєктів.

3.3 Рекомендації для органів місцевого самоврядування та інвестора щодо підбору ділянок

Природно-ресурсна придатність території визначається потенціалом відповідного виду енергії. Для сонячної генерації ключовими є рівень сумарної сонячної радіації, кількість сонячних днів, сезонна варіативність інсоляції та відсутність затінення. Для вітрової енергетики вирішальне значення мають середньорічна швидкість вітру на висоті ротора, роза вітрів, турбулентність та орографічні особливості. Для біоенергетичних проєктів оцінюється доступність сировинної бази в радіусі економічно доцільної логістики. Для малих гідроелектростанцій важливими є гідрологічні характеристики водотоку та екологічні обмеження. Застосування геоінформаційних систем дає змогу інтегрувати кліматичні, топографічні та кадастрові дані, формуючи карти придатності, що відповідає сучасним методикам просторового аналізу, рекомендованим World Bank у проєктах підтримки енергетичного сектору.

Інфраструктурна складова є визначальною для фінансової доцільності інвестиції. Близькість до підстанцій і магістральних мереж з достатньою пропускнуою здатністю знижує витрати на приєднання та мінімізує втрати

електроенергії. У цьому контексті враховуються технічні умови оператора системи передачі або розподілу, наявність вільної потужності та перспективи модернізації мережі. Практика, поширена в країнах ЄС, свідчить про ефективність попереднього мережевого зонування територій, що дозволяє синхронізувати розвиток генерації з розвитком мережевої інфраструктури. Для органів місцевого самоврядування це означає необхідність координації з енергетичними компаніями та врахування схем перспективного розвитку електромереж у документах просторового планування.

Екологічні обмеження формують рамкові умови розміщення об'єктів. Території природно-заповідного фонду, землі історико-культурного призначення, прибережні захисні смуги та землі з високою цінністю біорізноманіття потребують особливої уваги або повного виключення з переліку потенційних майданчиків. Вимоги до оцінки впливу на довкілля узгоджуються з підходами, закріпленими у нормативних актах ЄС, імplementованих на національному рівні. Врахування кумулятивного впливу кількох об'єктів в одному регіоні є важливою умовою збереження екосистемної рівноваги. Практика стратегічної екологічної оцінки територіальних програм розвитку дозволяє завчасно ідентифікувати зони конфлікту та зменшити ризики затримок під час реалізації проєкту.

Соціально-економічний аспект включає аналіз структури землекористування, демографічної ситуації, рівня зайнятості та ставлення громади до проєкту. Досвід, узагальнений OECD, демонструє, що рання комунікація з громадою, прозорість процедур та участь місцевих мешканців у розподілі економічних вигод підвищують прийнятність інфраструктурних ініціатив. Для сільських територій об'єкти відновлюваної енергетики можуть стати джерелом додаткових бюджетних надходжень і стимулом до модернізації інженерної інфраструктури. Водночас слід враховувати потенційні конфлікти із сільськогосподарським використанням земель, особливо у регіонах з високою аграрною продуктивністю.

Правовий статус земельної ділянки визначає можливість та строки реалізації проєкту. Необхідним є чітке встановлення цільового призначення, відсутність судових спорів, обтяжень або сервітутів, що ускладнюють забудову. Для органів місцевого самоврядування важливо забезпечити актуальність містобудівної документації та інтеграцію зон для розвитку відновлюваної енергетики у генеральні плани і плани зонування територій. Така практика відповідає підходам просторового розвитку, які підтримуються United Nations Environment Programme у контексті сталого управління ресурсами.

Рекомендації для органів місцевого самоврядування полягають у формуванні системної політики підтримки інвесторів із дотриманням балансу інтересів громади та довкілля. Доцільним є створення відкритих геоінформаційних порталів із даними про інженерні мережі, обмеження у використанні земель, екологічні зони та містобудівні умови. Це скорочує транзакційні витрати інвестора та підвищує прозорість процесу. Важливим інструментом є розроблення місцевих програм енергетичного розвитку із чіткими орієнтирами щодо пріоритетних технологій і цільових показників встановленої потужності. У межах таких програм слід передбачати механізми громадського обговорення, що сприятиме легітимності прийнятих рішень.

Органам місцевого самоврядування варто ініціювати попереднє зонування території за критеріями технічної та екологічної придатності, виділяючи ділянки з мінімальними конфліктами землекористування. Це дозволяє спрямувати інвестиційний інтерес у визначені кластери та уникнути хаотичного розміщення об'єктів. Ефективною практикою є укладання меморандумів із операторами мереж щодо спільного планування розвитку інфраструктури, а також залучення експертних установ для оцінювання ресурсного потенціалу. Важливо забезпечити підвищення кваліфікації працівників органів влади у сфері енергетичного планування та управління проєктами.

Для інвестора ключовим завданням є проведення детального техніко-економічного обґрунтування з урахуванням довгострокових сценаріїв ринку електроенергії. Аналіз вартості приєднання до мережі, прогнозованої генерації,

капітальних і операційних витрат формує основу фінансової моделі. Необхідно враховувати регуляторну стабільність, наявність підтримуючих механізмів та ризику зміни тарифної політики. Практика міжнародних фінансових інституцій свідчить, що якісна підготовка проєктної документації та дотримання екологічних стандартів підвищують доступність кредитних ресурсів і знижують вартість капіталу.

Інвестору доцільно проводити попередні консультації з громадою та місцевою владою ще до формального подання документів на отримання дозволів. Такий підхід зменшує соціальні ризики та пришвидшує процедури погодження. Важливо оцінювати логістичні можливості транспортування обладнання, доступність під'їзних шляхів та потребу у їх модернізації. Використання малопродуктивних або деградованих земель, а також майданчиків із уже наявною промисловою інфраструктурою часто підвищує інвестиційну привабливість завдяки нижчому рівню екологічних обмежень.

Загальна оцінка придатності територій має ґрунтуватися на багатокритеріальному аналізі, що поєднує природні показники, мережеву доступність, екологічні обмеження та соціально-економічні параметри. Використання інтегрованих моделей дозволяє ранжувати потенційні ділянки за рівнем інвестиційної доцільності та ризику. Для України формування прозорої системи відбору земель для відновлюваної енергетики має стратегічне значення. Скоординовані дії органів місцевого самоврядування та інвесторів, засновані на принципах сталого розвитку, врахуванні планів зонування територій та пріоритетному освоєнні земель, не придатних для інтенсивного землеробства, забезпечують збалансоване розміщення об'єктів генерації, підвищують довіру громади та створюють передумови для довгострокового економічного зростання територій.

Висновки до розділу 3

Визначення перспективних зон для об'єктів відновлюваної енергетики базується на поєднанні ресурсного потенціалу, інфраструктурної доступності та

правових фільтрів. Для сонячних і вітрових станцій ключовим є кількісний аналіз метеорологічних даних, таких як рівень інсоляції та швидкість вітру, що інтегруються в геоінформаційні моделі. Процес вибору ділянок починається з шарового виключення територій, де будівництво заборонене законом: природно-заповідних фондів, охоронних зон культурної спадщини та високопродуктивних сільськогосподарських угідь. Особлива увага приділяється логістиці та близькості до електричних підстанцій, оскільки вартість підключення до мережі критично впливає на показник приведеної вартості енергії.

Для мінімізації ризиків інвесторам рекомендується проводити комплексну перевірку, що включає польову верифікацію ґрунтів, анеометричні вимірювання та правовий аудит земельних титулів. Органи місцевого самоврядування мають сприяти прозорості через оновлення містобудівної документації та виділення пріоритетних зон для енергетики в генеральних планах. Пріоритет слід надавати деградованим або промисловим землям, що дозволяє уникнути соціальних конфліктів та екологічних суперечок. Ефективна комунікація з місцевими громадами та рання оцінка впливу на довкілля забезпечують юридичну стійкість проєкту. Збалансований підхід, що поєднує техніко-економічні розрахунки з екологічними стандартами, є основою для успішного впровадження відновлюваної енергетики та сталого розвитку територій.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи узагальнено теоретико-правові засади розміщення об'єктів відновлюваної енергетики на землях різних категорій та встановлено, що вибір земельних ділянок визначається поєднанням вимог земельного, містобудівного, енергетичного й екологічного законодавства. Доведено, що правовий режим земель, наявність охоронних зон і процедур оцінки впливу на довкілля формують систему просторових і процедурних обмежень, які безпосередньо впливають на придатність територій.

Проаналізовано екологічні та соціальні чинники, які супроводжують реалізацію енергетичних проєктів, і встановлено, що ігнорування природоохоронних територій, кумулятивних впливів та конфліктів землекористування підвищує ризики затримок реалізації та суспільної опозиції. Визначено необхідність інтеграції даних про обмеження землекористування, санітарно-захисні зони та інфраструктурні бар'єри на етапі попереднього відбору ділянок.

Обґрунтовано систему критеріїв придатності територій, яка охоплює технічні параметри рельєфу й кліматичного ресурсу, доступність інженерної інфраструктури, відповідність цільовому призначенню земель та відсутність критичних екологічних обмежень. Показано, що багатокритеріальний підхід забезпечує більш об'єктивну оцінку потенціалу територій порівняно з аналізом окремих показників.

Розроблено геоінформаційну модель оцінки земельних ресурсів, яка базується на інтеграції цифрових моделей рельєфу, шарів землекористування, інфраструктурних даних і реєстрів обмежень. Застосування просторового аналізу та ранжування дозволило сформувати карту придатності та виокремити перспективні зони для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики.

Здійснено оцінку придатності територій та визначено ділянки, які відповідають встановленим критеріям і характеризуються мінімальними правовими та екологічними ризиками. На основі отриманих результатів сформульовано практичні рекомендації щодо вибору земельних ділянок, спрямовані на підвищення ефективності інвестиційних рішень і забезпечення збалансованого використання земельних ресурсів.

Отримані результати підтверджують, що комплексна оцінка земельних ресурсів із використанням геоінформаційних технологій є дієвим інструментом обґрунтування просторових рішень у сфері відновлюваної енергетики та сприяє узгодженню енергетичних, екологічних і соціально-економічних інтересів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багаторічні дані – Кліматичні. Український гідрометеорологічний центр Державної служби України з надзвичайних ситуацій. URL: <https://www.meteo.gov.ua/ua/Bahatorichni-dani-Klimatichni>
2. Внесок молодих вчених у соціально-економічний розвиток Західного регіону: Матеріали науково-практичного форуму (м. Кам'янець-Подільський, 25 лютого 2021 р.). Кам'янець-Подільський : Подільський спеціальний навчально-реабілітаційний соціально-економічний коледж, 2021. 156 с. URL: https://kpd.edu.ua/wp-content/uploads/2021/03/Zbirnyk_forum_02.pdf
3. Детальний план території для будівництва вітряної електроустановки на земельній ділянці площею 0,28 га з кадастровим номером 0521481600:03:003:0682 (за межами населеного пункту) на території Самгородоцької територіальної громади. URL: <https://samhorodotska.ukraine.org.ua/sites/samhorodotska.ukraine.org.ua/files/inline-files/zvit-seo-0682.pdf>
4. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. Біла книга енергетичної політики України. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2015-12/Energy%20Strategy%202035.pdf>
5. Земельний кодекс України із змінами, внесеними згідно із Законами № 4751-IX від 13.01.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2768-14#Text>
6. Лопушанська М. Р., Лопушанський О. М., Циганюк Л. В., Башинська Ю. І. Доманський А. С. Лук'янченко Ю. О. Геоінформаційний аналіз кліматичних чинників розвитку вітряної енергетики в Тернопільській області. Український журнал прикладної економіки та техніки. 2024. Том 9. № 4. С. 269 – 273.
7. Лопушанська М.Р., Іванов Є.А., Вижва А.М. та ін. Оцінка впливу на довкілля для об'єктів відновлюваної енергетики Львівської області. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/381682217_Ocinka_vplivu_na_dovkillu_dl

[a ob%27ektiv vidnovluvanoi energetiki Lvivskoi oblasti Environmental impact a ssessment for renewable energy objects in the Lviv region](#)

8. Основи картографії: Навчальний посібник / За ред. Язлюк Б.О., Перович І.Л., Бутов А.М., Лопушанський О.М., Тартачинська З.Р., Гуменний М.І., Лук'янченко Ю.О., Цюпак В.П. – Тернопіль : Осадца Ю.В., 2025. – 152 с.

9. Про затвердження Загальних методичних рекомендацій щодо змісту та порядку складання звітів з оцінки впливу на довкілля. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 25 червня 2020 року № 614. URL: <https://eia.menr.gov.ua/upload/files/MjBdJhe12r.pdf>

10. Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земельних ділянок. Постанова Кабінету міністрів України. Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ. № 140 від 05.02.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/1147-2021-%D0%BF#Text>

11. Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії. Постанова від 14 березня 2018 р. № 312. URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-zatverdzhennya-pravil-rozdribnogo-rinku-elektrichnoi-energii>

12. Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів. Закон України із змінами, внесеними згідно з Кодексом № 3993-IX від 08.10.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2480-17#Text>

13. Про оцінку впливу на довкілля. Закон України із змінами, внесеними згідно із Законами № 4017-IX від 10.10.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2059-19#Text>

14. Санітарно-захисна зона (СЗЗ) для об'єктів енергетики, у тому числі для вітрових електростанцій (ВЕС). URL: <https://mcl.kiev.ua/sanitarno-zashhitnaja-zona-dlja-obektov-jenergetiki-v-tom-chisle-dlja-vetrovyh-jelektrostantsij/>

15. Стаття 22. Охоронні зони об'єктів енергетики. URL: https://protocol.ua/ua/pro_zemli_energetiki_ta_prav_vid_09_07_2010_2480_vi_statтя_22/

16. Стаття 76. Землі енергетичної системи. URL: https://protocol.ua/ua/zemelniy_kodeks_ukraini_statтя_76/

17. A Sure Path to Sustainable Solar. Solar Deployment Guidelines. World Bank. 2019. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/244251575642432241/pdf/A-Sure-Path-to-Sustainable-Solar-Solar-Deployment-Guidelines.pdf>
18. Agricultural statistics in Ukraine: current state and proposal for improvement. KSE. 2024. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Report_Statistics.pdf
19. Baseer M.A. et al. GIS-based site suitability analysis for wind farm development in Saudi Arabia. Energy. 2017. Volume 141. Pp. 1166-1176. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544217316857>
20. Benti N. E. et al. Site suitability assessment for the development of wind power plant in Wolaita area, Southern Ethiopia: an AHP-GIS model. Scientific Reports. 2023. Volume 13 (19811). URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-47149-x>
21. CORINE Land Cover 2018 (vector/raster 100 m), Europe, 6-yearly. URL: <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018>
22. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance.). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32018L2001>
23. Drozd S., Kussul N. Solar energy potential mapping in Ukraine through integration of GIS, remote sensing, and fuzzy logic. European Journal of Remote Sensing. 2024. Volume 57. Issue 1. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22797254.2024.2362390>
24. Environmental Impact Assessment (EIA) in the Extractive Sector. Practice and problematic aspects of application. Dixigroup. 2020. URL: <https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2020/10/dixi-ovd-eng-4.pdf>
25. Goldberg Z. A. Solar energy development on farmland: Three prevalent perspectives of conflict, synergy and compromise in the United States. Energy Research & Social Science. 2023. № 101. URL:

<https://www.agrisolarclearinghouse.org/wp-content/uploads/2023/06/Solar-Energy-Development-on-Farmland.pdf>

26. Havrysh V., Kalinichenko A., Szafranek E., Hruban, V. Agricultural Land: Crop Production or Photovoltaic Power Plants. Sustainability. 2022. № 14. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/12004/1/Havrysh-5.pdf>

27. International Conference of Young Professionals “GeoTerrace-2025” - GIS approaches to evaluating renewable energy potential in the Ternopil and Ivano-Frankivsk territorial communities *M. Lopushanska (Professional Association of Environmentalists of the World (PAEW), L. Arkhypova (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas), I. Barna (Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University), O. Savchenko (Lviv Polytechnic National University), O. Lopushanskyi (West Ukrainian National University)

28. Land use for biofuels vs. Solar. 2025. URL: https://docs.owid.io/projects/etl/analyses/biofuels_land_use/

29. Lopushanska M., Ivanov Ye., Bashynska Yu., Lopushanskyi O. and Tsyganok L. Geoinformation modelling for the selection of wind energy project sites. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2024», Oct 2024, Volume 2024. P.1 – 5.

30. Meng L. et al. Blaming the wind? The impact of wind turbine on bird biodiversity. Journal of Development Economics. 2025. Volume 172. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304387824001512>

31. Placide G., Lollchund M. R. Wind farm site selection using GIS-based mathematical modeling and fuzzy logic tools: a case study of Burundi. Sec. Wind Energy. 2024. Volume 12. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2024.1353388/full>

32. Renewable Energy Statistics 2021. IRENA. 2021. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Aug/IRENA_Renewable_Energy_Statistics_2021.pdf

33. Renewables 2020. Global Status Report. Ren21. URL: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf
34. Türk S. et al. Multi- criteria of PV solar site selection problem using GIS- intuitionistic fuzzy based approach in Erzurum province/Turkey. Scientific Reports. 2021. № 11. URL: <https://scispace.com/pdf/multi-criteria-of-pv-solar-site-selection-problem-using-gis-4qip3h64l8.pdf>
35. Wind energy developments and Natura 2000. Guidance Document. URL: <https://viuredelairebcn.cat/wp-content/uploads/2021/09/Wind-energy-developments-and-Natura-2000.pdf>
36. Wind energy in the European Union. Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains & Markets. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC139320/JRC139320_01.pdf
37. Yilmaz İ. et al. Site selection for solar power plants using GIS and fuzzy analytic hierarchy process: Case study of the western mediterranean region of Turkiye. Renewable Energy. 2024. Volume 237. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148124018676>
38. Zhang K. et al. Accuracy assessment of ASTER, SRTM, ALOS, and TDX DEMs for Hispaniola and implications for mapping vulnerability to coastal flooding. Remote Sensing of Environment. 2019. Volume 225. Pp. 290-306. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425719300835>