

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ І ГЕОІНФОРМАТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: **“ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ РЕСУРСІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ
ЕНЕРГЕТИКИ В МЕЖАХ НОВОЯРИЧІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ”**

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Виконала: студентка гр. ЗВ-42зсп

Б.М. Яцків
(Прізвище та ініціали)

Керівник: І.З. Колб
(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: _____
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 528.9

Геоінформаційний аналіз ресурсів відновлюваної енергетики в межах Новояричівської територіальної громади. Яцків Б. М. Кваліфікаційна робота. Кафедра геодезії і геоінформатики. – Львівський національний університет природокористування, 2024, – 48 с. текстової частини, 7 таблиць, 18 рисунків, 25 літературних джерел.

В роботі приведено аналіз сучасних геоінформаційних методів і засобів оцінювання енергетичних ресурсів територій для двох найпоширеніших джерел відновлюваної енергії – вітрової та сонячної. Ці методи застосовано до території Новояричівської селищної об'єднаної територіальної громади. Результатами досліджень є карти вітрового та сонячного енергетичного потенціалу на території громади в цілому та оцінка доцільності розміщення дахової сонячної електростанції на будинку загальноосвітньої школи в с. Борщовичі.

Розглянуті питання охорони довкілля та охорони праці.

Приведено висновки та рекомендації.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, картографування потенціалу відновлюваних джерел енергії, геоінформаційне картографування відновлюваних джерел енергії, Інтернет-сервіси для оцінки продуктивності сонячних та вітрових електростанцій.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З ПОЗИЦІЙ ЗЕМЛЕУСТРОЮ.	6
1.1 Розвиток відновлювальної енергетики в Україні.	6
1.2 Особливості використання земельних ресурсів під проекти відновлюваної енергетики.	10
1.3. 1.3.Порівняльний аналіз ділянок під вітрові та сонячні електростанції.	14
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ	20
2.1 Загальні принципи геоінформаційного моделювання і аналізу потенціалу відновлювальної енергії.	20
2.2 Картографування ресурсів відновлювальної енергетики.	23
2.2.1. Загальні принципи.	23
2.2.2. Картографування вітроенергетичних ресурсів.	25
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЇ НОВОЯРИЧІВСЬКОЇ ОТГ	30
3.1 Територія дослідження	30
3.2 Вивчення потенціалу вітрової енергії з врахуванням топографічних особливостей території	31
3.3 Вивчення потенціалу сонячної енергії за даними спеціалізованих геоінформаційних інтернет-сервісів	34
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ.	40
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	43
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	45
БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК	46

ВСТУП

Дослідження і використання джерел відновлювальної енергетики у Львівській області набуває особливої актуальності в останні роки, коли до соціальних і екологічних чинників додалися проблеми воєнного часу. Об'єкти вітрової і сонячної енергетики області 2022 року згенерували: 342МВт - 3 промислові сонячні електростанції; 53МВт - 2151 сонячна електростанція приватних домогосподарств; 34МВт - 3 промислові вітрові електростанції. На територіях області на схід від м.Львів відновлювана енергетика розвивається повільно у порівнянні із західним і південним напрямком від обласного центру. Причиною цього крім соціально-економічних чинників є менші енергетичні ресурси вітру та сонця. Тому питання вивчення потенціалу на основі аналізу топографії, клімату, організації території тощо є **актуальним завданням**.

Метою даного дослідження є аналіз та оцінка потенціалу виробництва енергії з відновлюваних джерел на території Новояричівської громади у Львівській області.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішують такі **завдання**:

- виконання аналізу тенденцій розвитку відновлювальної енергетики та умов здійснення землеустрою для майданчиків виробництва електроенергії з вітрової та сонячної енергії;
- вивчення інформаційних ресурсів щодо клімату та топографії території дослідження;
- розглянути методика дослідження потенціалу відновлювальної енергетики і застосувати її щодо досліджуваної території Новояричівської територіальної громади Львівської області.

Об'єктом дослідження є енергетичний потенціал вітрової та сонячної енергетики на території Новояричівської громади в Львівській області.

Предметом дослідження є методика здійснення оцінки продуктивності вітрової та сонячної електрогенеруючих установок в конкретних ландшафтних умовах Малого Полісся з врахуванням умов здійснення землеустрою в Україні.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використано критичний аналіз спеціальних літературних джерел, просторовий аналіз топографічних та кліматичних даних, методи статистичного аналізу.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З ПОЗИЦІЙ ЗЕМЛЕУСТРОЮ

1.1. Розвиток відновлювальної енергетики в Україні

За даними Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), на кінець 2021 року встановлена потужність сектору відновлюваної енергетики України досягла 9655,9 МВт включно з сонячними установками для приватних домогосподарств (дСЕС), або 8 450,8 МВт — без таких станцій [Конеченков А., 2024].

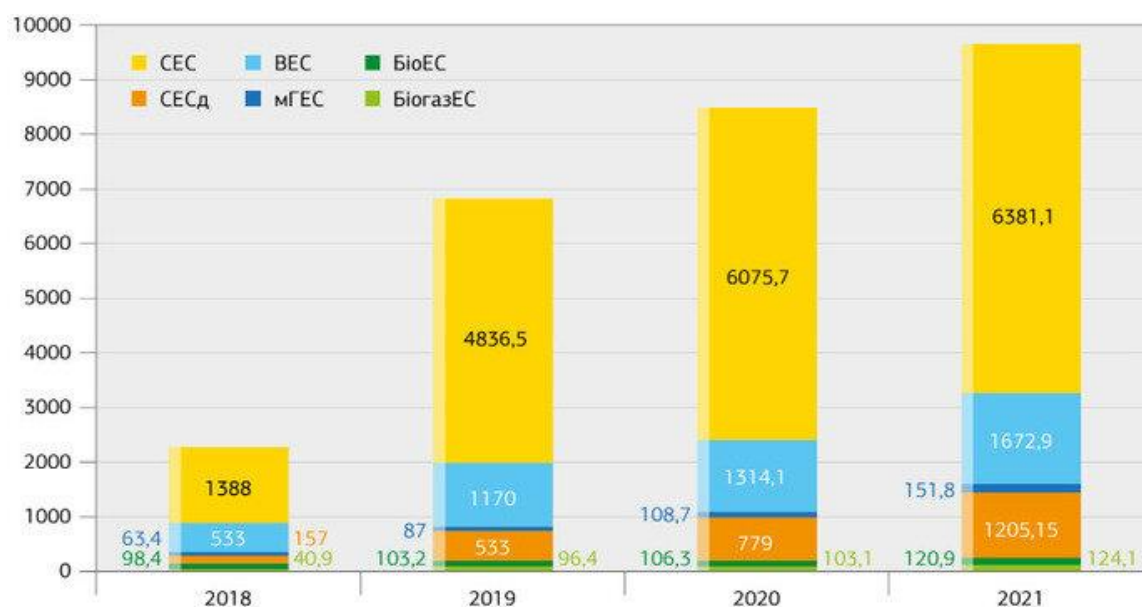


Рис.1.1. Встановлена потужність об'єктів ВДЕ, які працюють за «зеленим» тарифом, МВт. Джерело: ГС «УВЕА», НКРЕКП, 2021

Найкращу динаміку розвитку у 2021 році демонстрували саме відносно малопотужні домашні дСЕС, потужність яких в 2021 році сягнула 36,4% від введених в експлуатацію потужностей відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), а загальна встановлена потужність усіх сонячних систем домогосподарств наприкінці передвоєнного року досягла 1205,1 МВт. З 2018 по 2022 рік сумарна потужність сонячних енергетичних установок приватних домогосподарств

загальною кількістю близько 45 тисяч одиниць зросла більш ніж у п'ятеро і станом на початок 2022 року складала 1205,1 МВт.

Натомість промислова сонячна енергетика навпаки продемонструвала скорочення темпів росту. У 2021 році потужності промислової сонячної генерації збільшились лише на 305,5 МВт (26,1% від нових потужностей ВДЕ 2021 року), що у 3,6 разів менше показника 2020 року. Так, з 2018 року по 2022 рік сумарна потужність установок приватних домогосподарств, що виробляють енергію з сонячного випромінювання, зросла більш ніж у п'ятеро і станом на початок 2022 року складала 1205,1 МВт (близько 45 тисяч одиниць).

На кінець передвоєнного 2021 року сумарна встановлена потужність сектору сонячної енергетики країни склала 7586,3 МВт (включно з дСЕС). Вітроенергетика залишалася другою після сонячної енергетики, в національному секторі ВДЕ за загальною встановленою потужністю. Частка у виробництві електричної енергії в Україні на кінець 2019р становила для ВЕС - 1,1% від загального виробництва, для СЕС - 2,2% від загального виробництва. Загальна встановлена потужність вітроенергетичного сектору на кінець 2021 року становила 1672,9 МВт. До початку широкомасштабної війни, в Україні «зелену» електроенергію генерували 34 вітроелектростанції (ВЕС) або 699 вітрових турбін, середня одинична потужність яких становить 3,5 МВт [Конеченков А., 2024].

Географію розташування об'єктів ВДЕ визначають для різних відновлюваних джерел енергії за природнім потенціалом ВДЕ конкретного регіону. Приблизно 85% вітрових електростанцій розташовані переважно в Карпатському, південному, південно-східному регіонах. Мала та середня вітрогенерації, до яких відносяться вітроенергетичні установки потужністю до 20 кВт та потужністю від 20 до 500 кВт є комерційно перспективною практично на всій території України. Сонячна генерація поширена набагато більш рівномірно, проте близько 60% промислових сонячних електростанцій побудовані в південному та південно-східному регіоні. На початок 2022 року за

загальною встановленою потужністю та річним її приростом з ВДЕ лідерами серед усіх областей України є Дніпропетровська (1350,06 МВт), Херсонська (1139,65 МВт) і Миколаївська області (1121,16 МВт). На усі ці області припадає понад 37,3% усіх потужностей ВДЕ в Україні.

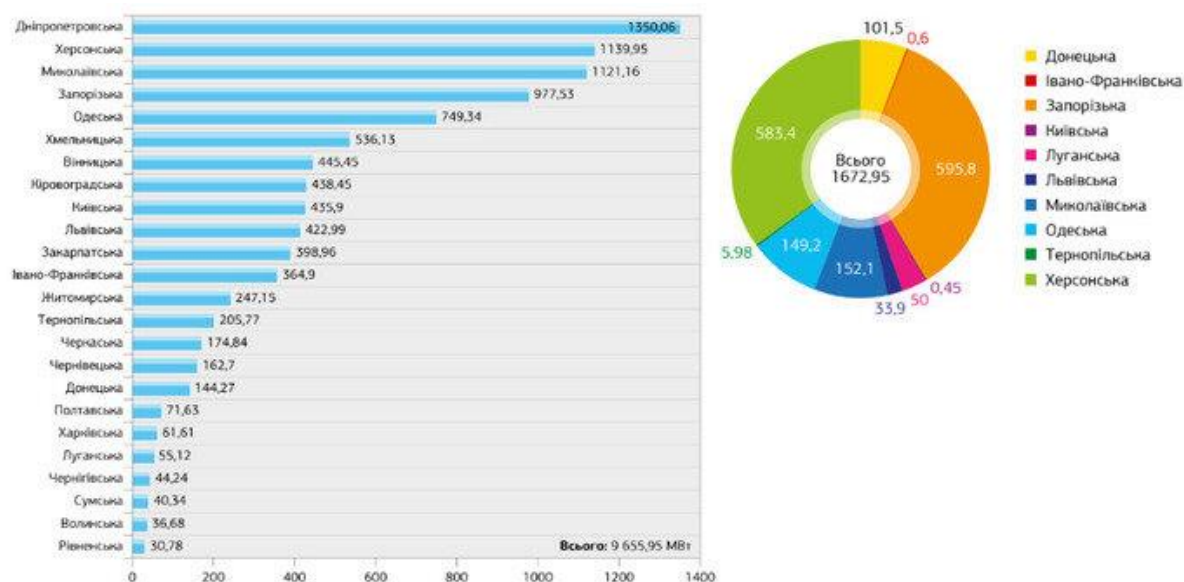


Рис.1.2. Встановлена потужність ВДЕ за областями України станом на 2021 рік, МВт. Кругова діаграма: встановлена вітроенергетична потужність, МВт. Джерело: ГС «УВЕА», НКРЕКП, 2021

В передвоєнний 2021 рік частка електроенергії, згенерованої з ВДЕ, досягла 8.1% або 12.8ТВт·год, з яких 56% — за рахунок сонячного випромінювання, 33% — енергії вітру, 8% — за рахунок спалювання біомаси та біогазу і 3% - малими гідроелектростанціями. Енергетика з відновлюваних джерел може стати основою для відновлення енергетичного потенціалу України в найближчі роки.

Безпосередньо на території Новояричівської ОТГ немає зареєстрованих вітрових електростанцій. Натомість діє одна сонячна електростанція потужністю до 1 Кв та автономна сонячна електростанція (потужність станції 300кВт) кондитерського підприємства «Ярич», яка забезпечує себе електроенергією від 20 до 45% від загального обсягу споживаної електроенергії (с.Старий Яричів) і

поблизу – СЕС потужністю 996 кВт (6га в м.Кам’янка-Бузька, ТОВ «Енергоінвест»). Введено в експлуатацію до 15 дахових сонячних електростанцій в домогосподарствах с.Запитів, с.Пикуловичі, с. Новий Яричів, с.Старий Яричів, с.Банюнин.

Тенденцією в ЄС є активний розвиток альтернативної енергетики не тільки промислової, а й автономних систем генерації. Важливим рішенням є затвердження Європейською Комісією в травні 2022 року плану REPowerEU [45], який визначає розвиток відновлюваних джерел енергії як першорядний суспільний інтерес. Серед іншого програма RePowerEU звертає увагу на пріоритет сектору малої сонячної генерації. Передбачено обов’язковість встановлення сонячних панелей на дахах нових комерційних і громадських будівель до 2025 року, а також на дахах нових житлових будівель — до 2029 року, сприяння встановлення фотоелектричних систем на дахах будівель та в домашніх господарствах. Цю тенденцію підтримки розподіленої генерації малими енергетичними установками підтримано урядом України [Стратегія розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року].

При складанні «Стратегії соціально-економічного розвитку ОТГ» виконується Обґрунтування системи цілей соціально-економічного розвитку ОТГ [Інструментарій місцевого економічного розвитку: теорія, методологія, практика, 2021].

За постановою Кабінету Міністрів України від 05 серпня 2020 р. № 695 одна з оперативних цілей акта - розвиток сталої, інклюзивної та стійкої до безпекових загроз інфраструктури, а за напрямом «Енергетична інфраструктура» пропонуються у т.ч. такі дотичні завдання:

- забезпечення енергетичної стійкості територіальних громад та регіонів шляхом сприяння розвитку розподіленої генерації електричної енергії;
- Сприяння розвитку генерації електричної енергії з відновлюваних джерел та застосування установок зберігання енергії, в системах централізованого водопостачання та водовідведення.

Одним з актуальних завдань органів місцевого самоврядування є впровадження технологій енергоефективності та відновлюваних джерел енергії, що сприятиме покращенню стану навколишнього природного середовища, зменшенню техногенного навантаження на довкілля та покращенню показників здоров'я населення ОТГ [Сментина, Фіалковська, 2019]. В «Стратегії соціально-економічного розвитку ОТГ» цьому положенню відповідає *стратегічна ціль В.3.* - Зменшення енергетичної залежності ОТГ. Передбачено заходи із заохочення підприємців і населення громади до впровадження проєктів з енергозбереження та розвитку альтернативних джерел енергії з метою зменшення питомої ваги споживання електроенергії на одного споживача шляхом сприяння будівництву сонячних і гідроелектростанцій.

1.2. Особливості використання земельних ресурсів під проєкти відновлюваної енергетики.

Під будівництво об'єктів альтернативної енергетики в першу чергу розглядаються ділянки, не придатні або малопродуктивні для землеробства або іншої господарської діяльності. Доцільно відводити ділянки з підвищеним рівнем заболоченості, вираженою ерозією ґрунтового покриву, пошкоджені від специфічних виробництв тощо.

Адміністрація областей районів та ОТГ, маючи інформацію про наявність таких земель на своїй території можуть прийняти рішення про їх корисного освоєння шляхом відведення для промислових вітрових чи сонячних електростанцій або для вирощування рослинної сировини для біоенергетичних установок. Головним документом що при цьому має бути створений на початковому етапі проєкт містобудівної документації який окреслює:

- визначення планувальної структури території та основних параметрів її забудови;

- визначення функціонального призначення земельної ділянки (чи ділянок);
- визначення планувальних обмежень використання території щодо розміщення об'єкту будівництва – вітрової або сонячної електростанції за межами населеного пункту.

Будівництво промислових об'єктів енергетики з відновлювальних джерела на землях, непридатних для с/г діяльності відноситься до програм соціально-економічного розвитку територій, що знаходяться у віданні ОТГ. Ретельне планування і виконання таких програм забезпечує певні соціально-економічні вигоди для громад:

- податкові відрахування від реалізації бізнес-проєкту у майбутньому будуть скеровані на покращення соціально-економічної стану;
- створюються нові робочі місця як на етапі будівництва так і на етапі експлуатації об'єктів;
- забезпечується раціональне використання природних ресурсів.

Нормативна база, на основі якої виготовляється документація для підготовки земельної ділянки для об'єктів енергетики наступна:

- Земельний кодекс України;
- Закон України "Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів";
- Закон України "Про відчуження земельних ділянок, інших об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, які перебувають у приватній власності, для суспільних потреб чи з мотивів суспільної необхідності";
- Постанова Кабінету Міністрів України від 26 січня 2022 року № 49 «Про затвердження Типової форми договору про встановлення земельного сервітуту для розміщення об'єктів енергетики та передачі електричної енергії»;

Земельні ділянки державної та комунальної власності надаються у власність і користування (у тому числі в оренду або користування на умовах сервітуту) для потреб енергетики, у тому числі для будівництва об'єктів

енергетичної інфраструктури, за рішенням органів виконавчої влади або органів місцевого самоврядування відповідно до їх повноважень та в порядку, встановленому Земельним кодексом України. На землях, віднесених до категорії земель, визначених пунктом "ж" частини першої статті 19 Земельного кодексу України (землі промисловості, транспорту, електронних комунікацій, енергетики, оборони та іншого призначення), можуть розміщуватися об'єкти альтернативної енергетики, що використовують відновлювані джерела енергії (енергія сонячна, вітрова, аеротермальна, геотермальна, гідротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів), незалежно від цільового призначення таких земельних ділянок.

Результатом оформлення території є наявність таких документів:

- документи, що підтверджують право власності. Виписка з кадастру реєстрації права власності / оренди на земельну ділянку в Укрдержреєстрі – вона потрібна для проведення будь-яких правочинів із земельною ділянкою. Ділянка повинна бути об'єктом цивільних прав;
- відповідність цільовому призначенню 14.01 – для розміщення, будівництва, експлуатації та обслуговування будівель і споруд об'єктів енергогенеруючих підприємств. Таке призначення найчастіше мають ділянки, непридатні для сільського господарства, територіям зі складним рельєфом, придатним проте для промислового будівництва. Запланована ділянка під вітрову чи сонячну електростанцію не повинна відноситись до земель сільськогосподарського призначення, територій лісового або водного фонду, в заповіднику і мати історичну або культурну цінність;
- Рішення районної державної адміністрації (для земельних ділянок за межами населених пунктів) або в обласному управлінні Держземагентства (якщо земля була в категорії промислового або сільськогосподарського призначення) про розробку плану. Типово,

формування земельної ділянки здійснюється шляхом розробки та затвердження місцевими органами влади проекту землеустрою щодо відведення земельних ділянок із земель державної та комунальної власності або шляхом поділу (об'єднання) вже раніше сформованих ділянок;

- узгоджений в адміністрації громади та в районній державній адміністрації стверджуємо детальний план земельної ділянки, що законодавчо надає право надання землі у власність;
- Затверджений згідно з положеннями ст.50 Закону України “Про землеустрій” проект землеустрою. Відведення земельної ділянки повинне відповідати призначенню виробничої зони, означеній в генеральному плані населеного пункту і прилеглих територій. Будівництво будь-яких об'єктів, які не відповідають генеральному плану – забороняється. Законодавством передбачена процедура внесення змін до містобудівних документів населених пунктів з організацією публічних слухань і державної експертизи;
- корпоративні права з ТУ та договором з Обленерго на приєднання;
- договір РРА з держпідприємством «Гарантований Покупець».
- Створені умови дають право на будівництво, введення в експлуатацію СЕС і продаж електроенергії на оптовий ринок за «зеленим» тарифом.
- Документація щодо інженерно-геологічних вишукувань. Це геологічні розрізи, показники фізико-хімічних властивостей ґрунтів, рівень ґрунтових вод, хімічний аналіз водоносного горизонту тощо;
- Документація щодо інженерно-геодезичних вишукувань для будівництва, опис техногенних та природних умов земельної ділянки. Звіти містять топографо-геодезичні дані, рельєф місцевості, інші елементи планування тощо.

Придбати у власність або орендувати ділянку для будівництва ВЕС чи СЕС можна згідно ухвали загальних зборів мешканців найближчих населених

пунктів. Також потрібні отримати погоджувальні документи від відділів землеустрою та департаменту охорони культурної спадщини місцевої адміністрації.

1.3. Порівняльний аналіз ділянок під вітрові та сонячні електростанції.

Різні види відновлюваної енергії дозволяють генерувати електроенергію, теплову і механічну енергію, а також продукувати паливо. Розрізняють децентралізовані технології використання відновлюваних джерел енергії (ВДЖ) безпосередньо на місці їх отримання та централізовані технології передачі виробленої енергії у великі енергетичні мережі. Землями енергетичної системи визнаються землі, надані під електрогенеруючі об'єкти, під об'єкти транспортування електроенергії до користувача, крім визначених законом випадків розміщення таких об'єктів на землях іншого цільового призначення.

Вітрогенератор – інженерна споруда, що перетворює кінетичну енергію вітру в механічну енергію обертання ротора з можливим подальшим перетворенням в електричну енергію. Вітроенергетика має багато стратегічних особливостей, які можуть бути як перевагами так і недоліком. До переваг відносять швидкість будівництва, просторова розосередженість турбін, найбільшу генерацію з початку осені до кінця весни. Головна перевага ВЕС перед СЕС – цілорічна робота без зниження продуктивності в осінньо-зимовий період і вночі.

Сонячна електростанція – інженерна споруда, що перетворює сонячну радіацію в електричну енергію. Головна перевага СЕС перед ВЕС – немає необхідності проводити тривалі (мінімум 1 рік) і витратні вимірювання вітру на обраній ділянці. Для всієї території України характерний високий показник сонячної енергії – інсоляції. Зокрема у Львівській області він складає протягом року до 1187 кВт на 1 м² (рис.1.4). Порівняно з іншими методами отримання електроенергії від відновлюваних джерел енергії, сонячні батареї мають низку

переваг: мала маса і габарити, простота конструкції та монтажу, тривалий термін експлуатації, можливість розміщення на дахах. Головним їхнім недоліком є практична неможливість використання зайнятих панелями територій для інших потреб.

Гібридні системи ВЕС/СЕС – вітрогенератор, укомплектований сонячними батареями з акумуляторами. Для розміщення гібридних станцій, в залежності від потужності, потрібна кількість землі дорівнює загальній кількості відповідно площі під фотоелектричні панелі і площі під вітрогенератори.

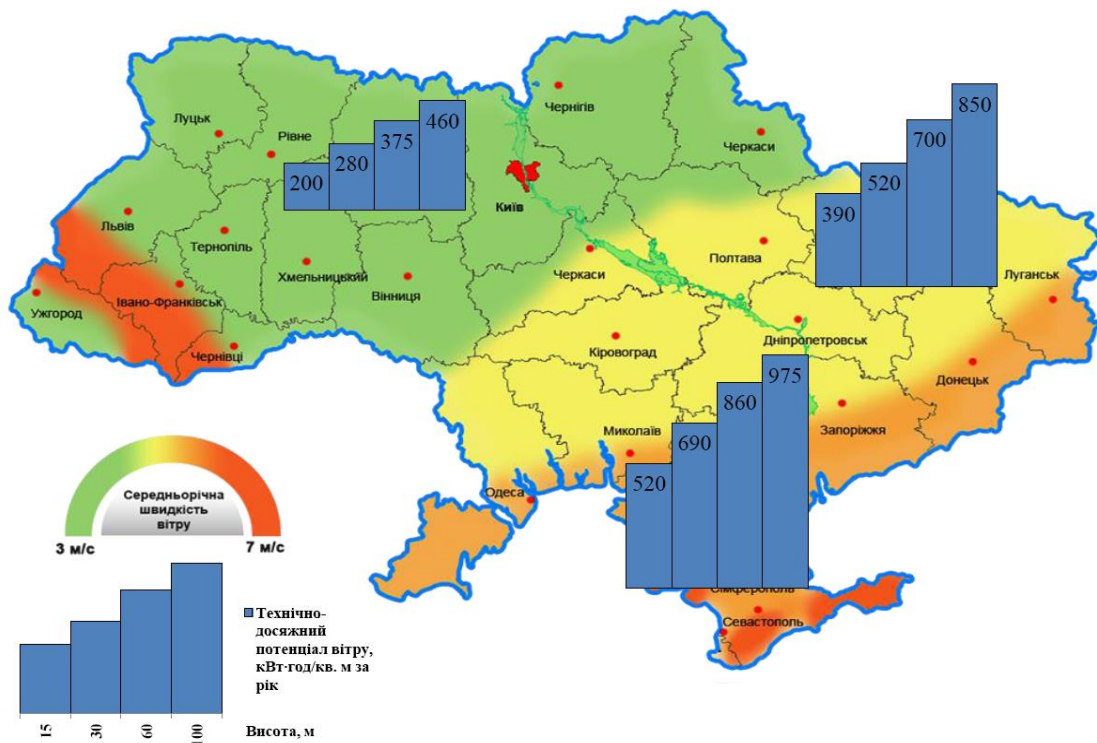


Рис.1.3.Питомі показники енергетичного потенціалу вітру на різній висоті.



Рис.1.4. Картв інсоляції України (дані інтернет-сервісу SolarGIS)

В документі «Дорожня карта розвитку сонячної енергетики на період до 2020 року» приведено дані по областях потенціалу енергії Сонця (таблиця 1.1) та вітру (таблиця 1.2)

Табл.1.1. Потенціал енергії сонця в областях України

№	Регіони	Потенціал енергії сонця				
		Теоретично - можливий потенціал ($\times 10^9$) т н.е./рік	Технічно-досяжний потенціал			
			електричний		тепловий	загальний
			млрд кВт*год/рік	($\times 10^5$) т н.е./рік	($\times 10^5$) т н.е./рік	($\times 10^5$) т н.е./рік
1.	АР Крим	3,15	2,2	1,89	0,77	2,66
2.	Вінницька область	2,59	1,4	1,22	0,53	1,75
3.	Волинська область	1,82	1,04	0,87	0,39	1,26
4.	Дніпропетровська область	3,15	1,86	1,62	0,62	2,24
5.	Донецька область	2,87	1,51	1,3	0,59	1,89
6.	Житомирська область	2,8	1,51	1,3	0,52	1,82
7.	Закарпатська область	1,26	0,8	0,7	0,28	0,98
8.	Запорізька область	3,01	1,62	1,48	0,48	1,96
9.	Івано-Франківська область	1,4	0,70	0,6	0,31	0,91
10.	Київська область	2,66	1,51	1,3	0,52	1,82
11.	Кіровоградська область	2,38	1,28	1,1	0,51	1,61
12.	Луганська область	2,94	1,52	1,3	0,59	1,89
13.	Львівська область	2,17	1,28	1,1	0,44	1,54
14.	Миколаївська область	2,8	1,51	1,31	0,51	1,82
15.	Одеська область	3,92	2,09	1,79	0,8	2,59
16.	Полтавська область	2,66	1,51	1,31	0,51	1,82
17.	Рівненська область	1,82	0,93	0,77	0,42	1,19
18.	Сумська область	2,24	1,28	1,12	0,42	1,54
19.	Тернопільська область	1,4	0,81	0,7	0,35	1,05
20.	Харківська область	3,01	1,62	1,4	0,63	2,03
21.	Херсонська область	3,29	1,74	1,49	0,68	2,17
22.	Хмельницька область	2,1	1,16	1	0,4	1,4
23.	Черкаська область	2,66	1,28	1,07	0,4	1,47
24.	Чернівецька область	0,84	0,46	0,41	0,22	0,63
25.	Чернігівська область	2,94	1,62	1,35	0,61	1,96

Табл. 1.2. Узагальнений найвищий потенціал енергії вітру в областях України
(на висоті 100 м)

№	Регіон	Питомий потенціал енергії вітру	
		природний, кВт·год/м ² за рік	технічно-досяжний, кВт·год/м ² за рік
1	АР Крим	6 781	1 061
2	Херсонська область	6 079	956
3	Запорізька область	5 771	935
4	Івано-Франківська область	5 538	902
5	Одеська область	5 481	915
6	Донецька область	5 300	903
7	Луганська область	5 137	891
8	Миколаївська область	5 047	885
9	Дніпропетровська область	4 540	850
10	Чернівецька область	4 222	708
11	Закарпатська область	4 175	702
12	Львівська область	3 799	646

Особливості використання землі під ВЕС.

- Обов'язкова участь в аукціонах для промислових ВЕС потужністю понад 5 МВт. Переможці отримують право на пільгові умови продажу електроенергії із зобов'язанням побудувати ВЕС за 3 роки.
- При будівництві відбувається відторгнення земель в короткострокове і довгострокове користування.
- Фундамент вітрогенератора має діаметр приблизно 10 м, він повністю заглиблений під землю. Це 1% від усієї території вітрового парку, а інші 99% території може бути зайняте під сільське господарство або для інших видів діяльності.
- Роботу ВЕС супроводжує шум, вібрація і мерехтіння тіней. Забруднення навколишнього середовища немає, але в циклі виробничих процесів в атмосферу здійснюється велика кількість викидів CO₂. Шкода для птахів існує, коли ВЕС розташована на шляху їх міграції.

Особливості використання землі під СЕС.

- **Обов'язкова участь в аукціонах для промислових СЕС при потужності понад 1 МВт. Переможці отримують право на пільгові умови продажу електроенергії із зобов'язанням побудувати СЕС за 2 роки.**
- **СЕС працюють безшумно і не забруднюють навколишнє середовище. Шкода для екології існує в процесі виробництва і утилізації фотопанелей.**

Аналіз особливостей землеустрою ділянок під промислові ВЕС та СЕС приведемо на основі матеріалів компанії [ЕДС Інжиніринг](#)). За даними компанії термін оформлення документів на ділянку під вітрову електростанцію (ВЕС) складає більше 1 року, а на ділянку під сонячну електростанцію (СЕС) - 6-9 місяців. Тривалість процесу підготовки земель до будівництва електростанції пояснюється його складністю. Для прикладу приведемо алгоритм для сонячної електростанції – рисунок 1.5.

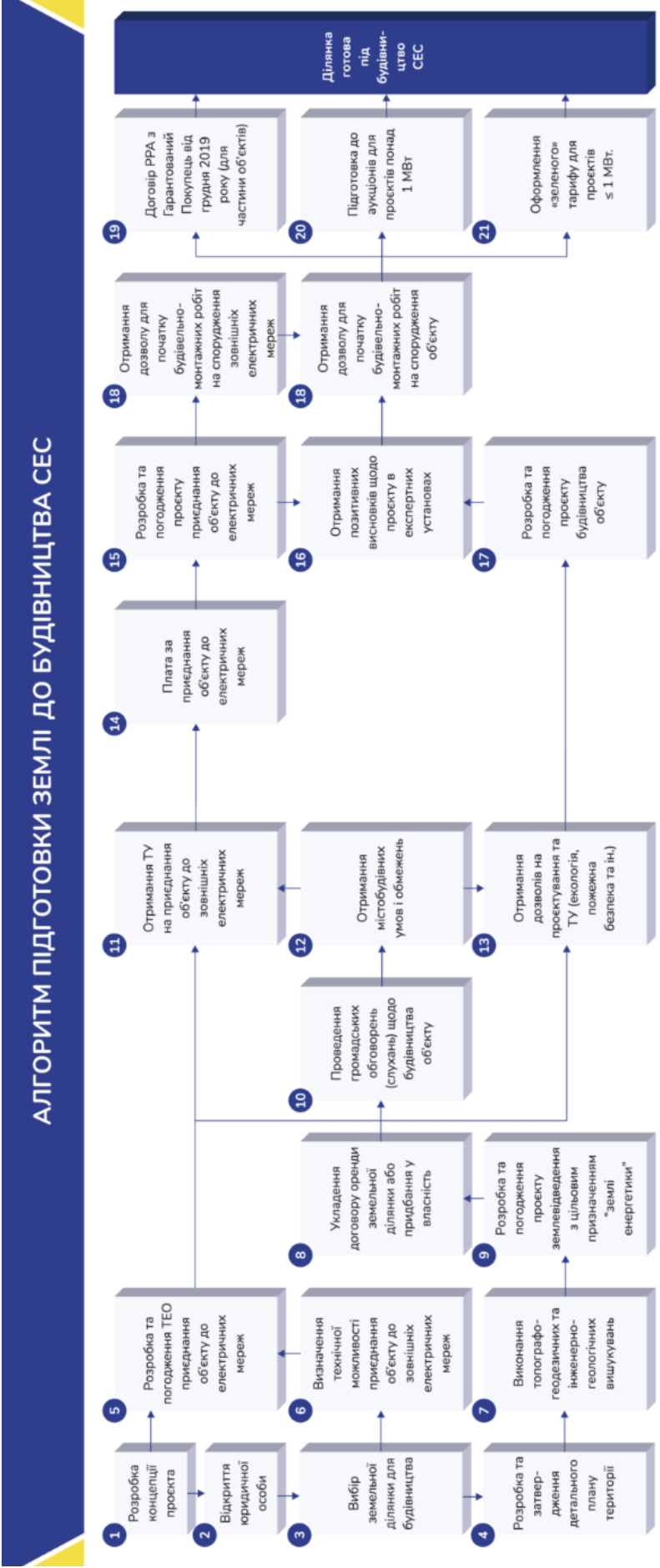


Рис.1.5. Алгоритм підготовки документації для відведення землі під об'єкт відновлюваної енергетики

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

2.1. Загальні принципи геоінформаційного моделювання і аналізу потенціалу відновлювальної енергії

Підбір майданчиків для розміщення електростанцій на відновлюваних джерелах енергії є добре опрацьованим в сучасній геоінформатиці. Геоінформаційні системи (ГІС) надають багато інструментів які сприяють якісному аналізу багатьох відомостей, таких як шари електронних карт та таблиць реляційних баз даних. Компонентами, які необхідно піддати просторовому аналізу є векторні та растрові файли даних, файли реляційних таблиць даних. Основними методами аналізу є просторове накладання (оверлейний аналіз), методи аналізу відстаней (побудова буферних зон, діаграм Вороного тощо), мультикритеріальний аналіз (Multi-criteria Analysis (MCA) і метод аналізу ієрархій (Hierarchy Analysis Method , MAI).

Підсумком оцінки за цією методикою є карта придатності території для розміщення об'єктів відновлювальної енергетики.

ГІС відновлювальних джерел енергії використовуються такі дані:

- Дані для оцінки потенційних ресурсів відновлюваних джерел енергії (комплекс метеорологічних і актинометричних даних; опис гідрогеологічних свердловин з даними про фізичні і хімічні характеристики геотермальних родовищ; гідрологічні дані; дані про енергетичну цінність відходів виробництва і життєдіяльності людини тощо);
- Екологічні аспекти (об'єм зменшення шкідливих викидів при використанні відновлюваного джерела енергії, рівень зниження забруднення ґрунтів і вод, зниження рівня радіації, зниження об'ємів відходів тощо);

- Технічні характеристики установок утилізації енергії з відновлюваних джерел для розрахунків ймовірної типів задіяного обладнання та кількості виробленої цим обладнанням електричної та механічної енергії; оцінка енергетичної інфраструктури);
- Економічні аспекти (собівартість та ринкові ціни на енергію; енергетичний баланс регіонів; впровадження принципів «зелених громад» підприємства що виготовляють енергоустановки на відновлюваних джерелах енергії; інвестиції в дану галузь, податкові пільги тощо);
- Соціальні аспекти (зайнятість населення на будівництві і експлуатації об'єктів на відновлюваних джерелах енергії тощо).

За першими двома групами цих даних найбільш доступними є дані для оцінювання потенціалу вітрових і сонячних станцій (таблиця 2.1).

Табл. 2.1. Підходи для оцінки потенціалу територій для використання вітрової та сонячної енергії

ВЕС	СЕС
При виборі земельної ділянки обов'язково враховуються кліматичні характеристики (вітрова карта України).	При виборі земельної ділянки обов'язково враховуються кліматичні характеристики (інсоляційна карта України).
Виконується вітрова розвідка - проводять обов'язкові заміри швидкості вітру – мінімум 1 рік.	СЕС більш мобільні, їх можна будувати в будь-якому регіоні в стислий термін.
Вітрогенератори доцільно встановлювати в місцевості, де середня швидкість вітру більше 8 м/с. Лопаті великих генераторів починають обертальний рух при вітрі 4 м/с; максимальне ККД досягається при 12 м/с.	За картою інсоляції приблизно 80% території країни є перспективною для сонячної енергетики.



Рис.2.1. Класифікація факторів, що мають вплив на розміщення об'єктів відновлюваної енергетики

Технологія вибору земельних ділянок для оптимального розташування наземних електростанцій в середовищі ГІС:

- Аналіз вимог розміщення об'єктів відновлюваної енергетики.
- Збір просторових та непросторових даних.
- Створення бази даних.
- Опрацювання даних: Оверлейний аналіз, Мультикритеріальний аналіз.

Алгоритми опрацювання даних подає оцінку теоретичного потенціалу різних видів ВДЕ на основі комбінації відомих методів просторового аналізу. Відповідно розроблені і доступні споживачеві у відкритому доступі геоінформаційні продукти за охопленням території розділяють на локальні, регіональні, національні і глобальні.

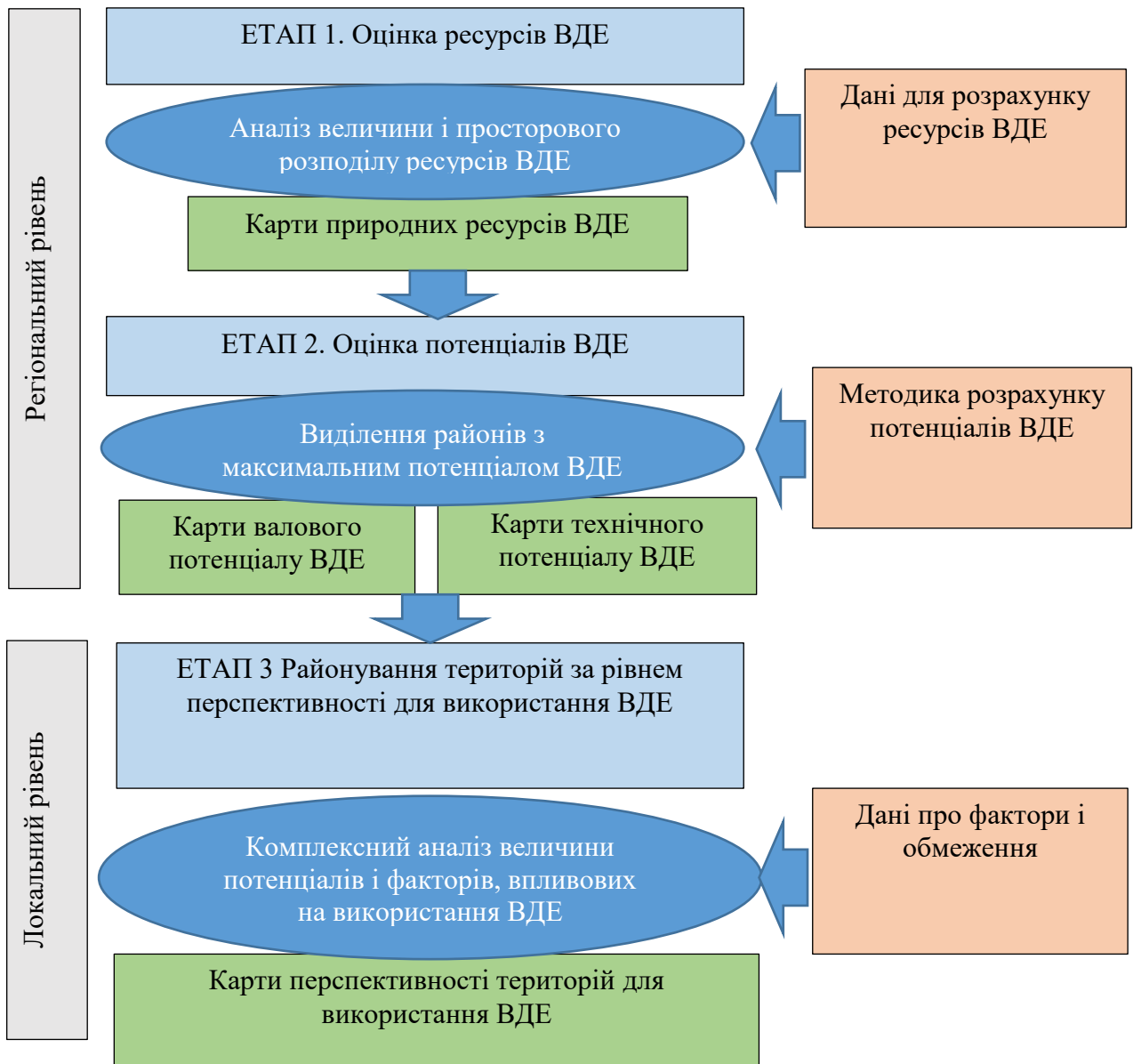


Рис. 2.2. Схема оцінки і картографування ресурсів ВДЕ

2.2. Картографування ресурсів відновлювальної енергетики.

2.2.1. Загальні принципи.

В літературі відмічається методична складність представлення в картографічному виді економічних і соціальних характеристик, а також їхнє комплексне врахування сумісно з природними і технічними аспектами.

Електронні карти сонячної і вітрової енергії широко доступні в глобальному масштабі охоплення і можуть надати тільки наближені дані, необхідні органам територіального управління і бізнесу для розуміння потенціалу ресурсів. Типовою є глобальні покриття кліматичними даними, карти створені за міжнародними дослідними програмами як наприклад Програма картографування відновлюваних джерел енергії (сонячної і вітрової енергії, енергії біомаси і потенціалу малих гідроелектростанцій) REMAP яку здійснює Всесвітній банк Програма картографування відновлюваних джерел енергії (REMAP). Ця ініціатива координується і фінансується Всесвітнім банком в рамках Програми сприяння в управлінні енергетичним сектором (ESMAP) <http://esmap.org/>. Крім забезпечення територій окремих країн картами високого розрізнення, збору даних для окремих країн програма надає інструменти геопросторового аналізу і виконання стратегічних екологічних оцінок. Ці результати доповнюють Глобальний атлас сонячної і вітрової енергії, який веде Міжнародне агентство з відновлюваної енергії (IRENA) та створюють інформаційну підтримку глобальної кампанії «Стійка енергетика для всіх (SE4ALL)».

При складанні карт використовують методи створення неперервних растрових моделей рельєфу (цифрова модель рельєфу, карти крутості і експозиції схилів тощо) і абстрактних геополів (карта сили вітру, сонячної інсоляції тощо) шляхом інтерполяції регулярних прямокутних чи триангуляційних сіток за масивами вхідних точок. Типовим є застосування інтерполяції методом сплайнів для отримання растру значень сонячної радіації та інтерполяція методом обернено зважених відстаней з врахуванням шорсткості поверхні для отримання растрів характеристик вітрової енергії. Шорсткість топографічної поверхні визначають за типом рельєфу та підстильної поверхні (таблиця 2.2).

Табл. 2.2. Класифікація місцевості за показником шорсткості для розрахунку вітрової енергії

Степінь шорсткості	Степеневий показник	Опис місцевості
0	0,13	Місцевість плоска відкрита, пере висот до 0,5м
1	0,16	Місцевість плоска відкрита або незначно горбиста. Можуть зустрічатись поодинокі будівлі або широкі дерева.
2	0,18	Місцевість плоска або горбиста з великим відкритим простором. Можуть зустрічатись групи дерев або низька забудова значної площі.
3	0,24	Місцевість з перешкодами: лісиста місцевість, передмістя великих міст або малі міста, зони промислової забудови.
4	0,3	Місцевість з численими великими перешкодами, недалеко розміщеними одна від одної: скупчення дерев, будинків на відстані меншій від 300м.
5	0,4	Місцевість з численими великими перешкодами, близько розміщеними одна від одної, лісові масиви, центри великих міст тощо.

2.2.2. Картографування вітроенергетичних ресурсів.

Вітроенергетика спирається на результати досліджень у галузі аерології, на базі яких розробляється вітроенергетичний кадастр — система обліку (база даних) вітроенергетичних ресурсів, що є сукупністю об'єктивних і необхідних відомостей, які характеризують режими швидкостей вітру в тій або іншій місцевості. Основними характеристиками вітрового кадастру є: середньорічні, середньомісячні та середньодобові швидкості вітру; максимальна швидкість вітру; залежність швидкості вітру від висоти; повторюваність швидкості вітру та його напрямків протягом року, сезону, місяця; дані про пориви, про періоди і терміни відсутності вітру; питома потужність і питома енергія вітру.

Одним із основних факторів, який визначає доцільність впровадження вітроенергетичного обладнання в певній місцевості, є рівень питомої потужності вітрового потоку (це потужність, віднесена до 1 м^2 площини, перпендикулярної

напряму вітру). Вітроенергетичним ресурсом є середня потужність струменя повітря одиничної площі перетину (щільність енергії вітрового потоку), яка при експериментально вимірній повторюваності швидкості вітру визначається так:

$$p^{\text{пл.ен.}} = \frac{1}{2} \rho \cdot \sum_{i=1}^k v_i^3 \cdot n_i \quad (2.1)$$

де $p^{\text{пл.ен.}}$ - щільність енергії вітрового потоку, Вт/м² вертикальної поверхні;

ρ – щільність повітря, кг/м³. Середня щільність вітрового потоку визначається як добуток масової густини повітря – 0,125 кг/см² та прискорення сили тяжіння – 9,8 м/с² і становить 1,225 кг/м³ при температурі 15°C і атмосферному тиску 0,0981 МПа (760 мм рт. ст.). Ця величина дещо змінюється при зміні клімато-метеорологічних умов;

v_i – середня швидкість вітру на i -вому інтервалі швидкостей вітру, м/с;

n_i – повторюваність швидкості вітру в i -вому інтервалі швидкостей, безрозмірна величина;

k – кількість інтервалів (градацій) швидкості вітру.

Оцінку вітроенергетичних ресурсів проводять на різних висотах:

- ВЕС потужністю 50-100 і більше МВт використовують вітроустановки одиничної потужності 2-3 МВт і висотою осі вітроколеса 50-100 м і більше;

- ВЕС в енерго ізольованих вузлах використовують вітроустановки висотою осі вітроколеса 50-80 м при одиничній встановленій потужності порядку 1 МВт;

- для зон децентралізованого електропостачання - установки одиничної потужності до сотень кВт і висотою осі вітроколеса 30-50 м.

2.2.3. Геоінформаційне моделювання освітлення територій Сонцем.

Найбільш важливою оцінкою потенціалу сонячної електростанції є величина сонячної інсоляції місцевості. Це величина крім географічної широти точки місцевості залежить від рельєфу землі і умов затінення.

Для розрахунків використовується програмні модулі, такі як *r.sun* інструментальної ГІС GRASS GIS. Згаданий програмний інструмент є частиною відкритої ГІС і тому широко використовується дослідниками на регіональному і локальному рівнях, наприклад для розрахунків ефективності дахових електростанцій.

Цей модуль описано в on-line довідковій системі [Hofierka, J. and Šúri, M., 2002]. Існує два режими виконання розрахунків в *r.sun*. У першому режимі при заданому куті падіння сонячних променів та растровій карті рельєфу створюється растрова карту сонячного опромінення на встановлений місцевий час. У другому режимі добові суми сонячного опромінення ($\text{Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$) обчислюються за визначений день.

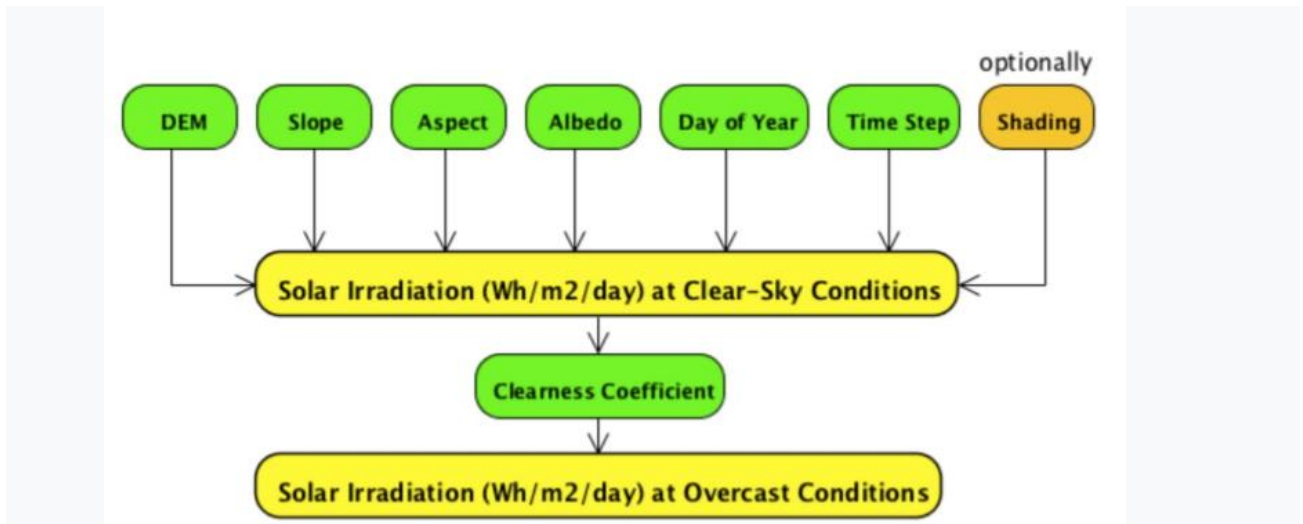


Рис. 2.3. Схема роботи програмного модуля *r.sun*

Особливістю представленої схеми є можливість використання такої опції як карта тіней.

Після отримання карти інсоляції створюється база даних що містить всю інформацію, важливу для розміщення сонячних ферм. Ця інформація далі піддається ієрархічному багатокритеріальному аналізу, для врахування ваги кожного з критерію на очікуваний результат розрахунку потенціалу і продуктивності електростанції. В дослідженні [Soliman, Kh. & Burlov, V.G., 2022] подається набір критеріїв:

- Запланована потужність СЕС, відповідна площі ділянки;
- Допустимий ухил поверхні на ділянці, щоб зменшити витрати на будівництво (крутизна схилу понад 15% небажана);
- Орієнтація схилу рельєфу не в бік північного заходу, відсутність поблизу відсутність затінюючих сонце об'єктів;
- Близкість до доріг і електричної інфраструктури;
- Загальна річна кількість сонячної радіації на території планованої СЕС має сягати щонайменше 1300 кВт год / м² в рік.

Процес мультикритеріального аналізу (МКА) передбачає присвоєння ваги кожному набору даних, а отримувані значення оцінки відповідають шкалі від 0 до 100 згідно з формулою (2.2):

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} (WiPi) \quad (2.2)$$

де S – значення класифікації на результуючій карті, Wi – вага критерія, Pi – критерій оцінки i -го фактора.

Подальший процес аналітичної ієрархії (МАІ) вирішує проблему суб'єктивності і упередженості суджень експертів при присвоєнні ваг. Процес аналітичної ієрархії ґрунтується на теорію оцінювання експертами з бінарними порівняннями критерії з врахуванням шкал пріоритетів [Saaty,2008]. Підсумкова карта з показом придатних земель для розміщення СЕС класифікує землі на 4 категорії: дуже придатні, середньо придатні, найменш придатні і непридатні. Ваги вхідним даним присвоюють згідно з параметрами таблиці 2.3.

Табл. 2.3. Класифікація зважених критеріїв для вибору ділянки під СЕС

Тип критерію	Критерій	Категорії	Придатність території	Вага,%
Технічні	Ухил,%	0-5	Дуже придатна	21,10
		5-10	Середньо придатна	
10-15	Найменше придатна			
понад 15	Непридатна			
	Орієнтація	Північно-західна	Непридатна	2,60
		Інша	Дуже придатна	

Економічні	Відстані від електромережі, м	до 5000 5000-10000 10000-15000 Понад 15000	Дуже придатна Середньо придатна Найменше придатна Непридатна	15,10
	Відстані від основних доріг, м	до 500 500-1000 1000-5000 Понад 5000	Дуже придатна Середньо придатна Найменше придатна Непридатна	7,10
Екологічні	Сонячне випромінення, кВтгод/м ²	понад 2000 2000-1800 1800-1600 до 1600	Дуже придатна Середньо придатна Найменше придатна Непридатна	22,90
	Температура	10°-20° інша	Дуже придатна Непридатна	5,50
	Землекористування	Заборонені території Інше	Непридатна Дуже придатна	14,90
	Відстань до важливих об'єктів, м	до 500 Інше	Непридатна Дуже придатна	3,40
	Відстань до водойм, м	до 500 Інше	Непридатна Дуже придатна	3,40
	Швидкість вітру, м/с	до 25 понад 25	Дуже придатна Непридатна	3,90

Далі для перших 2-3 категорій земель розраховують теоретичні сонячні електричні потенціали на основі середньої сонячної радіації на одиницю площі в рік, площі ділянки і ефективності (коефіцієнт корисної дії) сонячних фотоелементів:

$$TSPP = SR \times CA \times AF \times \eta \quad (2.3)$$

де TSPP - теоретичний потенціал енергії, SR - середня інтенсивність сонячного випромінення (кВт год / м² / год), CA – загальна площа ділянки (км²), AF - коефіцієнт площі (максимальний відсоток площі ділянки який вкритий фотоелектричними панелями з мінімальним ефектом затінення, типово 70%), η - ефективність системи перетворення сонячної енергії (%).

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЇ НОВОЯРИЧІВСЬКОЇ ОТГ

3.1. Територія дослідження

Новояричівська ТГ у Львівській області розташована на північний схід від обласного центру, її площа становить 220,0 км². Утворена територіальна громада навколо адміністративного центру – селища Новий Яричів, що розміщений на відстані 25 км автошляхами від обласного центру м. Львів.

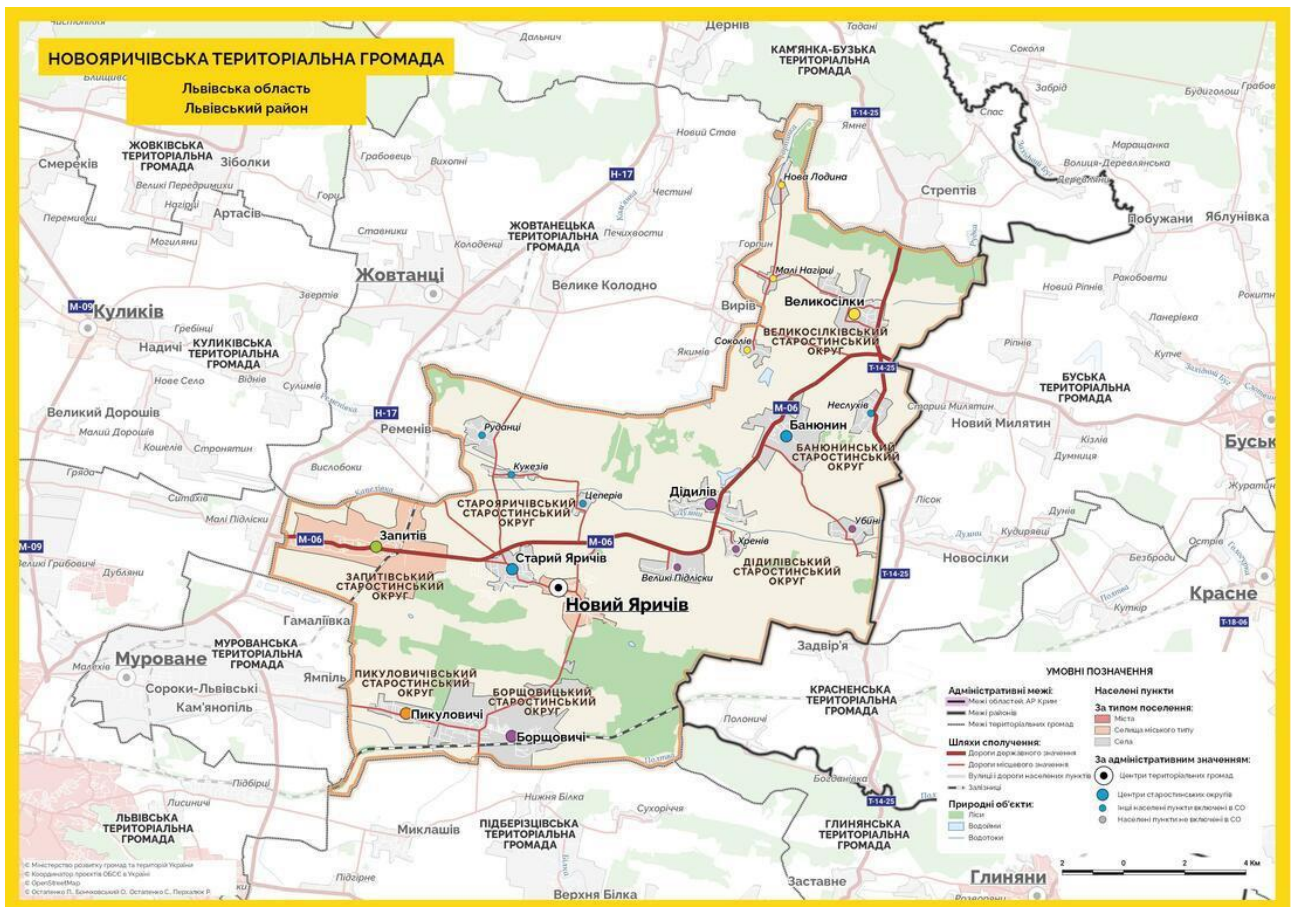


Рис.3.1. Картосхема Новояричівської селищної територіальної громади Львівської області

Територія Новояричівської громади розташована у географічному районі Мале Полісся, що являє собою плоскохвилясту низовину. Поверхня слабо розчленована, трапляються еолові форми рельєфу. В ландшафтній структурі Мале Полісся переважають природно-територіальні комплекси поліського типу. В окремих місцях поширені лісостепові ландшафти.

Загальна площа земельних ресурсів громади 15398,1837 га., з якої 10848,96 (70,46%) становлять землі сільськогосподарського призначення, 904,2 (5,87%) - землі житлової та громадської забудови, 2961,6 га. (19,23 %) – ліси, 138,3938 га. (0,9 %) – водойми. Землі природоохоронного призначення, оздоровчого та рекреаційного призначення займають - 17,31 га, що менше одного відсотка. Громада має добре автомобільне та залізничне сполучення - відповідно землі транспорту та зв'язку займають 249,87 га. Частка деградованих, малопродуктивних і техногенно-забруднених земель що потребують консервації в громаді становить 0,16% усіх земельних ресурсів громади(рис.3.2).

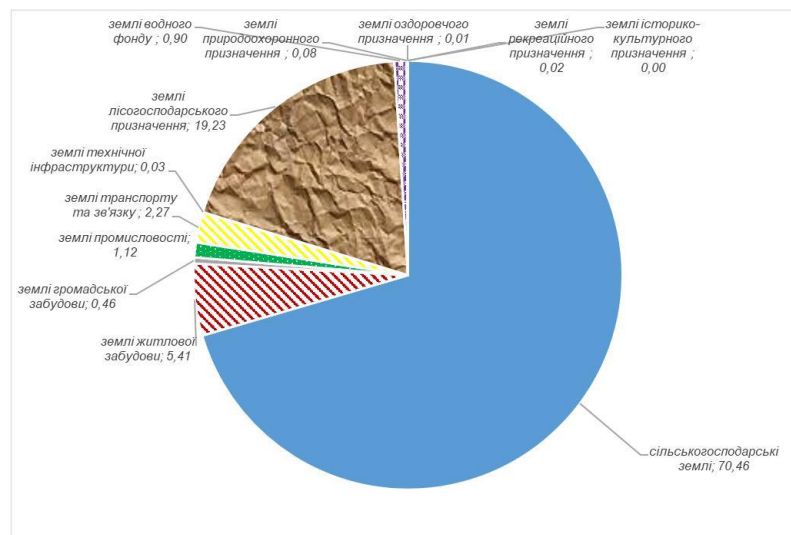


Рис. 3.2. Структура земельних ресурсів Новояричівської ОТГ, %

3.2. Вивчення потенціалу вітрової енергії з врахуванням топографічних особливостей території

Для оцінки вітроенергетичного потенціалу громади скористаємось базою кліматичних даних інтернет-сервісу «Глобальний атлас вітрів», який є сумісним проектом Технічного університету Данії і Всесвітнього Банку. Атлас надає на досліджувану територію готові карти рельєфу, орографічної мережі, шорсткості підстилаючої поверхні землі, середньої приведенної швидкості вітру на різних висотах та величину питомої потужності вітрового потоку.

Карта шорсткості демонструє мозаїчність території дослідження, більшу частину якої складають умовно відкриті території з вкрапленням лісових масивів відносно незначної площі та ділянками з розчленованим рельєфом.

GLOBAL WIND ATLAS

ROUGHNESS

ШОРСТКІСТЬ ПІДСТИЛАЮЧОЇ ПОВЕРХНІ

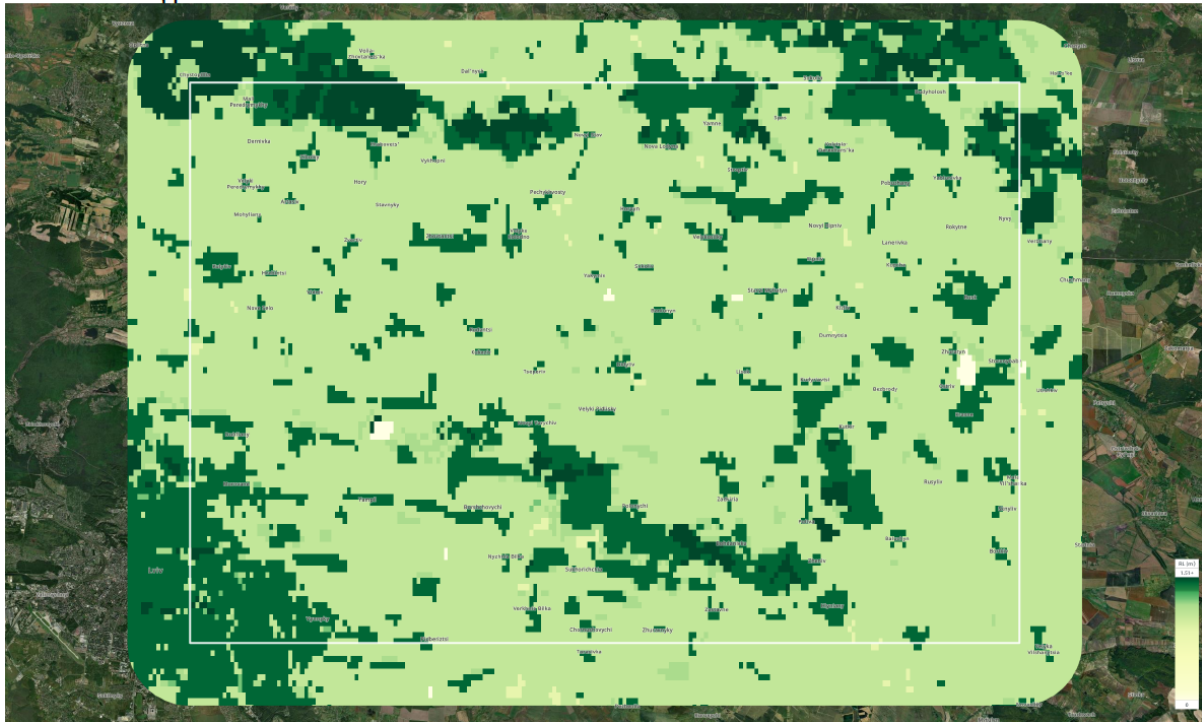


Рис.3.3. Карта шорсткості підстиляючої поверхні землі в районі досліджень

У результаті проведених розрахунків на сайті <https://globalwindatlas.info/> нами було встановлено, що середня приведена швидкість вітру на висоті 100м суттєво відрізняється в південній та північній частинах території ОТГ приблизно по лінії сіл Руданці- Дідилів-Убині, що чітко демонструє відповідна карта. В південній частині території ОТГ середня річна приведена швидкість вітру на висоті 100м становить від 6,16 до 6,85 м/с. Натомість в північній частині - від 6,8 до 7,43 м/с. Ці величини вказують, що неможливо стверджувати про вирішальне значення швидкості вітру для прийняття рішення про використання ВЕУ великої потужності – мегаватного класу. Адже типовими швидкостями вітру з яких починає працювати такий вітрогенератор є 4 м/с, а номінальної потужності вони набувають при 12 м/с. На наявних швидкостях вітру окупність ВЕУ може бути дещо тривалішою від оптимальних умов.

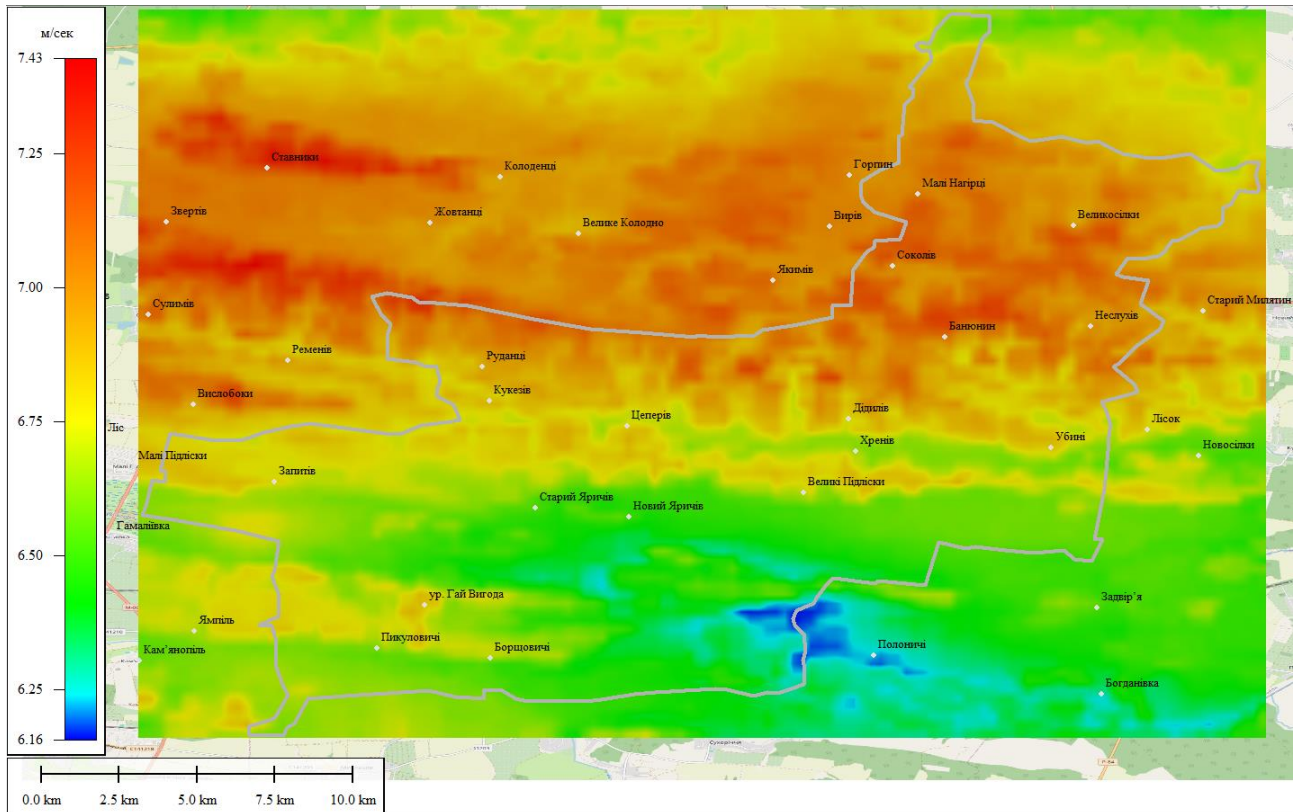


Рис.3.4. Середня річна приведена швидкість вітру на висоті 100м

Щоб підтвердити ці висновки, звернімось до іншого джерела інформації – сайту <https://rezoning.energydata.info/>. Тут побудуємо карту з виділенням територій с середньою річною швидкістю вітру на висоті 100м, що досягає не менше 7 м/с.

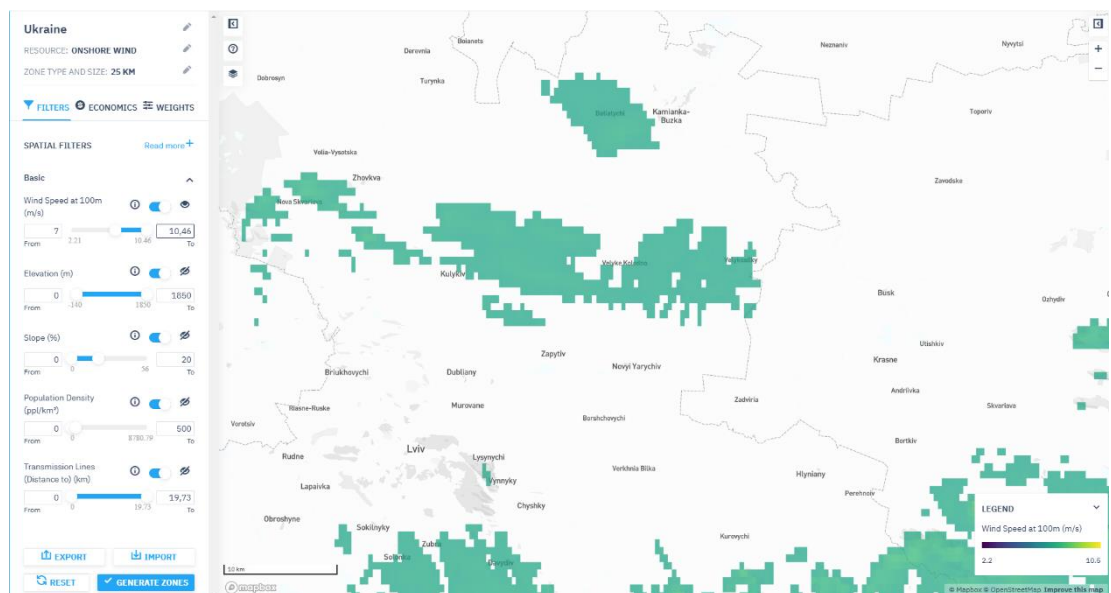


Рис.3.5. Середня річна приведена швидкість вітру на висоті 100м, що сягає не менше 7 м/с

Наближено рівень вітрового потенціалу також можна оцінити, визначивши величину середньої щільності енергії вітрового потоку. Ця величина крім швидкості враховує також масову щільність повітря (вони залежні від вологості і атмосферного тиску). Відомо, що район Малого Полісся характеризується високою масовою щільністю повітря через часті опади і отже - високу вологість. Побудована нами карта теж показує чітке розділення території ОТГ на більш придатну північну частину з показником від 360 до 376 W/m^2 та на менш придатну південну частину з показником від 262 до 340 W/m^2 . Максимальна придатність для встановлення вітрової електростанції виявлена в районі сіл Банюнин, Соколя, Великосілки.

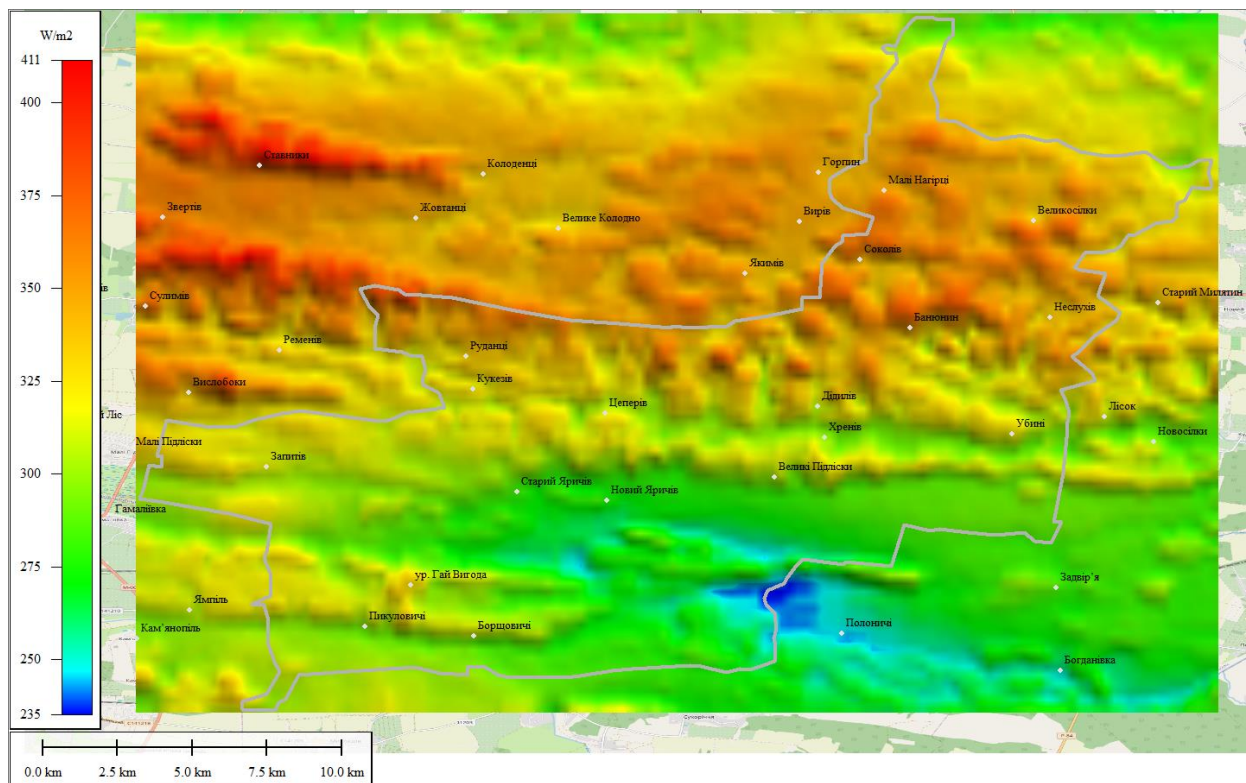


Рис.3.4. Середня річна щільність енергії вітрового потоку, W/m^2

3.3. Вивчення потенціалу сонячної енергії за даними спеціалізованих геоінформаційних інтернет-сервісів

За ініціативою Світового банку розроблено інтернет-сервіс Global Solar Atlas (<https://globalsolaratlas.info/>). Цей сервіс надає карти потенціалу сонячних

ресурсів і оцінки продуктивності фотоелектричних джерел. Існує також можливість скачувати дані в геоінформаційних форматах. Карти та дані доступні згідно з ліцензією [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Карти країн і дані ГІС востаннє оновлювалися в 2019 році, тоді як рівні даних ГІС світу востаннє оновлювалися в 2023 році. Нижче наведено зведення даних, які можна завантажити з Атласу.

Табл. 3.1. Класифікація зважених критеріїв для вибору ділянки під СЕС

Параметр даних	Акронім	Одиниця виміру	Часова агрегація	Просторова роздільна здатність	Джерело
Вихід електроенергії PV	PVOUT	кВт/год або кВт/год	12 x 24 (місяць x година) профілів	30 кутових секунд (~1 км)	Соларгіс
Глобальне горизонтальне опромінення	GHI	кВт*год/м ²	Середньорічна	9 кутових секунд (~250 м)	Соларгіс
Дифузне горизонтальне опромінення	DIF	кВт*год/м ²	Середньорічна	9 кутових секунд (~250 м)	Соларгіс
Пряме нормальне опромінення	DNI	кВт*год/м ²	12 x 24 (місяць x година) профілів	9 кутових секунд (~250 м)	Соларгіс
Оптимальний нахил [°] для похилих і фіксованих фотоелектричних модулів	OPTA	°	Середньорічна	2 кутові хвилини (~4 км)	Соларгіс
Температура повітря на висоті 2м	ТЕМП	°C	Середньорічна	30 кутових секунд (~1 км)	ERA5, постобробка Solargis
Висота	ELE	м	-	3 кутові секунди (~90 м)	SRTM v4.1 та інші численні джерела, постоброблені Solargis

Сонячний ресурс (GHI, DNI, DIF, GTI, OPTA), потужність PV (PVOUT) та інші параметри надаються у вигляді растрових (сіткових) даних у двох форматах: [GeoTIFF](#) і [AAIGRID](#) (Esri ASCII Grid). Надані шари даних містяться в географічній просторовій прив'язці ([EPSG:4326](#)). Метадані надаються у

форматі PDF і XML для кожного рівня даних у файлі для завантаження (відповідно до ISO 19115:2003/19139).

Спеціально для України було розроблено інформаційну таблицю, яка містить інформацію про статистику по території країни щодо ресурсів сонячної енергії та потенціалу фотоелектричної енергії, сезонні коливання виробництва електроенергії, оцінки LCOE та взаємну кореляцію з відповідними соціально-економічними показниками. Це частина дослідження «Глобальний потенціал фотоелектричної енергії».

Геоінформаційні технології цього проекту застосуємо до території на північний схід від м.Львів, де розміщена Новояричівська ОТГ. Сервіс надає інформацію та статистичної оцінки геоданих (рис.3.5).

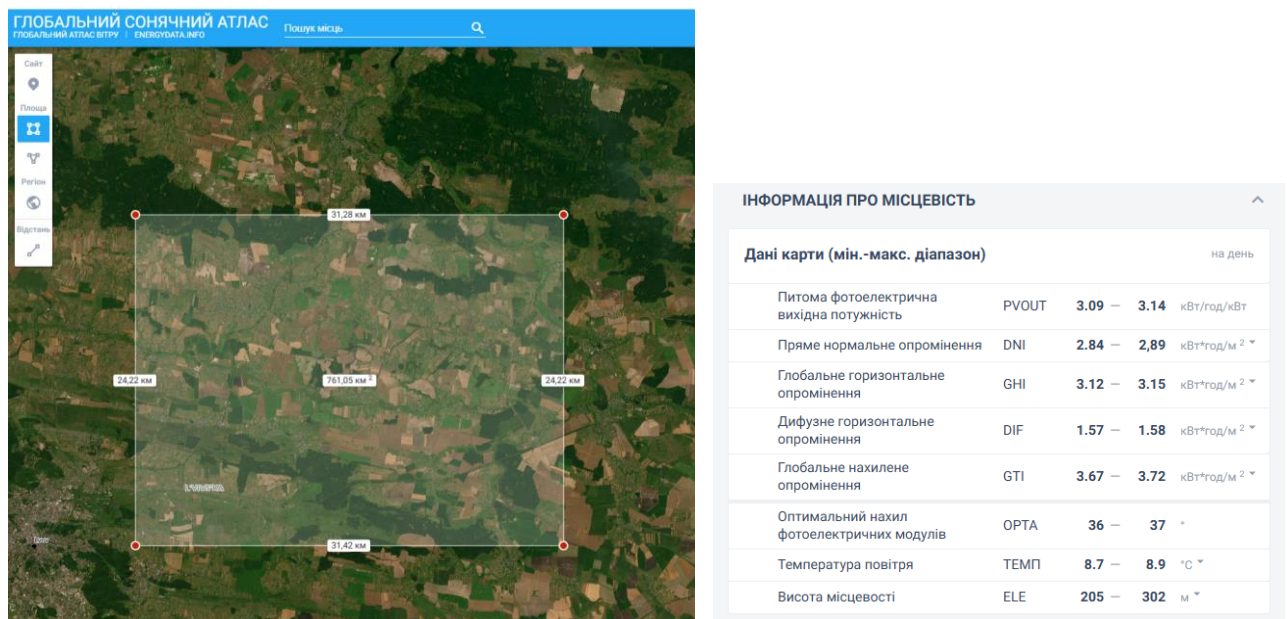


Рис.3.5. Отримання інформації на територію дослідження

Як слідує з отриманого звіту, на досліджуваній території головний параметри, які описують фотоелектричний потенціал (зокрема питому фотоелектричну вихідну потужність, PVOUT складає від 3.09-3.14 кВт/год/м²) дещо перевищують середні значення по Львівській області і є сприятливим для розміщення сонячних фотоелементів. Звіт складається з трьох частин:

1. Оцінка глобальної, прямої та розсіяної сонячної радіації на вибраний користувачем період.
2. Оцінка оптимального нахилу сонячних панелей та потенціалу Сонця для такого розміщення.
3. Графік проходження Сонця над горизонтом та тривалості сонячного дня в найбільш та найменш сприятливі місяці року (липень та грудень).

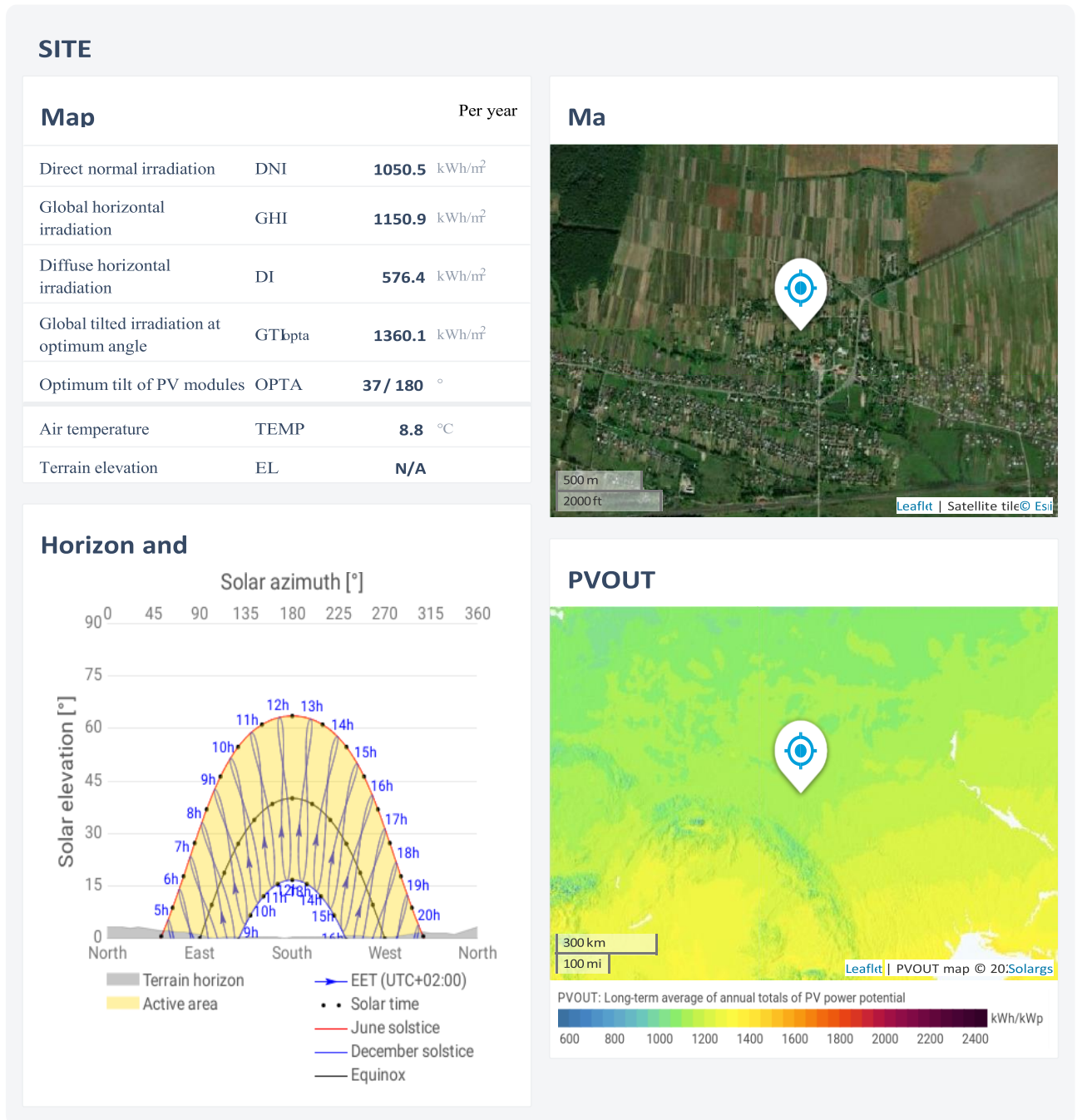


Рис 3.6. Перша частина звіту із сайту *Global Solar Atlas*. Подано основні характеристики сонячної радіації

Розглянемо варіант розміщення дахової сонячної електростанції на будівлі Борщовицької загальноосвітньої школи (с.Борщовичі, вулиця Степана Бандери). Координати точки 49.868288° Пн. Ш та 024.259368° Сх. Д., часова зона UTC+02. Дах школи орієнтовано на південь (кут експозиції площини даху 188° , крутизна даху 42°). Сайт згенерував звіт про розрахунок сонячного потенціалу, параметри які вказують, що сумарна сонячна радіація у вибраній точці місцевості оцінюється в 1147 кВт год/м^2 на рік, а оптимальним нахилом сонячної панелі є 37° при строгому орієнтуванні на південь (Рисунок 3.7).

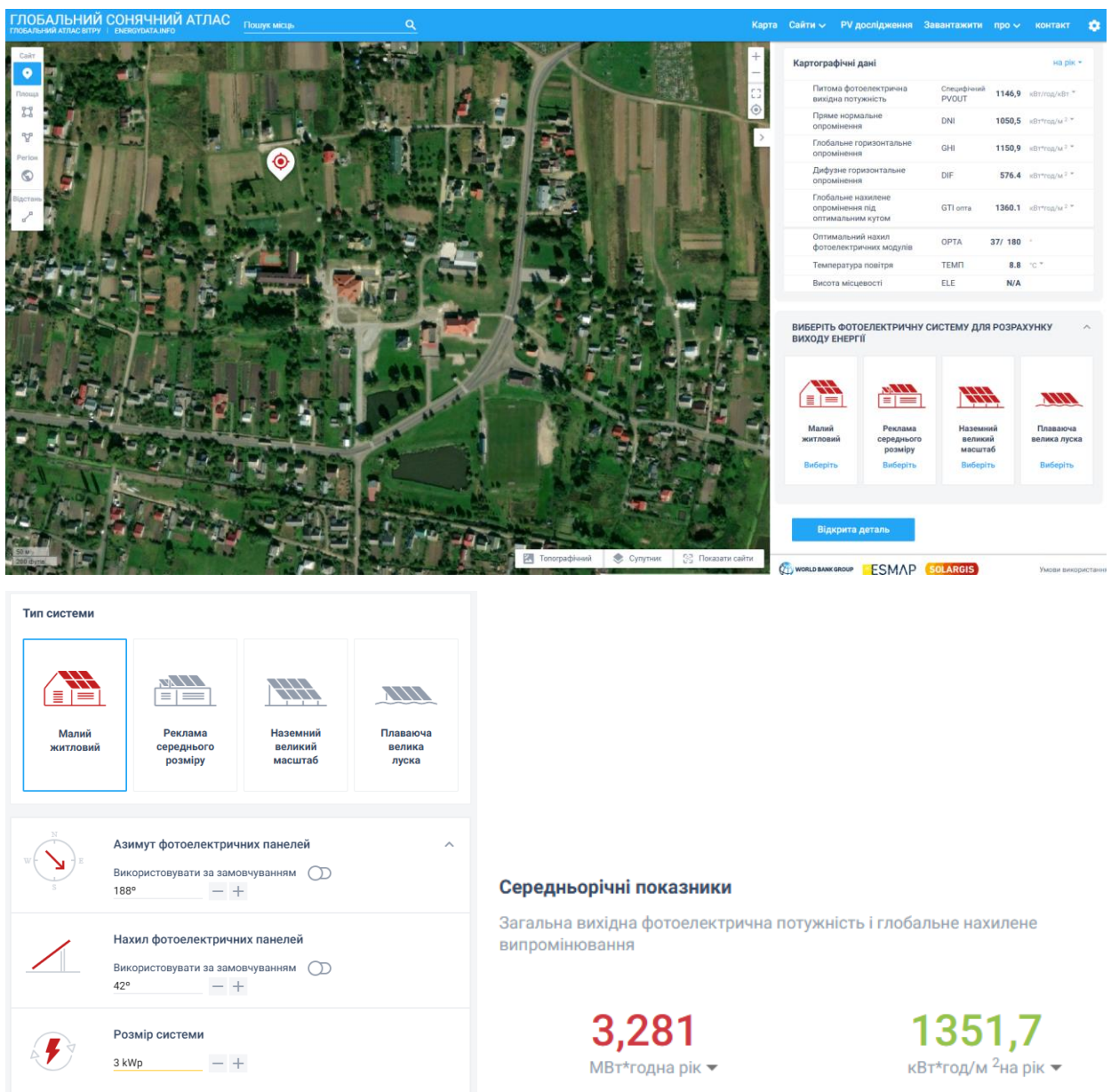


Рис 3.7а. Розрахунок продуктивності дахової СЕС



Рис.3. 7б. Оцінка потенціалу дахової СЕС на даху будинку Борщовицької ЗОСШ

У звіті рис. 3.6 стосується потенціалу вироблення електроенергії PV-панелями, встановленими в оптимальне положення на дахах малоповерхової забудови протягом року. Цей потенціал для обраного нами місцеположення оцінюється в 1.07 МВт. Часовий розподіл подано у виді гістограм по місяцях року. Аналіз цих гістограм показує, що найбільш продуктивними місяцями для виробництва електроенергії кремнієвими PV-панелями є період з травня по серпень. В інші місяці менш продуктивні. Третя частина звіту стосується потенціалу вироблення електроенергії PV-панелями з врахуванням усередненого прямого сонячного опромінення. Цей параметр складає 1069 Квт год/м² на рік.

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Енергія вітру та сонця вважається екологічно чистою, оскільки виробництво електроенергії з цих джерел не вимагає здійснення викидів в атмосферу, води та ґрунти, які потенційно могло б негативно впливати на навколишнє середовище. Існуючі нормативно-правові акти та стандарти досі не повністю враховують негативні впливи будівництва електро та теплогенеруючих станцій, що працюють на відновлюваних джерелах енергії, на довкілля. Під час реалізації проектів з відновлюваної енергетики важливо у повному обсязі оцінити потенційний вплив на довкілля з метою його мінімізації. Найбільші екологічні переваги альтернативні способи виробництва енергії проявляються на рівні малої енергетики. Невеликі енергогенератори можуть обслуговувати окремі будинки, підприємства і невеликі адміністративні споруди і несуть мінімальну небезпеку для довкілля та природних екосистем (в першу чергу тому, що розташовані поза природними територіями), сприяють уникненню втрат енергії при транспортуванні і економії на будівництві інфраструктури транспортування енергії. Однак будівництво великих комерційних електростанцій передбачає розподіл загальної потужності на багато генеруючих установок. Такий об'єкт вже потребує великої площі. Більшість негативних змін в довкілля проявлять себе на етапі спорудження електрогенераторів: пошкодження ґрунтового і рослинного покриву, збільшення кількості інвазивних видів на пошкоджених ділянках, ерозійні процеси та ін. Будівництво та експлуатація ВЕС спричиняють низку впливів на складові довкілля на етапі будівництва ВЕС та під час її подальшої експлуатації.

1. При реалізації проектів з відновлюваної енергетики найбільший вплив на довкілля простежується на етапі будівництва електростанції (до 33,94 %) та залежить від її географічного положення, специфіки природних умов, близькості територій природно-заповідного фонду та об'єктів Смарагдової мережі. Аналогічні наслідки матиме й припинення роботи та демонтаж електростанції після закінчення терміну її експлуатації:

- механічне пошкодження рослинного покриву, ґрунту та спричинення ерозійних процесів внаслідок будівництва фундаментів, підземних комунікацій, при завезенні та тимчасовому складуванні будівельних матеріалів та запчастин;
- випадкове або аварійне забруднення вод і ґрунтів паливно-мастильними матеріалами під час будівництва;
- втрати природних територій і сільськогосподарських площ;
- зміна звичного вигляду ландшафту, його естетичних якостей та туристичної привабливості;
- забруднення атмосферного повітря викидами від будівельної техніки;
- фрагментація природного ландшафту та руйнування складових елементів екомережі.

2. На стадії експлуатації ВЕС:

- підвищення рівня шуму (внаслідок руху лопатей та генератора, роботи інверторних та трансформаторних підстанцій);
- електромагнітне випромінювання;
- блимання тіні та блиск лопатей вітрових установок і сонячних панелей;
- загибель птахів від башти і ротора ВЕС (внаслідок зіткнення з вітроустановкою);
- комплекс факторів, що призводить до загибелі кажанів;
- вібрація та її вплив на ґрунтову фауну, що опосередковано може впливати також на рослинність та якість ґрунтів;
- затінення природної ділянки та сприяння трансформації рослинності;

Не досліджені впливи становлять додатковий непрямий вплив, що проявиться з часом в зміні екосистем та руйнуванні біорізноманіття. Такий вплив може проявлятися у наступних факторах:

- зміна характеру вітряних потоків знижує ефективність поширення пилку та напрямки його руху (70 % маси степових рослин у типових угрупованнях – вітрозапильні);

- ВЕС впливає на запилювачів, зміна складу яких також впливає на склад флори, хоча і домінують вітрозапильні види (злаки);
- вітряки ставлять по краях балок, або на підвищеннях рельєфу. Саме тут є найбільше різноманіття флори і концентрація рідкісних видів. Особливо вразливі до зміни вітрових потоків приморські екосистеми. Врешті відбувається генетична парцеляція степів;
- вібрація і ультразвук впливають на ґрунтову фауну, структуру ґрунту та процеси ерозії, особливо по краях балок, де формується зона активної ерозії.

Одним із важливих аспектів шкоди, яка наноситься будівництвом ВЕС ґрунтовому покриву, є прокладання комунікацій, які закопуються під землю на глибину 1,2–1,5 метри. При цьому для комунікацій не виділяють земельних ділянок, і роботи на них вважаються тимчасовими. Коли прокладання комунікацій відбувається на орних землях, після заривання траншей ділянка набуває вихідного вигляду. Проте, на степових ділянках руйнування структури ґрунту та степової дернини стає причиною ерозійних процесів, утворює осередки поширення інвазійних (в тому числі карантинних) видів рослин, а також стає причиною руйнування візуального образу ландшафту і викликає перешкоди для тварин, які ще потребують вивчення.

Серед об'єктів відновлюваної енергетики Львівської області в дослідженні [Лопушанська та інші, 2024] визначено, що найбільша частка припадає на мілітарні впливи, зокрема для об'єктів сонячної енергетики – 86–94 бали, що становить 44–45 % від загального впливу проекту, для об'єктів вітроенергетики – 83–93 бали (38 %), а для об'єктів малої гідроенергетики – 94 бали (31 %). Можливий мілітарний вплив на об'єкти сонячної енергетики зумовлений значними розмірами електростанцій, що робить їх вразливішими до військових атак.

ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до статті 11 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» експлуатація альтернативних джерел енергії на об'єктах альтернативної енергетики провадиться за умов: 1. безпечного проведення робіт, здійснення державного нагляду за режимами споживання енергії; 2. енергетичної безпеки, що гарантує технічне та економічне задоволення періодичних, поточних і перспективних потреб споживачів енергії; 3. виконання технологічних вимог щодо виробництва, акумулювання, передачі, постачання та споживання енергії; 4. додержання єдиних державних норм, правил і стандартів усіма суб'єктами відносин; 5. додержання правил експлуатації об'єктів альтернативної енергетики, що регламентуються нормативно-правовими актами, обов'язковими для виконання всіма суб'єктами підприємницької діяльності. Стаття 12 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» протиаварійний захист та забезпечення екологічної безпеки при використанні альтернативних джерел енергії здійснюються шляхом: 1. запобігання аварійним ситуаціям і ліквідації їх наслідків на об'єктах альтернативної енергетики за рахунок додержання вимог та правил, встановлених відповідно до державних стандартів; 2. створення умов для розвитку, підвищення технічного рівня, безпечної експлуатації та охорони об'єктів альтернативної енергетики згідно із законодавством; 3. підтримки необхідного балансу потужності та якості енергії, виробленої з альтернативних джерел, для забезпечення надійного і безаварійного функціонування з об'єднаною енергетичною системою України; 4. здійснення нагляду за впровадженням нових систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики, а також засобів зв'язку і диспетчерського (оперативнотехнологічного) управління з енергетичними мережами України; 5. здійснення нагляду за експлуатацією систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики від несанкціонованого втручання.

Для забезпечення безпечних умов перебування та роботи на об'єктах генерування електричної та теплової енергії необхідно суворо дотримуватись затверджених на даному підприємстві норм та правил поведінки. Процеси отримання електроенергії при допомозі сонячних та вітроенергетичних установок пов'язані з небезпекою ураження електричним струмом та травмування від руху механічної частин пристроїв і механізмів. Також небезпечними можуть бути прояви погоди – обледеніння конструкцій, зсуви снігових мас тощо. При низьких температурах необхідно вжити заходів проти обмерзання, яке може збільшити масу лопатей вітрової установки або сонячного колектора/фотополімерної панелі і знизити ефективність роботи вітрогенератора або привести до його руйнування, падіння льоду тощо. Для експлуатації при низьких температурах частини вітрогенератора повинні бути виготовлені зі спеціальних морозостійких матеріалів. Від ударів блискавок має бути передбачено грозовий захист - на спеціальній щоглі або на гондолі вітрогенератора встановлюють спеціальний загострений штир-блискавковідвід, а також влаштовують згідно стандартів і нормативів заземлення. На сучасних вітрогенераторах встановлюються системи пожежогасіння. Для всіх установок дотримуються загальноприйнятих норм гранично дозволеного рівня шуму, згідно Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови (наказ МОЗ від 22.02.2019 р. № 463). Для прилеглих територіях до житлових будинків він становить вдень – до 70 дБА, вночі – до 60 дБА.

Державний нагляд у сфері альтернативних джерел енергії здійснює спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у відповідній сфері та інші органи у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі приведено аналіз розвитку відновлювальної енергетики з позицій землеустрою, описано особливості використання земельних ресурсів під проекти відновлюваної енергетики. Дано опис діючих на рівнях держави, області та громад програм розвитку відновлювальної енергетики. Дано методику геоінформаційного оцінювання потенціалу територій щодо добування енергії з відновлюваних джерел вітру та сонця. На основі цих методик виконані розрахунки потенціалу території Новояричівської ОТГ і побудовано відповідні карти. Встановлено, що середня приведена швидкість вітру на висоті 100м суттєво відрізняється в південній та північній частинах території ОТГ приблизно по лінії сіл Руданці-Дідилів-Убині. В південній частині території ОТГ середня річна приведена швидкість вітру на висоті 100м становить 6,16 - 6,85 м/с. Натомість в північній частині - від 6,8 до 7,43 м/с. Ці величини вказують, що при наявних швидкостях вітру очікувана продуктивність і окупність ВЕУ мегаватного класу може бути не достатніми для прийняття інвестиційного рішення. Таку оцінку підтверджує також створена карта величини середньої щільності енергії вітрового потоку – в північній частині території ОТГ цей показник коливається від 360 до 376 В/м² а на менш придатній південній частині - від 262 до 340 В/м². Максимально придатним для встановлення вітрової електростанції є район сіл Банюнин, Соколя, Великосілки. Більш привабливою для розвитку відновлюваної енергетики на території ОТГ може бути сонячна енергія. Розрахована нами питома фотоелектричну вихідну потужність складає від 3.09-3.14 кВт/год/м², і дещо перевищує середні значення по Львівській області. Для точкового розрахунку вибрано ділянка в с.Борщовичі, для якої сумарна сонячна радіація оцінюється в 1147 кВт год/м² на рік, а оптимальним нахилом сонячної панелі є 37° при строгому орієнтуванні на південь. У випадку розміщення сонячної дахової електростанції на будівлі Борщовицької ЗОСШ потенціал вироблення електроенергії PV-панелями складає 1.056 Мвт год/м² на рік.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с. <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/atlas.pdf>
2. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
3. Вітряні або сонячні електростанції? Особливості використання землі під проекти. ЕДС Інжиніринг <https://eds-development.com/vitryani-abo-sonyachni-elektrostantsii-osoblivosti-vikoristannya-zemli-pid-proekti/>
4. Геоінформаційна система енергоефективності громади/
<https://magneticonemt.com/gis-energoefektyvnosti-hromady/>
5. Глобальний атлас сонячної і вітрової енергії.
6. Дорожня карта реалізації Закону України «Про управління відходами»: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» (м. Київ, 24–25 листопада 2022 р.). – К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2022. – 248 с.
7. Дорожня карта розвитку відновлювальних джерел енергії в Україні 2030 року (REMAP 2030. Renewable Prospects for Ukraine), 2015.
<http://www.uwea.com.ua>
8. Інструментарій місцевого економічного розвитку: теорія, методологія, практика: монографія / [Ковальов А. І., Корольова Т. С., Сментина Н. В., Павлова Т. В., Карпов В. А., Фіалковська А. А., Котова І. М.]; за заг. ред. А. І. Ковальова. – Київ: ФОП Гуляєва В. М., 2021. – 413 с.
9. Кереуш Дар"я Іванівна. Методологія ефективного використання земельних ресурсів для розвитку сонячної енергетики на основі дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 Архітектура та будівництво за спеціальністю 193 Геодезія та землеустрій. – Львів, 2019

10. Кіреєва І. С. та інші. Розвиток вітроенергетики та гігієнічні проблеми щодо розміщення, будівництва та експлуатації вітрових електростанцій в Україні // Гігієна населених місць. – 2012. – № 59. – С. 3–13.
11. Колб І. ГІС-технології в аналізі проектів розвитку вітрової енергетики на Прикарпатті. *ISTCGCAP*. 2014; Випуск 80, Номер 80: стор. 79-90.
12. Комплексна програма підвищення енергоефективності, енергозбереження та розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області на 2021 – 2025 роки. Затверджена рішенням Львівської обласної ради від 18.02.2021 № 62 (із змінами).
13. Конеченков А., 2024. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Проект Центра Разумкова з Фондом Ганнса Зайделя «Декарбонізація енергетики України».: https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny#_ftn9
14. Лопушанська М.Р., Іванов Є.А., Вишва А.М., Циганок Л.В. Методика оцінки впливу на довкілля для об'єктів відновлюваної енергетики (на прикладі об'єктів вітрової енергетики у Львівській області). *Екологічні науки*. 2024. № 1 (52). Т. 1. С. 126–133.
15. Переваги «зеленого» енергетичного курсу для громад. Розробник: Громадська організація «Агентство з відновлюваної енергетики» Авторський колектив: Тетяна Железна, Семен Драгнєв, Анатолій Баштовий, Анна Пастух, Володимир Крамар Рецензент: Георгій Гелетуха <https://rea.org.ua/wp-content/uploads/2021/09/eu4u-zelenkurs.pdf>
16. Програма картографування відновлюваних джерел енергії (REMAP). http://www.esmap.org/RE_Resource_Mapping.
17. Сила вітру Львівської області.[web-сайт]. – Режим доступу: <http://ecost.lviv.ua/ua/grafic/lviv.html>
18. Сментина Н. В., Фіалковська А. А. Планування «зеленого» розвитку економіки об'єднаних територіальних громад. *Економічні інновації*. 2019.

Т. 21. № 2 (71). С. 130–138. URL: <http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/11744>

19. Стратегія розвитку Новояричівської селищної територіальної громади до 2027 року. Затверджено рішенням селищної ради №4696 від 16 листопада 2023 року
20. Стратегія розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 липня 2024 р. № 713-р.
21. Hofierka, J., Suri, M. (2002): The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications. International GRASS users conference in Trento, Italy, September 2002. ([PDF](#))
22. Lopez A., Roberts B., Heimiller D., Blair N., Porro G.. U.S. Renewable Energy Technical Potentials: A GIS-Based Analysis. Technical Report. July 2012, [web-сайт]. – Режим доступу: <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51946.pdf>
23. Renewable energy resources: methods of assessment and mapping : collective monograph / S.V. Kiseleva, Yu.Yu. Rafikova, T.I. Andreenko, B.A. Novakovsky, A.I. Prasolova – М. : Science, 2019. – 194 p.
24. Saaty, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process /T. L. Saaty, // International journal of services sciences, 2008, 1(1), – Pages 83-98.
25. Soliman, Kh. & Burlov, V.G. (2022). An assessment of solar farm sites via multi-criteria and hierarchy analysis methods based on geographic information systems. International Research Journal, 2 (116). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.017>. Published: 2022/02/17