

Форма № ДН-8.06.2

ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет «Гірничий»

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра «Геотехнічна інженерія»

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

/Альохін В.І./

“ ” 2023 року

Випускна кваліфікаційна робота

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Перспективи використання деградованих земельних ділянок шахт
Донецької області, відведених для потреб
надрокористування»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ГКЗм-22

напряму підготовки (спеціальності) 193 «Геодезія та землеустрій»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Титаренко Анна Максимівна

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник доц. каф. ГТІ, к.т.н., доц. Сахно С.В.

(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент доц. каф. РРКК, к.т.н., доц. Мерзлікін А.В.

(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

*Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.*

Студентка Титаренко А.М.

(підпис)

Луцьк – 2023 р.

ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»

Факультет ГірничийКафедра Геотехнічна інженеріяОсвітньо-кваліфікаційний рівень (освітній ступінь) магістрНапрямок підготовки (спеціальність) 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

/Альохін В.І./

“ ” 2023 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРУ**Титаренко Анні Максимівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Перспективи використання деградованих земельних ділянок шахт Донецької області, відведених для потреб надрокористування

керівник роботи Сахно Світлана Володимирівна, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом № 479 від “ 22 ” 09 2023 року

2. Строк подання студентом роботи 11 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи матеріали, зібрані відповідно до завдання під час проходження переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Аналіз нормативно-правової бази використання земельних ділянок; характеристика земельних ділянок териконів шахт Донецької області; аналіз літератури; рекомендації щодо альтернативного використання земельних ділянок закритих вугільних шахт; охорона праці та техніка безпеки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): плани земельних ділянок промайданчиків шахт; карти териконів вугільних шахт; схеми сонячних ферм, таблиці, схеми, фото за змістом роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	доц. Сахно С.В.		
5	проф. Альохін В.І.		

7. Дата видачі завдання 05 жовтня 2023 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ n/n	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	При- мітка
1	Нормативно-правові аспекти землекористування земель промисловості.	05.10.2023	
2	Огляд літературних джерел щодо відомих напрямків використання деградованих земель.	20.10.2023	
3	Аналіз деградованих територій вугільних шахт, які можуть бути комерційно використані.	03.11.2023	
4	Рекомендації перспективного використання деградованих земельних ділянок шахт, відведених для потреб надрокористування.	18.11.2023	
5	Охорона праці і техніка безпеки при топографо-геодезичних роботах.	01.12.2023	
6	Оформлення роботи і підготовка до захисту	07.12.2023	

Студентка

_____ Титаренко А.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Сахно С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Титаренко А.М. Перспективи використання деградованих земельних ділянок шахт Донецької області, відведених для потреб надрокористування / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій». – ДВНЗ ДонНТУ, Луцьк, 2023.

Магістерська робота присвячена вирішенню актуального питання розробки способу ефективного використання деградованих земельних ділянок породних відвалів закритих вугільних шахт Донецької області.

В магістерській роботі проведено оцінку площ породних відвалів закритих вугільних шахт Донецької області. На основі аналізу карт було визначено можливі резерви використання ділянок цих підприємств.

Аналіз напрямків використання деградованих територій в світі дозволив знайти новий тренд у їх використанні. Сутність його у використанні деградованих земель в якості об'єктів генерації «зеленої» сонячної енергії. Ідея магістерської роботи полягає у використанні площ «плато» породних відвалів закритих шахт в якості територій для сонячних електростанцій.

Були запропоновані варіанти оснащення на території породних відвалів сонячних електростанцій на прикладі терикону шахти Центральна ДП «Мирноградвугілля». Визначено параметри фотоелектричної системи: кут нахилу модулів 30 градусів, відстань міжряддя 6,6 м.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що найбільш ефективним варіантом є використанням фотоелектричного модуля Jinkosolar JKM 305PP-72-DV у поєднанні з однією системою зберігання енергії постійного струму (ESS) Eos Aurora 2.0.

Розроблено порядок дій в галузі землевпорядкування для забезпечення реалізації такого варіанту використання земельних ділянок. Наведені заходи з охорони праці.

Ключові слова: сонячні електростанції, землекористування, генерація «зеленої» енергії, земельні ділянки, деградовані землі.

ABSTRACT

Tytarenko A.M. Prospects for the use of degraded land plots of mines in the Donetsk region, allocated for the needs of subsoil use / Graduation qualifying work for obtaining an educational degree «Master» specialty 193 "Geodesy and land management". – SHEI DonNTU, Luts'k, 2023.

The master's thesis is devoted to solving the urgent issue of developing a method of effective use degraded land plots of waste rock dumps closed coal mines in the Donetsk region.

In the master's work, an assessment of the areas waste rock dumps of closed coal mines in the Donetsk region was carried out. Based on the analysis of the maps, possible reserves for the use of the plots these enterprises were determined.

Analysis the directions of use degraded territories in the world allowed to find a new trend in their use. Its essence lies in the use of degraded lands as facilities for the generation of "green" solar energy. The idea of the master's thesis is to use the "plateau" areas of rock dumps closed mines as areas for solar power plants.

Options for equipment on the territory of rock dumps solar power plants were proposed, using the example of the tericon the mine of the Central State Enterprise "Myrnogradvugillia". The parameters of the photovoltaic system were determined: the angle inclination of the modules is 30 degrees, the distance between the rows is 6.6 m. The most efficient option is the use of a Jinkosolar JKM 305PP-72-DV photovoltaic module in combination with one Eos Aurora 2.0 direct current energy storage system (ESS).

Procedures in the field of land management have been developed to ensure the implementation such a variant of the use land plots. Labor protection measures are given.

Key words: solar farm, land use, generation of "green" energy, land plots,

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЗЕМЕЛЬ ПРОМИСЛОВОСТІ	10
1.1. Огляд законодавчих актів, які регламентують правові відносини користування землями промисловості	10
1.2. Вимоги законодавства України щодо використання породних відвалів	20
2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ВІДОМИХ НАПРЯМКІВ ВИКОРИСТАННЯ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ	24
2.1. Загальні положення	24
2.2. Рекультивация деградованих територій	25
2.3. Використання породних відвалів	34
2.4. Використання підземних просторів шахт	38
2.5. Solar farm на деградованих територіях	43
2.6. Висновок	46
3. АНАЛІЗ ДЕГРАДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ, ЯКІ МОЖУТЬ БУТИ КОМЕРЦІЙНО ВИКОРИСТАНІ	48
3.1. Аналіз деградованих територій шахт	48
3.2. Аналіз площ териконів Донецької області	50
3.3. Розробка проекту монтажу solar farm	53
4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ПЕРСПЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ШАХТ, ВІДВЕДЕНИХ ДЛЯ ПОТРЕБ НАДРОКОРИСТУВАННЯ	55
4.1. Загальні відомості, щодо передпроектних робіт	55
4.2. Сонячні електростанції (Solar Parks and Solar Farms)	56

4.3. Сонячний ресурс	58
4.4. Прогноз виходу енергії	60
4.5. Проектування системи	61
4.5.1. Метеорологічні дані	61
4.5.2. PVsyst і Sketchup	62
4.6. Оптимізація компонентів проєкту	64
4.7. Калькуляція витрат	66
4.8. Представлення даних	67
4.8.1. Розташування та орієнтація	67
4.8.2. Оптимальний кут нахилу	71
4.8.3. Мінімальна відстань між масивами	71
4.9. Капітальні витрати	74
4.9.1. Витрати на фотоелектричну систему	74
4.9.2. Витрати на систему зберігання енергії (ESS)	77
4.10. Вартість електроенергії	79
4.11. Обговорення економічного аналізу	80
4.12. Висновок	83
5. ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБОТАХ	88
ВИСНОВКИ	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	99

ВСТУП

Донецька область довгий час була основною базою (96%) постачання енергетичного вугілля на ТЕС України, які виробляли більшу частину електричної енергії. До останнього часу вугілля було джерелом виробництва 26-27 % світової електричної енергії. Внаслідок військових дій 2014-2023 років кількість вугільних шахт в країні скорочена на 90%, а 7 підприємств з 29 знаходяться на стадії закриття. Переважно це шахти Донецької області.

Після закриття вуглевидобувних підприємств на землях ведення господарської діяльності залишаються деградовані території – відстійники, хвостосховища, території промислових площадок шахт, системи гірничих виробок і т. ін. На відміну від порушених земель кар'єрів земельні ділянки шахт важко піддавати рекультивації, для можливого подальшого використання їх для ведення сільського господарства або ж до етапу екологічного відновлення територій. Наприклад, це землі під під'їзними дорогами, промисловими площадками, відвалами пустої породи тощо. Відвали породи є об'єктом дослідження цієї магістерської роботи.

Аналіз сучасних напрямків використання деградованих територій дозволив знайти новий напрямок їх використання. Цікавий кейс був реалізований у Південній Македонії. Сутність його у використанні земель закритих гірничих підприємств, в якості об'єктів генерації зеленої енергії. Цей кейс був взятий в якості основної ідеї магістерської роботи. Для реалізації наведеної ідеї серед низки проблем, які треба вирішити: слід змінити категорії призначення земельних ділянок, що відведені підприємствам для ведення господарської діяльності.

У зв'язку з цим метою магістерської роботи є розробка способу ефективного використання деградованих земельних ділянок породних відвалів закритих шахт Донецької області.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

1) Провести аналіз нормативно-правової бази використання земельних ділянок гірничих підприємств, в тому числі породних відвалів.

2) Оцінити площі заняті породними відвалами закритих шахт Донецької області.

3) Виконати аналіз літературних джерел щодо відновлення деградованих територій і їх використання.

4) Розробити спосіб використання земельних ділянок породних відвалів закритих шахт Донецької області і провести оцінку його ефективності.

Методи дослідження.

Під час проведення огляду літератури і інтернет-ресурсів використовувались такі методи: пошуковий аналіз, узагальнення, синтез. При критичній оцінці варіантів використовувались метод індукції, метод узагальнення. При проведенні розрахунків використовувались методи техніко-економічної оцінки, інженерно-технічних розрахунків.

Структура та обсяг роботи.

Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел з 85 найменувань; містить 86 сторінок основного тексту, 24 рисунка, 7 таблиць; загальний обсяг роботи складає 107 сторінок.

1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЗЕМЕЛЬ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1. Огляд законодавчих актів, які регламентують правові відносини користування землями промисловості

Під поняттям «ділянка надр» розуміють об'єкт гірничих відносин згідно Кодекса України «Про надра» (далі - Кодекс) [1], основного законодавчого акту, на основі якого відбувається регулювання комплексного і раціонального використання надр, здійснюється їх охорона; а також забезпечується безпека людей, майна і навколишнього середовища під час користування надрами. Згідно Кодексу, під поняттям «надра» розуміють частину земної кори, розташовану під поверхнею суші та дном водоймищ, що простягається до глибин земної кори, які є доступними для їх геологічного вивчення та подальшого видобутку [1].

До техногенних родовищ корисних копалин, за Кодексом, відносять місця накопичення відходів «видобутку, збагачення та переробки мінеральної сировини, запаси яких оцінені і мають промислове значення». Всі родовища корисних копалин, як природні так і техногенні, запаси яких були віднесені до промислових, являють собою Державний фонд родовищ корисних копалин [1].

Згідно Кодексу корисні копалини поділяються за значенням на: корисні копалини загальнодержавного і місцевого значення. Приналежність корисних копалин до певного рівня за значенням здійснюється Кабміном України згідно подання центрального органу виконавчої влади. Це забезпечує державну політику по охороні навколишнього середовища [1].

Відповідно до Кодексу розподіл за видами користування надрами здійснюється для їх геологічного вивчення, промислово-дослідної розробки, з подальшим видобутком корисних копалин; безпосередньо

руд, які не пов'язані з видобутком корисних копалин у т. ч. споруд для зберігання нафти, газу та ін. речовин і матеріалів за переліком Кабміну України, утилізація виробничих відходів, скид стічних вод, отримання теплової енергії надр, «експлуатації підземних споруд, пов'язаної із запобіганням підтопленню навколишнього середовища внаслідок закриття шахт; створення геологічних територій та об'єктів, які представляють наукове, культурне, санітарно-оздоровче значення (наукові полігони, геологічні заповідники, заказники, пам'ятки природи, лікувальні, оздоровчі заклади); виконання робіт, передбачених угодою про розподіл продукції» [1].

До користувачів надр згідно Кодексу відносять підприємства, організації та установи, а також громадяни України іноземці та особи без громадянства, іноземні юридичні особи [1].

Відповідно до Кодексу «надра надаються у строкове платне користування» на певний термін:

- 3-20 років - для геологічного вивчення і промислово-дослідної розробки корисних копалин з подальшим видобутком родовищ корисних копалин, будівництво та експлуатацію підземних споруд, що не пов'язані з видобутком корисної копалини, утилізація відходів виробництва, скиду стічних вод, отримання теплової енергії надр, експлуатацію підземних споруд, щоб запобігти підтопленню навколишнього природного середовища після закриття вугільних підприємств [1];

- 3-50 років - для створення територій і об'єктів, важливого наукового, санітарно-оздоровчого та культурного значення (полігони наукові, геологічні заказники та заповідники, пам'ятки природи, лікувальні та оздоровчі заклади) (виключення складають нафтогазоносні надра) [1].

Якщо використання надр потребує впровадження екологічної діяльності, яка регламентована Законом України "Про оцінку впливу на довкілля", їх використання відбувається через надання їх в експлуатацію

Такі земельні ділянки треба обов'язково оцінювати з позиції впливу на довкілля і додатково затверджувати проектну документацію про необхідність подальшої рекультивациі земельної ділянки згідно законодавству [1].

Спецдозвіл на використання надр, згідно Кодексу України про надра, дається в результаті проведення аукціону, або, якщо є відповідні підстави, без аукціону. Спецдозвіл на видобуток корисних копалин надається після проведення відповідної експертизи, оцінки розвіданих запасів корисних копалин згідно законодавству, проведення апробування прогнозних ресурсів Державною комісією України по запасах корисних копалин [1].

Невід'ємною частиною щодо спецдозволу на користування надрами є угода про умови використання надр. В ній повинна бути характеристика ділянки надр, а також програма робіт, описані умови користування надрами, в яких містяться:

- 1) вимоги, які висуваються до ефективності виконуваних робіт [1];
- 2) новітні технології видобутку і переробки корисної копалини [1];
- 3) послідовність видобутку корисних копалин, з метою збереження навколишнього середовища, забезпечення безпеки територій забудов [1];
- 4) види та обсяги основних видів робіт, економічні розрахунки строків виконання робіт на ділянці надр (враховуючи геологічні особливості) [1];
- 5) обґрунтовані підстави за яких передбачене припинення діяльності, пов'язаної з надрокористуванням [1].

Спецдозвіл на надрокористування, угода з додатками про умови надрокористування повинні бути занесені до Держреєстру спеціальних дозволів на надрокористування не пізніше ніж 5-ть робочих днів після підписання заявником угоди та сплати ним збору (якщо такий збір передбачений відповідними статтями Кодексу) [1].

Продовжити строк дії спецдозволу на надрокористування можна тільки за відсутності порушень користувачем надр умов, які висуваються до надрокористувачів. Вони передбачені спецдозволом на надрокористування,

згідно результатів останнього держнагляду (держконтролю), якщо інформація про відповідні порушення буде відсутньою або ж якщо такий держнагляд не був проведений, або наявна інформація про усунення користувачем надр відповідних порушень [1].

Строк спецдозволу на користування надрами може бути продовжений на основі поданої не пізніше аніж за 3 місяці (до дати закінчення заяви) дозволу, з рядом додаткової документації, згідно Кодексу, для отримання дозволу на надрокористування без проведення аукціону. Заява, яка подана на продовження строку дії спецдозволу, повинна бути розглянута в строки та за порядком, відповідно до Кодексу. Після розгляду заяви дозвільний орган вирішує питання про відмову або продовження строку дії спецдозволу на надрокористування, згідно Кодексу. За позитивного рішення інформація про це вноситься до Держреєстру спецдозволів на надрокористування протягом 5-ти робочих днів після підписання такої угоди. Треба зазначити, що строк на який продовжується дії спецдозволу на користування надрами може бути більшим за строк, на який він був наданий раніше [1].

Родовища корисних копалин (як природні, так і техногенні), рудопрояви і запаси корисних копалин обов'язково повинні бути обліковані у держкадастрі родовищ, рудопроявів і запасів корисних копалин, а також у держбалансі запасів корисних копалин відповідно до вимог Кодексу; і інформація про це має розміщуватися на Державному геологічному веб-порталі [1].

Державний контроль використання та охорони земельних ділянок, згідно Земельного Кодексу України (далі - ЗК), який здійснюється за порядком, встановленим на законодавчому рівні і полягає у забезпеченні дотримання органами держави, органами місцевого самоврядування, підприємствами, організаціями, громадянами та установами земельного законодавства України [2].

Коли відбувається доробка запасів корисних копалин чи коли за

або неможливість подальшої розробки родовищ, об'єкти гірничого виробництва підлягають консервації. Тоді гірничі виробки і свердловини переводять у стан, що забезпечить безпеку людей, майна і природнього середовища; а консервація буде гарантувати збереження родовищ корисних копалин, гірничих виробок, свердловин на строк консервації. У випадку, коли передбачена ліквідація об'єктів гірничого виробництва гірничі виробки і свердловини можуть використовуватися для альтернативних цілей щодо суспільного виробництва [1].

Щодо об'єктів, межуючих з об'єктами гірничого виробництва, які заплановані до ліквідації або консервації, необхідно провести заходи, які забезпечать безпеку гірничих робіт. Як ліквідація, так і консервація об'єктів гірничого виробництва або ділянок цих об'єктів, здійснюються тільки за погодженням з центральним органом виконавчої влади та рядом іншими органів за порядком, який встановлений відповідним центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування державної політики у сфері гірничого нагляду та безпеки промисловості [1].

Відповідно до Кодексу, заборонено будувати і проектувати населені пункти, промкомплекси та ін. об'єкти без вивчення геологічної будови ділянок надр, на яких планується забудова. Площі залягання корисних копалин, які віднесені до загальнодержавного рівня, можуть підлягати забудові спорудами, які не пов'язані за призначенням з діяльністю видобувного підприємства, лише у випадках здійснення погодження з «центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр; центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці». Послідовність забудови площ залягання корисних копалин, віднесених до загальнодержавного рівня, встановлюється Кабміном України [1].

Відповідно до ЗК України землями України вважаються усі землі, які

об'єктами. За цільовим призначенням землі України поділяються на категорій [2].

Відведені для надрокористування земельні ділянки, відносять до категорії земель промисловості, зв'язку, транспорту, енергетики та іншого призначення, згідно якого і встановлюється напрям і правовий режим їх використання. Земельні ділянки, якщо є така необхідність, можуть переводитись у вищезгадану категорію в порядку зміни цільового призначення. За наявності спецдозволу на надрокористування, можливе отримання у використання або, навіть, власність земельної ділянки, суб'єкту господарювання, для потреб надрокористування, і відбувається це на умовах та згідно порядку, щодо Кодексу України про надра та ЗК України [1, 2].

Зміна цільового призначення земельної ділянки, яка належить до державної або комунальної власності, яка була надана у надрокористування без земельних торгів під певні види діяльності, не повинна приводити до провадження будь-яких інших видів діяльності на ділянці. Вид і категорія цільового призначення земельної ділянки, до якої віднесена ділянка, визначаються відповідно до виду функціонального призначення території, на якій вона розташована, «передбаченого затвердженим комплексним планом просторового розвитку території територіальної громади або генпланом населеного пункту» [2].

Землями енергетичної системи визнаються землі, надані під електрогенеруючі об'єкти (атомні, теплові, гідроелектростанції, електростанції з використанням енергії вітру і сонця та інших джерел), під об'єкти транспортування електроенергії до користувача, крім визначених законом випадків розміщення таких об'єктів на землях іншого цільового призначення [2].

Уздовж повітряних і підземних кабельних ліній електропередачі встановлюються охоронні зони [2].

Згідно ЗК України «техногенно забрудненими землями» називають «землі, забруднені внаслідок господарської діяльності людини, що призвела до деградації земель та її негативного впливу на довкілля і здоров'я людей». Техногенно забрудненими землями називають землі, які є радіаційно забрудненими та небезпечними, забруднені важкими металами, іншими хімічними елементами. Використовуючи техногенно забруднені землі потрібно враховувати особливості режиму і порядку використання техногенно забруднених земельних ділянок, згідно законодавства України [2].

«Зміна цільового призначення земельної ділянки допускається тільки за умови дотримання правил співвідношення між новим видом цільового призначення земельної ділянки та видом функціонального призначення території, визначеного відповідною містобудівною документацією на місцевому рівні». Класифікатор визначення видів цільового призначення земельних ділянок, згідно видів функціонального призначення територій, а також співвідношення між ними, правила застосування класифікатора, яким визначаються категорії земельних ділянок із зазначенням видів їх цільового призначення і можливістю їх встановлення в границях функціональної зони, затверджуються Кабміном України [3, 5]. Згідно класифікатора землі промисловості, зв'язку, транспорту, оборони, енергетики та іншого призначення віднесені до секції J, землі промисловості – розділ 11 «землі, надані для розміщення та експлуатації основних, підсобних і допоміжних будівель та споруд промислових, гірничодобувних, транспортних та інших підприємств, їх під'їзних шляхів, інженерних мереж, адміністративно-побутових будівель, інших споруд». До секції J розділ 14 відне-

розміщення, будівництва і експлуатації та обслуговування об'єктів енергогенеруючих підприємств, установ і організацій (атомні, теплові, гідро- та гідроакумуючі електростанції, теплоелектроцентралі, котельні), об'єктів альтернативної енергетики (електростанції з використанням енергії вітру, сонця та інших джерел), об'єктів передачі електричної та теплової енергії (повітряні та кабельні лінії електропередачі, трансформаторні підстанції, розподільні пункти та пристрої, теплові мережі), виробничих об'єктів, необхідних для експлуатації об'єктів енергетики, в тому числі баз та пунктів)» [5].

Інформацію про категорію та цільове призначення, або зміну категорії і призначення, земельної ділянки вносять до бази Державного земельного кадастру [3]. Держреєстрація речових прав на земельні ділянки здійснюється тільки після держреєстрації земельних ділянок у Державному земельному кадастрі. Земельна ділянка вважається сформованою з моменту присвоєння їй кадастрового номера [2].

При зміні категорії і цільового призначення земельної ділянки розробка додаткової землевпорядної документації не потрібна, як і прийняття рішень органами виконавчої влади та місцевого самоврядування [3].

Щодо наслідків порушення порядку встановлення і зміни цільового призначення земельних ділянок, а також згідно ЗК України є: визнання недійсними рішень прийнятих органами державної влади, місцевого самоврядування про надання (передачу) земельних ділянок громадянам або юридичним особам; визнання недійсними угод стосовно земель; відмови в держреєстрації земельних ділянок (визнання реєстрації недійсною); притягнення до відповідальності громадян та юридичних осіб, які порушили порядок встановлення та зміни цільового призначення земель [3].

Землі промисловості, тобто землі, призначені для розміщення, експлуатації різних за своїм призначенням будівель та споруд промис-

мереж, адміністративно-побутових будівель, можуть перебувати у державній, приватній або комунальній власності [3].

Надані для промислових цілей земельні ділянки та їх розміри визначаються відповідно до проектної документації та затверджених в установленому порядку державних норм. Відведення в користування земельних ділянок відбувається в порядку черговості їх освоєння. Надані для потреб надрокористування земельні ділянки набувають категорії після оформлення в чітко визначеному порядку прав користування надрами [3].

За наявності спецдозволів земельні ділянки будь-яких форм власності та категорій можуть надаватися в користування власникам, якщо ці дозволи передбачають геологічне вивчення ділянки загальнодержавного або місцевого значення; дозволи на видобуток корисних копалин відповідного рівня шляхом встановлення земельних сервітутів в межах ділянок надр та строків дії спецдозволів на надрокористування; поза межами вищезгаданих земельних ділянок надр для цілей будівництва споруд для відповідних видів діяльності. Передбачається автоматичне продовження строку дії земельного сервітуту, якщо продовжується строк дії відповідного спецдозволу на надрокористування. Встановлення земельних сервітутів здійснюється без зміни цільового призначення земельних ділянок [3].

В разі зміни цільового призначення земельної ділянки відбувається також зміна категорії земель та/або вид її цільового призначення [6].

При встановлення або зміні цільового призначення земельної ділянки і додаванні відомостей до Державного земельного кадастру про належність цієї ділянки до відповідної функціональної зони відповідне визначення здійснюється за даними Державного земельного кадастру [6].

Допускається зміна цільового призначення земельної ділянки тільки за виконання умови співвідношення між новим видом призначення земельної ділянки та функціональним видом призначення території, який

Земельний сервітут наданий на ділянку надр, яка використовується для потреб надрокористування, встановлюється для прокладення, використання та переміщення підземних комунікацій, тунелів, вент. стовбурів, меліоративних систем, об'єктів інженерної інфраструктури, трубопровідного транспорту та ін. споруд. На ділянку надр можуть встановлюватися і інші види земельних сервітутів, які передбачені відповідним законодавством [1].

Дія земельного сервітуту може бути припинена у випадку: відмови від земельного сервітуту особи, для якої був встановлений цей сервітут; припинення обставин встановлення сервітуту; відповідного рішення суду про скасування земельного сервітуту; припинення строку встановлення земельного сервітуту; якщо земельний сервітут був невикористаний на протязі 3-х років; порушення умов користування земельним сервітутом [1].

Дія земельного сервітуту, стосовно ділянки надр на яку був встановлений земельний сервітут, може бути припинена в судовому порядку на вимогу користувача надр у випадках: земельний сервітут перешкоджає користувачу надр в повному обсязі користуватися ділянкою надр для потреб надрокористування; існує ймовірність, що земельний сервітут може вплинути на безпеку надр веденням підземних гірничих робіт [1].

Земельні ділянки, які мають перспективні поклади родовищ корисних копалин, і відносяться до земель приватної власності, резервування яких відбувалося у законодавчому порядку, можуть відчужуватися відповідними органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, військово-цивільними адміністраціями для суспільних потреб і надані у власність іншим суб'єктам господарювання, які мають спеціальний дозвіл на користування надрами. Відчуження цих ділянок здійснюється відповідно до

тів нерухомого майна, що на них розміщені, які перебувають у приватній власності, для суспільних потреб чи з мотивів суспільної необхідності» [1].

Спецдозвіл на надрокористування, а також продаж права на надрокористування на аукціоні (за конкурсом), без відповідних конкурентних процедур не надається, якщо земельну ділянку, в межах якої є родовище, яке має перспективні поклади корисних копалин, неможливо надати у власність суб'єкту господарювання або користування вилучивши її з земель державної або комунальної власності, згідно земельного або лісового сервітуту, або якщо з власником земельних ділянок (інших об'єктів нерухомого майна, розміщених на ній), не було укладено попередній договір про викуп земельних ділянок, або об'єктів нерухомого майна, розміщених на ній, для суспільних потреб [1].

Землі, які відносяться до земель державної та комунальної власності для потреб надрокористування можуть передаватися у власність (користування), у т. ч. на умовах сервітуту, згідно з Кодексом України про надра, ЗК України, а також Лісовим кодексом України. Якщо отримання земельної ділянки у користування (власність) потребує розроблення проекту землеустрою, то підставою для отримання дозволу на розробку проекту землеустрою є спецдозвіл на користування надрами [1].

1.2. Вимоги законодавства України щодо використання породних відвалів

Правові акти та вимоги до використання породних відвалів в Україні оновлюються і доповнюються з часом. На даний момент діють наступні правові вимоги:

1. Земельне законодавство, згідно якому використання породних відвалів може підпадати під законодавство про землю, зокрема вимогам

2. Законодавство про охорону навколишнього середовища регулює утилізацію відходів, включаючи породні відвали. Вимоги стосуються екологічної безпеки та відновлення природних ресурсів.

3. Гірничозбагачувальне законодавство визначає умови вилучення корисних компонентів з породних відвалів та регулює їхню обробку.

4. Гірничозбагачувальні вимоги, відповідно до яких, власники гірничих підприємств можуть бути зобов'язані рекультивувати відвали після видобутку корисних копалин.

5. Нормативно-правова база може містити стандарти і норми, які регулюють використання породних відвалів.

6. Ліцензії можуть знадобитися для проведення деяких видів діяльності, пов'язаних з використанням породних відвалів.

В Україні законодавство про охорону навколишнього середовища регулюється рядом законів та нормативних актів. Одним із ключових документів є Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" від 25 червня 1991 року № 1264-XII [7].

В частині, що стосується утилізації відходів, основні положення включають загальні принципи: закон визначає принципи екологічної політики та охорони природи, серед яких важливим є принцип відповідальності за збереження природного середовища та обов'язок здійснювати раціональне використання природних ресурсів. Закон визначає відходи як речовини або предмети, які втратили свою первинну форму та призначення і підлягають утилізації чи нейтралізації [7].

Законом встановлюється обов'язок організацій і громадян використовувати вторинну сировину та виготовляти вироби з вторинної сировини. Щодо ліцензування діяльності, пов'язаної зі знешкодженням відходів, то закон передбачає встановлення ліцензійних вимог для діяльності з утилізації і знешкодження відходів. Закон встановлює відповідальність за забруднення навколишнього середовища, включаючи забруднення в

результаті неналежної утилізації відходів і висуває стандарти якості та вимоги до утилізації виробів із вторинної сировини.

Відповідальність підприємств за порушення Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища" може бути різноманітною включати адміністративну, кримінальну та цивільну відповідальність:

- адміністративна відповідальність. Порушення вимог Закону про охорону навколишнього природного середовища може призвести до адміністративної відповідальності. Підприємство може бути притягнуте до адміністративної відповідальності, яка включає нарахування штрафів, адміністративні санкції та інші заходи [7].

- кримінальна відповідальність. У випадках серйозних порушень, таких як незаконне скидання небезпечних відходів, підприємство може бути притягнуте до кримінальної відповідальності. Це може включати ув'язнення керівників чи власників підприємства, а також нарахування значних штрафів [7].

- цивільна відповідальність. Підприємство може бути позовним до цивільної відповідальності за завдані збитки природному середовищу чи третім особам. Це може включати відшкодування шкоди, пов'язаної з забрудненням чи пошкодженням навколишнього середовища [7].

- забезпечення відновлення природного середовища. Підприємство може бути зобов'язане здійснити заходи для відновлення та реабілітації пошкодженого природного середовища, а також виконати роботи з усунення забруднення [7].

- ліцензування. Ліцензії підприємства на проведення деяких видів господарської діяльності можуть бути скасовані або призупинені внаслідок порушень в області охорони навколишнього природного середовища [7].

Україна має ряд нормативно-правових актів, які регулюють питання землевпорядкування та використання породних відвалів. Зазвичай це включає в себе такі законодавчі та нормативні акти:

- земельний кодекс України встановлює загальні принципи землевпорядкування, використання та захисту земель. Він містить положення, що стосуються раціонального використання породних відвалів та управління ними;

- закон України "Про землевпорядкування" (від 23 липня 1992 року № 2801-XII) визначає основні принципи та порядок землевпорядкування, включаючи регулювання використання земель, в тому числі відходів гірничодобувної промисловості;

- наказ Міністерства екології та природних ресурсів України "Про затвердження методики екологічної оцінки породних відвалів" (від 29 грудня 2012 року № 706) визначає методику екологічної оцінки породних відвалів, яка може використовуватися при їхньому використанні та утилізації;

- наказ Мінекономрозвитку України "Про затвердження Типових положень про оформлення та використання породних відвалів" (від 17 серпня 2018 року № 1057) встановлює загальні вимоги та правила для оформлення та використання породних відвалів;

- закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" (від 25 червня 1991 року № 1264-XII) має положення, які впливають на управління породними відвалами та визначають вимоги до їх використання та обробки з точки зору охорони природи та навколишнього середовища.

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ВІДОМИХ НАПРЯМКІВ ВИКОРИСТАННЯ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

2.1. Загальні положення

Деградовані території шахт - це території, які зазнали втрати природних, екологічних та естетичних характеристик через гірничодобувну діяльність, таку як видобуток корисних копалин, в тому числі вугілля, металів, каменю та інших ресурсів. Деградація може виникати внаслідок видалення рослинності та ґрунтового покриву, змін у гідрогеологічних умовах, викидів забруднюючих речовин та змін у ландшафті.

До основних ознак деградованих територій шахт можна віднести:

- руйнування ландшафту: коли значна частина природного ландшафту може бути зруйнована через видалення ґрунту та породи під час гірничої діяльності;
- зміни у гідрогеологічному режимі: видобуток корисної копалини може призводити до зниження рівня ґрунтових вод або навпаки до затоплення територій, що значно впливає на гідрогеологічний режим;
- забруднення довкілля, а саме забруднення повітря, ґрунту та води внаслідок викидів, відходів та хімічних реакцій, пов'язаних із видобутком та обробкою корисних копалин;
- втрата біорізноманіття: якісні зміни природного середовища, в результаті гірничодобувної діяльності, та пригнічення (зникнення) рослинності призводить до втрати біорізноманіття та зміни природних екосистем;
- зміни в розміщенні підземних вод: видобуток корисної копалини з надр може впливати на розподіл підземних вод та призводити до їхнього забруднення.

Зазвичай проблеми, пов'язані з деградованими територіями шахт

програми спрямовані на відновлення екологічної рівноваги, покращення якості ґрунту та води, відновлення ландшафту, а також на відновлення рослинності та біорізноманіття на деградованих ділянках.

Під деградованими територіями для вугільних шахт ми будемо розуміти порушення земної кори проведенням гірничих виробок, будівництвом поверхневих споруд, шахтних дворів і засмічення породними відвалами, відстійниками і т. ін.

В цій магістерській роботі увага сфокусована не на відновленні земельних ділянок з поверненням їх біорізноманіття, а використання їх з метою отримання прибутку, що є вкрай важливим для країни в умовах військового стану і післявоєнний період відновлення економіки і промисловості.

2.2. Рекультивація деградованих територій

Відстійники, хвостосховища, території самих шахт, які в результаті дії антропогенної діяльності відносяться до деградованих земель, якщо вони підлягають відновленню треба піддавати рекультивації, для можливого подальшого використання їх для ведення сільського господарства або ж до етапу екологічного відновлення територій.

У світі до вищеописаних деградованих ділянок виділяється 6–7 млн. га родючих земель. Ведення гірничодобувної діяльності призводить до порушення не тільки земної поверхні, а і до погіршення гідрологічного та гідрогеологічного режимів територій, які прилягають. В результаті чого відбувається зниження врожайності сільгоспкультур, зниження приросту деревини і т. ін. Саме тому у ряді промислово розвинених країн саме меліорації приділяється найбільше соціально-економічне значення [8].

Рекультивація - це комплекс інженерно-біологічних та ряд інших заходів, які направлені на відновлення продуктивності та господарської

екологічної складової згідно з інтересами населення. Щодо іноземних джерел, під рекультивацією розуміють процес відновлення або надання корисної цінності деградованим земельним ділянкам через моделювання земель та покращення фізико-хімічних властивостей ґрунтів [9-13].

Щоб забезпечити екологічну безпеку промислово розвинені країни почали працювати над зміною законодавства, з метою захисту та відновлення навколишнього природного середовища від наслідків гірничодобувної діяльності. Питанням рекультивації особлива увага приділялася в США, Німеччині, Польщі, Великобританії та інших країнах [14-17].

У кожній країні напрямки рекультивації вибираються у кожному випадку індивідуально, враховуючи всі природні та економічні фактори. У Великобританії, Німеччині, Угорщині використовують сільськогосподарський підхід до рекультивації, у США та Туреччині – лісогосподарській. В США в 1926 р. були проведені вперше роботи по рекультивації в штаті Індіана. В період з 1930 - 1977 роки в США в результаті видобутку вугілля було порушено близько 2,5 млн. га землі. В результаті чого у 1977 р. було прийнято «Закон про контроль та рекультивацію видобутку на поверхні», що призвело до змін у практичному досвіді по проведенню рекультивації. Був встановлений федеральний контроль за вуглевидобутком, рекультивацією та стандартами щодо екологічних аспектів. Оскільки гірничодобувна промисловість США розповсюджена майже на всій території, напрямки проведення біологічної рекультивації вибирають згідно з погодними умовами і властивостями ґрунтів, так в Східних Штатах превалює лісова рекультивація, у Західних – деградовані землі використовуються у якості пасовищ, на Середньому Заході – під сільгоспугіддя. Лісова рекультивація характеризується великою видовою різноманітністю дерев, так для вологих ґрунтів використовуються платан американський, клен цукровий, щетиниста сарана (фіксує азот); для сухих ґрунтів – дуб чорний; для різних типів – дуб білий; для тонких

текстурованих ґрунтів, які розташовані в нижній частині схилу – жовта тополя [17-22].

Відновлення деградованих територій для лісгосподарського призначення проводять навесні і взимку. Причому значна увага в США приділяється саме сільськогосподарському підходу до рекультивації: на деградованих земельних ділянках вирощують овес, люцерну, кукурудзу. Місця відвалів, які утворилися внаслідок гірничодобувних робіт, використовуються, після рекультивації, як пасовища. У штаті Канзас 80% пасовищ розташовуються саме на рекультивованих відвалах вугільних шахт, на відновлених землях вирощують сади та виноградники. У Пенсильванії, Огайо, Індіані на рекультивованих звалищах створюють парки [23].

У Туреччині деградовані землі, які утворилися після видобутку корисних копалин, як правило використовуються для лісонасадження. В період 1991 - 2011 р.р. на 4455 га покинутих кар'єрів було висаджено 7,3 млн. дерев: акація, кам'яна та чорна сосна, кедр, кінський каштан, райське дерево, дуб, клен та ін. види добре прижилися у кар'єрі відпрацьованого бурого вугілля Агаклі [24, 25].

У Болгарії землі після меліорації використовують для вирощування сільгоспкультур: вирощують зернові, технічні, садові культури (овес, кукурудзу, соняшник, виноград). З 1970-х років в Болгарії проводиться рекультивація лісів на територіях, які порушені гірничодобувною промисловістю. Види лісових насаджень вибирають ураховуючи природне різноманіття місцевості: лісові насадження повинні бути стійкими до нових екологічних умов земної поверхні. Відновлення лісів у Болгарії виконувалося в районі кар'єрів Маріца, Ізток, Перник з використанням дуба звичайного, червоного, пухнастого та в'яза гладколистого, в якості додаткових видів - ясена звичайного, липи сріблястої, берези сріблястої, яблуні європейської та ін. На відвалах з високим вмістом піску і пухким субстратом висаджують сосну австрійську, на слабокислих та нейтральних ґрунтах - білу акацію. На

землі використовують для вирощування червоної та білої конюшини, овсяниці червоної, горця пташиного. Лісорекультивація кар'єрів і відвалів видобутку міді у Болгарії проводиться з використанням деревних порід: сосни звичайної, явора, граба, бука європейського, дуба червоного, яблуні європейської та ін. та чагарникових порід: акації жовтої, кизилу білого, журиного дерева, барбарису та ін. [26].

Основним напрямком рекультивації деградованих земельних ділянок в Естонії виступає лісове господарство. Отриманий значний досвід з озеленення породних відвалів після видобутку горючих сланців, золівідвалів та фосфоритних відвалів, теплоелектростанцій. В Естонії рекультивація сланцевих кар'єрів розпочалася з 1960 р. в результаті висаджування сосни звичайної і модрини на вирівняній ділянці. Подібні роботи проводилися на ділянках сланцевих відвалів, де окрім сосни звичайної, також добре зарекомендували себе хвойні дерева: ялина зелена, модрина європейська, а також листяні дерева наступних порід: береза, чорна вільха, клен, звичайний та зелений ясен, липа, в'яз та ін. [8].

Проведені дослідження показали, що в результаті розкладання листяного покриву вільхи та берези пришвидшується процес ґрунтоутворення на відвалах сланцевих шахт. Сільськогосподарський напрямок рекультивації цих типів відвалів на деградованих земельних ділянках передбачає вирощування жита, ячменя, картоплі, обов'язковою умовою при цьому є товщина гумусового шару, яка має дорівнювати не менше 50 см. На золівідвалах ТЕС облаштовують сінокоси, на яких, за результатами досліджень, добре зростають червона овсяниця, трава звичайна, буркун гладкий та біла конюшина [30].

В Естонії суттєві успіхи досягнуті в рекультивації фосфоритних відвалів: на цих ділянках висаджують сосну звичайну, чорна вільху, сибірську та білу шведську модрину та ін.; та чагарники – карагану, обліпиху та сріблястик, які добре пристосувалися до екстремальних умов

В результаті видобутку бурого вугілля в Центральній і Східній Німеччині, історія якого налічує вже 200 років, відбулися значні зміни у ландшафті, в результаті чого до деградованих було віднесено близько 82 тис. га сільськогосподарських угідь. Процеси рекультивації кар'єрів і відвалів бурого вугілля у Німеччині почалися на початку XX ст.; рекультивація відбувалася дуже повільними темпами, якщо порівнювати зі швидкістю утворення деградованих територій. Це призвело до того, що у 1980 р. був прийнятий Федеральний закон про гірничу справу, який регулював відносини у цій сфері, починаючи від видобутку сировини і до стадії закриття кар'єрів та їх рекультивації [20, 31, 32].

Рекультивація деградованих територій шахт є важливим завданням для відновлення екологічної рівноваги та сталого використання природних ресурсів. Нижче подані приклади успішних рекультивацій шахтарських зон.

Проект Belval в Люксембурзі - це вражаючий приклад рекультивації колишньої сталеливарні і шахти. Територія, яка раніше була промисловою, була трансформована в сучасний район із культурними, науковими та комерційними об'єктами, включаючи університет, торговий центр та житлові комплекси (рис. 2.1).

У 2002 році промислова зона Belval площею 120 гектарів, розташована на півдні Люксембургу, була обрана місцем великого міського плану розвитку «Cité des Sciences, de la Recherche et de l'Innovation» («Місто науки, дослідження та інновації»). Перепрофілювання земель з промислового напрямку використання на сучасний міський квартал, водночас зі збереженням історичних пам'яток, потребувало великих інвестицій та зобов'язань з боку уряду [33].

На початку 2000-х Люксембург поставив собі за мету стати міжнародним центром, який сприятиме дослідженням та інноваціям. Для цього йому потрібен був кампус для розміщення його головного університету та державних дослідницьких установ, а також житлових приміщень,



Рисунок 2.1. Проект Belval (Люксембурзі) [33, 34]

У 2005 році з Бельвала почав формуватися новий міський район. У цьому районі другого за величиною міста Люксембургу, Еш-сюр-Альзетт, Белваль історично розташовувався великий сталеливарний завод із тисячами металургів, які виробляли мільйони тонн чавунної сталі. Цей національний досвід виробництва сталі виник у 1840-х роках із відкриттям родовищ фосфорної залізної руди. Сталеві вироби потім використовувалися для

прокладання залізничних колій і з'єднання континенту, для відновлення

Європи після її воєн і будівництва хмарочосів у фінансових районах по всьому світу [33].

Зараз наукова та дослідницька сфера є центром інноваційного містечка Belval. Він складається з університету, дослідницьких центрів, бізнес-інкубаторів та інноваційних агентств для демонстрації публічних досліджень Люксембургу. Дослідники, студенти, жителі та робітники збираються в одному місці, щоб сприяти розвитку відкритого мислення [33].

Ревіталізований Belval тепер є чудовим прикладом нового урбанізму, який є сучасним та інтегрованим у сучасність. Здобувши золотий знак DGNB (Німецька рада з екологічно чистого будівництва) за сталий розвиток, проект слідує багатьом усталеним академічним вченням і політичним порадам на основі досліджень, якими займаються державні дослідницькі установи в Белвалі [33].

Рурський край в Німеччині, колишня шахтарська область, пройшла значущий процес рекультивації. Закриття багатьох шахт призвело до переорієнтації та різнонаправленості у використанні земельних ділянок, включаючи рекультивацію для рекреації, туризму та природоохоронних заходів (рис. 2.2).



Рисунок 2.2. Рекультивація Рурського краю (Німеччина) [35, 36]

Рурський регіон ще називають «німецьким Донбасом» в якому зміни відбулися у значних масштабах і отримали в Німеччині назву Енергетичного повороту: комплексна реформа, яка передбачала зменшення викидів парникових газів, повну відмову від викопного палива та атомної генерації на користь відновлюваної енергетики [36].

З 2000 року виробництво електроенергії з відновлювальних джерел енергії зросло з 6 до 33%, а тепла - з 4 % до 13%. Вже сьогодні в Німеччині бувають дні, коли вся енергія виробляється з відновлюваних джерел [36].

У процесі перепрофілювання приймалися рішення по підвищенню освітнього рівня населення: до 70-х р.р. в басейні Руру не було університетів, зараз їх шість діючих; відбувався поступовий перехід на новітні «зелені» технології. Так у півмільйонному Ессені (осередок Рурського басейну) відкрито 13 тис. робочих місць в зеленій енергетиці [36].

Території колишніх заводів музеєфіковано та перетворено на зони технопарків. В Рурі часто тепер можна спостерігати картину, коли поруч з величезними законсервованими промисловими потужностями розташовуються модерні будівлі технопарків [36].

Для того, щоб зробити на місці металургійного заводу технопарк в Дортмунді, наприклад, зняли двометровий шар старого ґрунту, який забруднювався десятиліттями (століттями) і містив різні шкідливі речовини. В Дортмунді ж на місці ще одного меткомбінату створили озеро загальною площею 24 га навколо якого звели елітну нерухомість [36].

Переформатування регіону неможливе без переформатування регіонального центру – Ессена - німецьке місто, яке вже у 2017 р. було визнано «Зеленою столицею Європи». Колишнє шахтарське містечко перетворилося на місто, 54% території якого займають зелені зони: місто парків, газонів та чистих річок [36].

Позитивних змін було досягнуто завдяки чіткому визначенню мети: разом з екологами і науковцями міська влада визначила 12 пріоритетних

зелені насадження; біорізноманіття; акустика (шумове забруднення великого міста); утилізація сміття; водні ресурси; очисні споруди; розвиток зеленої економіки; санація будинків, у тому числі, проведення заходів з їх енергоефективності [36].

В нашій державі значний досвід сільськогосподарської рекультивації земельних ділянок накопичено на буровугільних родовищах, де відновлення територій виконують за рахунок вирощування багаторічних трав. Значний досвід рекультивації деградованих земельних ділянок накопичений на родовищах чорних металів. На Комиш-Бурунському металургійному комбінаті в сільськогосподарське використання після проведення рекультивації повернуто близько 600 га земель: зараз на цих ділянках вирощують кукурудзу і пшеницю; рекультивовані ділянки відпрацьованих відвалів цей завод активно використовує для насадження садів [37].

В результаті проведення рекультивації деградованих земельних ділянок на Орджонікідзевському ГЗК значна частина їх була повернута в сільськогосподарське використання; на землях вирощують однорічні та багаторічні трави, пшеницю, кукурудзу. Успішно була проведена рекультивація хвостосховищ у Криворізьському басейні шляхом висаджування клену, акації, тополі та ін. дерев. На відвалах Полісся та лісостепної зони України щоб підвищити продуктивність і стійкість лісових насаджень висаджують чорну вільху та багаторічний люпин [23, 38].

В нашій державі накопичено значний досвід лісової рекультивації деградованих ділянок відвалів: Житомирська обл. (Стрижівське родовище ільменітових руд) заліснено 825 та 196 га; Черкаська обл. заліснено відповідно 640 та 50 га ділянок відпрацювання бурого вугілля та каолінових глин; Кіровоградська обл., буровугільне родовище - заліснено 1407 га; Дніпропетровська обл. (родовище нікелю та залізної руди) - заліснено 834 та 409 га. [39].

Рекультивація деградованих земель в теперішній час у багатьох

покриву, внесення добрив, золи, вапна та промвідходів і засіванням багаторічних трав. При чому на протязі останніх десятиліть переважаюче значення мають саме «нетрадиційні» добрива, такі як осад стічних вод, торф; їх застосування сприяє підвищенню продуктивності рекультиваційних робіт і дає змогу зменшити витрати на створення родючого шару ґрунту [8].

Треба відзначити дослідження стосовно використання фільтрату звалищ та відпрацьованого активного мулу міських очисних споруд саме як компоненту субстратів для рекультивації; відпрацьований активний мул у значних кількостях утворюється під час очищення та неконтрольовано накопичується, що призводить до забруднення навколишнього природного середовища [40 - 42].

Питання різних видів рекультивації деградованих територій є дуже важливим, але на даний час для нашої держави, яка знаходиться у стані війни, воно є не на часі, враховуючи постійні неконтрольовані обстріли і послаблену економіку. Цим треба буде займатися вже після перемоги, коли українська економіка буде спроможна підтримувати подібні напрямки.

Таким чином, аналіз вказує на те, що основним напрямком використання деградованих гірничими роботами територій є рекультивація. Однак є окремі групи земельних ділянок які не підлягають відновленню землі. Наприклад, це землі під під'їзними дорогами, промисловими площадками, відвалами пустої породи тощо. Саме відвали породи є об'єктом дослідження цієї роботи.

2.3. Використання породних відвалів

Використання породних відвалів, або відходів від видобутку корисних копалин, може відбуватися у різних галузях. Наведемо ряд методів використання породних відвалів.

Породні відвали можуть бути використані у будівельній індустрії для

об'єктів, що може значно зменшити витрати на відсів та інші будівельні матеріали. Породні відвали можуть бути використані для зведення дорожнього покриття, шляхів та автомагістралей; служити дешевим та екологічно чистим матеріалом для укладання доріг. Значні обсяги порід з породних відвалів можна використовувати для будівництва ембанкментів, підпірних стін та інших інженерних споруд. Щодо залишених породних відвалів, то вони можуть служити як матеріал для відновлення кар'єрів та створення нових екосистем. Засівання та висадження рослин на породних відвалах може призвести до створення зелених зон та природних резерватів. Породні відвали можуть бути також використані для заповнення просторів під інфраструктурні проекти, такі як парковки, мостові опори та інші підпірні конструкції. Мілкі ж фракції породних відвалів можна застосовувати як матеріал для гідроізоляції або як захист від ерозії водних об'єктів. Відвали можна використовувати для відновлення територій, на яких раніше вели гірничодобувну діяльність: створення парків, відпочинкових зон та інших загальноосвітніх просторів.

Певні породи, які містяться у відвалах, можуть бути використані для виробництва будівельних матеріалів, таких як бетон чи цегла. Це може бути економічно вигідним та сприяти вторинному використанню ресурсів. Пісковик з породних відвалів можна використовувати у будівельних матеріалах, таких як бетон та мозаїка. Пил, який виникає під час гірничодобувних робіт, можна застосовувати в якості домішок у бетоні, що призведе до поліпшення його характеристик та сприятиме використанню відходів. Шлам від обробки вугільних відвалів може використовуватися для виробництва блоків, цегли, а також як наповнювач для асфальту та бетону. В деяких випадках породні відвали можуть бути використані для створення безпечних матеріалів, які застосовуються для захисту від зсувів ґрунту, підтримки дорожньої інфраструктури тощо. Вугільні попіли та інші відходи можуть бути використані для виробництва силікатних блоків, які

Важливо відзначити, що використання породних відвалів для виготовлення будівельних матеріалів вимагає ретельних попередніх досліджень та стандартизації для забезпечення якості та безпеки отриманих матеріалів.

Породні відвали можуть бути використані для відновлення земель після видобутку корисних копалин. Завдяки використанню цих відвалів можна створити нові ландшафти, парки або рекреаційні зони. Деякі породні відвали можуть бути використані для захоронення відходів або знищення викидів. Наприклад, відходи з термоелектростанцій можуть бути захоронені у відвалах.

Породні відвали також можуть використовуватися для створення гідротехнічних споруд, таких як греблі чи водосховища. Це може бути важливим управлінським рішенням для водозабезпечення та регулювання водних потоків.

Відвали можуть містити додаткові корисні ресурси, такі як метали чи мінерали. Відвали вугільних шахт можуть містити метали, такі як залізо, алюміній, марганець, пірит, сірку, а також різноманітні мінерали. Тобто відвали можуть розглядатися, як додаткове джерело видобутку корисних копалин. Переробка відходів з відвалів для видобутку додаткових ресурсів є напрямом в сфері відновлюваної енергетики та раціонального використання природних ресурсів. Однак важливо враховувати екологічні та технічні аспекти цього процесу для забезпечення його сталості та безпеки. Є проекти, які використовують нові технології для видобутку цих ресурсів з породних відвалів.

В деяких випадках, породні відвали можуть бути використані в сільському господарстві для покращення якості ґрунту або як матеріал для будівництва доріг в сільських районах. Важливо враховувати, що використання породних відвалів вимагає ретельного аналізу властивостей матеріалів та дотримання вимог щодо екології та безпеки і повинно

враховувати місцеве законодавство та стандарти, які регулюють використання відходів в конкретному регіоні.

Використання породних відвалів в сільському господарстві для покращення якості ґрунту може бути корисним методом відновлення та удосконалення ґрунтового шару: породні відвали можуть використовуватися для вирівнювання нерівностей в рельєфі землі або для заповнення виритих кар'єрів. Це допомагає створити більш рівну поверхню для використання в сільському господарстві.

Породи, які містяться у відвалах, можуть мати властивості, що допомагають стабілізувати ґрунтовий шар. Це особливо важливо в районах з ерозією або нестабільними ґрунтами.

Великі породні відвали можуть бути розміщені в регіонах, де є велика небезпека ерозії, для створення бар'єрів, які запобігають виносу ґрунту вітрами чи водою. Використання породних відвалів може допомогти у створенні бар'єрів, які утримують воду в ґрунті, сприяючи збереженню вологи та покращенню умов для рослин. Деякі породи можуть постачати рослинам необхідні макро- та мікроелементи. Це особливо корисно для рослин, які вимагають специфічних елементів для нормального росту та розвитку.

Відвали можуть бути використані для створення систем збереження та використання води в агрокультурі, таким чином оптимізуючи використання води в сільському господарстві. Важливо враховувати, що використання породних відвалів у сільському господарстві повинно відбуватися з урахуванням властивостей конкретних відвалів, потреб ґрунту та відповідних стандартів безпеки та охорони навколишнього середовища.

Деякі породи мають властивості, які сприяють стабілізації ґрунтового шару. Це може бути важливо для контролю ерозії, підвищення міцності ґрунту або зменшення його похилості. Так сланці мають високий вміст глини та сланцевих мінералів, що робить їх ефективними для стабілізації

покращити структуру ґрунту та сприятимуть його стабілізації; доломіт містить вапняк та магній, які можуть впливати на стабільність ґрунту та його водопроникність; пісковики можуть використовуватися для покращення дренажу ґрунту та запобігання його висиханню.

Важливо враховувати, що вибір конкретної породи або матеріалу для стабілізації ґрунту повинен враховувати конкретні умови місцевості, типи ґрунтів та вимоги конкретного проекту. Комбінація різних методів та матеріалів може мати стабільний позитивний ефект для досягнення бажаного результату.

2.4. Використання підземних просторів шахт

Питання розширення використання та збільшення життєвого циклу інфраструктури, у яку вже інвестовано значні кошти, є важливою складовою для економічної та соціальної стабільності. Що стосується шахт та інвестицій до та під час їх експлуатації у допоміжну цивільну інфраструктуру, наземні об'єкти та фактичну підземну інфраструктуру, коли стикаються з величезними інвестиційними витратами, набагато більшими, ніж в інших галузях. Інвестиційні витрати на підприємствах гірничої галузі розподіляються на багато років експлуатації корисних копалин, і перші прибутки з'являються після багатьох років експлуатації. Крім того, інвестиції в майнінг піддаються технічній та ринковій невизначеності. Перепрофілювання окремих частин або всієї шахти та створення інших підприємств після припинення видобутку означає більш ефективне повернення інвестицій для місцевих громад, гірничодобувних компаній або інших інфраструктурних об'єктів, які межують з ділянкою шахтного поля. Цей напрямок може бути корисним місцевим громадам і суспільству у розрізі пом'якшення негативних наслідків у зв'язку з припиненням експлуатації корисних копалин як для зайнятості населення так і оподаткування та,

гірничодобувної діяльності сприятиме розвитку інших галузей науки та промисловості та має призвести до зміни суспільного сприйняття гірничодобувної промисловості. Крім того, процес трансформації регіону під новий вид діяльності призведе до захисту його від деградації (головним чином економічної).

Повторне використання шахтної інфраструктури відповідає принципам циркулярної економіки. Таким чином, повторне використання ділянок після видобутку корисних копалин має суттєве значення, якщо визначено ризики, пов'язані з закриттям шахт [43].

На підземне середовище (підземні гірничі виробки), окрім видимих переваг, також впливають небезпечні фактори середовища. Найбільша проблема під час перепрофілювання підземних виробок у лабораторії, туристичні маршрути була тісно пов'язана із забезпеченням безпеки під час їх повторної експлуатації. Беручи у якості прикладу політику ЄС щодо безпеки та тенденції, що спостерігаються в гірничодобувних компаніях за останні роки, можна зробити висновок, що безпека повинна бути пріоритетною для повторного використання територій шахт, починаючи з етапу планування. Це означає, що робота з ризиковою складовою на даний момент є найбільш серйозною проблемою, яка загрожує запуску нового проекту.

Останні десятиліття чітко намічена тенденція закриття вугільних шахт і перехід на «зелену енергію»; вона є характерною не тільки для України, а і для всієї Європи у зв'язку з прийняттям Європейської зеленої угоди про нульові викиди парникових газів у 2050 році та відокремлення економічного зростання від природних ресурсів.

Підземні шахти досі існують у більшості європейських країн: вони найбільш поширені у Польщі та Сербії, де значна кількість вугільних шахт. У зв'язку з європейським процесом переходу на «зелену енергію» більшість цих шахт буде закрито найближчими роками, особливо в Польщі. Це означає,

інфраструктур для інших цілей замість ліквідації, що означає, у багатьох випадках, остаточне та незворотне знищення інфраструктури. Враховуючи кількість активних підземних шахт у Європі, ці проблеми з'являтимуться достатньо часто і громади повинні продумати напрямок перепрофілювання наявних підземних виробок.

Одним із можливих варіантів використання закритих шахт є глибокопідземні лабораторії (DUL), які дають доступ до глибин понад 1000 м. Основною діяльністю Deep Underground Laboratories (DULs) зараз є астрофізика частинок високих енергій. Розташування об'єктів DULs у Європі показано на рис. 2.3. Проте деякі шахти, які незабаром закриються, закриті або навіть діючі, наприклад, мідна шахта Neves Curo у Португалії, вугільні шахти Zinkgruvan у Швеції, у Європі також мають перспективи стати DUL. Це означає нові можливості щодо повторного використання шахт у Європі [43].

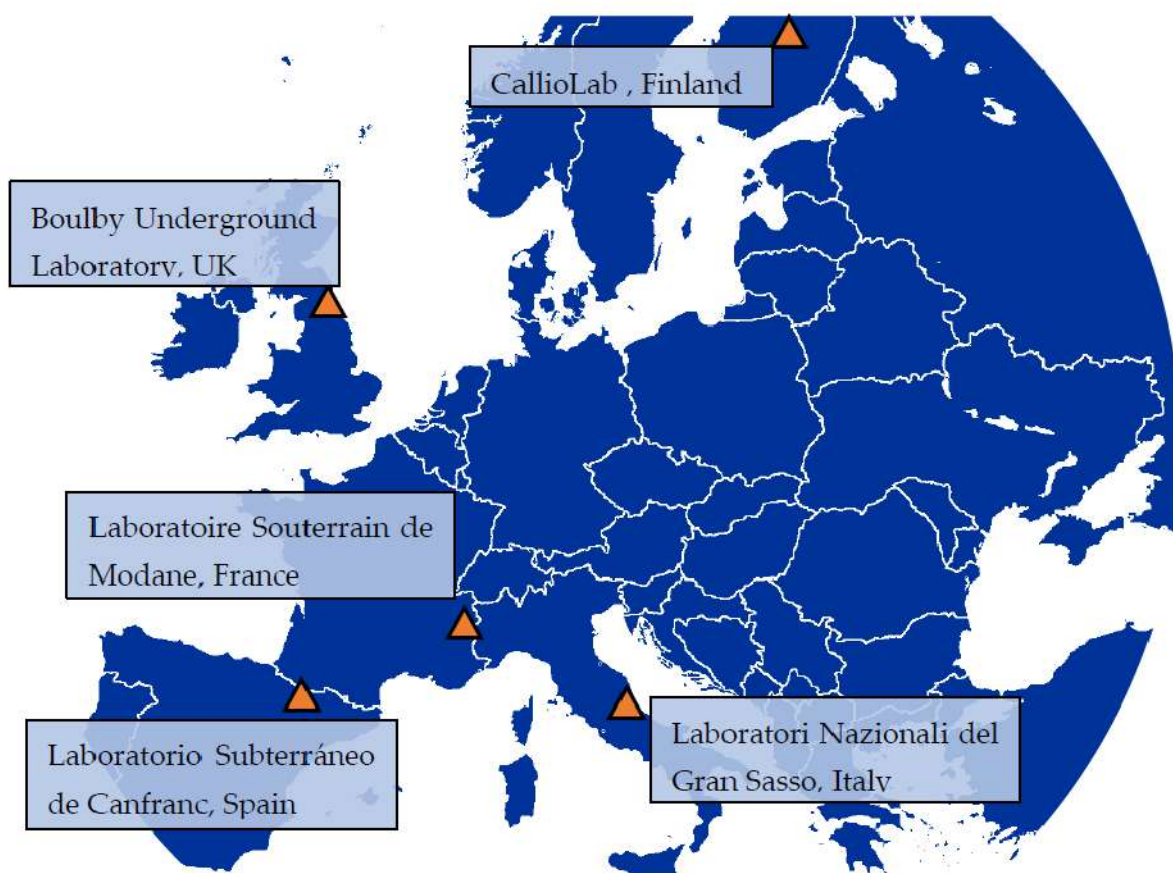


Рисунок 2.3. Розташування об'єктів DULs у Європі [43]

Як показує досвід, фізика - це не єдина галузь науки, яку можна досліджувати в підземних лабораторіях. Новий напрямок досліджень пов'язаний з експериментами в астробіології та біології в екстремальних умовах, космічними дослідженнями, підземним виробництвом їжі, туризмом та розвитком більш ефективних та екологічно чистих технологій видобутку. Існують також багатоцільові споруди, що дозволяють виконувати різноманітні роботи на різних ділянках шахти. У більшості випадків серед інвесторів та інших зацікавлених сторін поки відсутня зацікавленість у подальшому альтернативному напрямку використання шахт після припинення підземного видобутку. Однією з нещодавніх ініціатив із розвитку повторного використання підземних ділянок є Європейська асоціація підземних лабораторій, яка об'єднує підземні дослідницькі, наукові та туристичні об'єкти ООН і просуває цей спосіб підземної рекультивації шахт. Підземні ділянки, що належать асоціації EUL, представлені на рисунку 2.4. [43].



Шахти Донецької області такі як: шахта Центральна, шахта Капітальна, шахта 5/6 ДП «Мирноградвугілля» та шахта «Добропільська» ДХК «Добропільвугілля», шахта «Курахівська» ДП «Селидіввугілля» виробкам яких вже більше 60 років, стан гірничих виробок і стволів є незадовільним через тривалий термін експлуатації. Паралельно простежується тенденція затоплення старих шахт, що вимагає ведення постійного контролю і моніторингу відкачки води, тому виникає потреба періодично відстежувати стан самих виробок і тільки після цього їх можна використовувати по вищенаведеним напрямкам.

Проммайданчики шахт «Центральна» ДП «Мирноградвугілля», «5/6» ДП «Мирноградвугілля», «Курахівська» ДП Селидіввугілля наведені на рис 2.5-2.7. Поверхневі комплекси містять центральний промисловий майданчик, вугільний комплекс, (бункери); галереї зі стрічковими конвеєрами; та інші споруди.



Рисунок 2.5. Аерофотознімок проммайданчику шахти «Центральна» ДП «Мирноградвугілля»



Рисунок 2.6. План проммайданчику шахти «5/6»



Рисунок 2.7. План проммайданчику шахти «Курахівська»

2.5. Solar farm на деградованих територіях

Побудова сонячних ферм (solar farm) на деградованих територіях є одним зі способів використання деградованих земель для виробництва

екологічно чистої «зеленої» енергії. Нижче наведені приклади успішних проектів сонячних ферм на таких територіях.

Ферма Соега розташована на деградованій території поблизу порту Коега в Південній Африці. Цей проект має потужність близько 96 МВт і використовує технологію сонячних панелей для генерації електроенергії. Він не тільки надає стабільний енергетичний внесок у регіон, але й відновлює деградовану землю (рис. 2.8.).



Рисунок 2.8. Сонячна ферма "Соега" в Південній Африці [44]

Розташована поблизу Лас-Вегаса, Невада, сонячна ферма Nellis є прикладом використання деградованої землі, а саме пустуючого військового аеродрому. Загальна потужність цього сонячного полігону становить близько 15 мегаватт, і вона постачає електроенергію для військової бази Nellis Air Force Base.

Японія активно використовує деградовані землі для розгортання сонячних ферм. Проект Кореге використовує технологію флотуючих сонячних панелей на рибальських ставках. Це рішення дозволяє ефективно використовувати деградовану водну територію для виробництва енергії.

Розташована в пустелі, сонячна ферма Benban є однією з найбільших у світі. Вона використовує деградовані пустельні землі для генерації електроенергії. Проект включає в себе понад 40 окремих сонячних електростанцій (рис. 2.9.).



Рисунок 2.9. Сонячна ферма "Benban" в Єгипті [45]

Сонячна ферма Cestas у Франції побудована на території колишнього військового аеродрому. З її потужністю 300 мегаватт вона є однією з найбільших у Європі та використовує сонячні панелі підвищеної ефективності (рис. 2.10.).



Рисунок 2.10. Сонячна ферма "Cestas" во Франції [46]

У Північній Македонії побудована сонячна ферма потужністю 10 МВт на колишній буровугільній шахті Oslomej. Станція Oslomej 1 (рис. 2.11.), має річну потужність від 15-17 ГВт-год. Північна Македонія планує перейти на «зелену» енергію до 2040 року. В країні також працює сонячна ферма середньої потужності – 5-мегават біля Неготіно [47].



Рисунок 2.11. Сонячна ферма Oslomej 1, Північна Македонія [47].

Ці приклади свідчать про те, як деградовані території можуть бути успішно використані під сонячні ферми для виробництва чистої енергії та відновлення екологічного стану землі.

2.6. Висновок

Аналіз сучасних напрямків використання деградованих територій дозволив знайти новий напрямок їх використання. Цікавий кейс був реалізований у Південній Македонії. Сутність його у використанні земель закритих гірничих підприємств, в якості об'єктів генерації зеленої енергії.

Цей кейс був взятий в якості основної ідеї магістерської роботи.

Окремі групи земельних ділянок не підлягають рекультивації і традиційному відновленню. Прикладом таких територій є землі зайняті відвалами пустої породи. Саме терикони Покровського району Донецької області, що знаходяться на балансі закритих шахт є об'єктом дослідження цієї роботи.

Описані в п. 2.4 будівлі поверхневого комплексу шахт, за умови їх додаткового обстеження, проведення, за необхідності, відповідних видів ремонтних робіт для приведення їх у задовільний стан, можуть бути у подальшому використані для зберігання комплектуючих для solar farm, які у даній магістерській роботі пропонується встановлювати на попередньо підготовлених ділянках породних відвалів вугільних шахт, або використовувати для ремонтних робіт.

3. АНАЛІЗ ДЕГРАДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ, ЯКІ МОЖУТЬ БУТИ КОМЕРЦІЙНО ВИКОРИСТАНІ

3.1. Аналіз деградованих територій шахт

З проведеного огляду літератури відомо, що в якості деградованих територій для вугільних шахт можуть виступати:

1. підземні гірничі виробки і можливі приклади їх використання наведені в огляді літератури (2 розділ). Але дивлячись на сьогоденний стан, як економічний так і військовий, очевидним є те, що використовувати підземні гірничі виробки з будь-якою метою комерційною зараз є не на часі;

2. поверхневі об'єкти: будинки стволів і т. д. шахт, які вже закрилися. Таких об'єктів обмежена кількість і через те, що вони частково зруйновані і захащені конструктивні можливості їх є обмеженими;

3. деградовані території на яких знаходяться породні відвали (терикони).

В роботі в якості головного об'єкта дослідження приймаються терикони шахт. Тому на початку був наведений аналіз земель, які зайняті під терикони. У другому пункті, наведено аналіз питань комерційного використання земельних ділянок шахт. В роботі пропонується побудова на цих землях сонячних електростанцій (solar farm) з генерацією «зеленої енергії». Це не так складно реалізувати через те, що на шахту, на шахтний двір біля якого, як правило, знаходяться терикони проходять всі необхідні комунікації: є електричні мережі і залишається тільки поєднати ці мережі з об'єктом, який буде знаходитися на породному відвалі, а саме з модульними блоками сонячних електростанцій. Тому задача постає в аналізі вільних площ, які знаходяться на території Донецької області.

По-перше, проаналізуємо самі терикони. Для цього візьмемо супутниковий знімок, оцифруємо його, наносимо на нього сітку 10x10 м,

встановлюємо контури гладкої частини поверхні, яка є приблизно горизонтальною («зона плато»), оцінюємо його площу.

На прикладі показано результати оцифровки териконів шахти Центральна (рис. 3.1.) і шахти Капітальна (рис. 3.2.) ДП «Мирноградвугілля», для наочного уявлення процесу.



Рисунок 3.1. Приклад оцифровки терикону шахти Центральна



Рисунок 3.2. Приклад оцифровки терикону шахти Капітальна

3.2. Аналіз площ териконів Донецької області

В результаті проведеного дослідження підрахунку площин з вказанням координат Google Maps знаходження кожного з проаналізованих породних відвалів наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Відомості про об'єкти досліджень (породні відвали шахт Донецької області)

Відомості про породний відвал	Фото відвалу
Терикон шахти Центральна Координати Google Maps: 48.3129714, 37.2634497 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 9929 м²	
Терикон шахти Капітальна Координати Google Maps: 48.3409895, 37.2841495 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 942857 м²	

Терикон шахти Капітальна Координати Google Maps: 48.3581873, 37.2339953 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 29572 м²	
Терикон шахти Добропільська Координати Google Maps: 48.4739599, 37.099853 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 653035 м²	
Терикон шахти Новодонецька Координати Google Maps: 48.5607371, 37.008498 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 44117 м²	

Терикон шахти Піонер Координати Google Maps: 48.6034589, 36.9817271 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 48858 м²	
Терикон шахти Димитрова Координати Google Maps: 48.2946489, 37.2711587 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 20856 м²	
Терикон шахти Димитрова Координати Google Maps: 48.2862417, 37.2794149 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 146329 м²	
Терикон шахти Коротченка Координати Google Maps: 48.1565929, 37.3539307 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 184633 м²	

Терикон шахти Коротченка Координати Google Maps: 48.1582577, 37.3218313 Площа верхньої умовно горизонтальної площадки терикона («зона плато»): 235749 м²	
--	--

Аналізуючи результати наведені в таблиці 3.1., встановлюємо які є вільні площі, і на основі цього робимо висновок, які розміри solar farms можуть бути сформовані на кожній з цих площадей. Провівши аналіз, бачимо, що таких площадей достатньо багато, тобто є багато можливостей для розміщення сонячних модулів.

Проаналізувавши контури териконів, бачимо, що деякі з них потребують попередньої підготовки перед монтажем відповідного обладнання: треба сформувати групи горизонтальних рівних площадок. Це можуть бути групи, які знаходяться на різних рівнях: наприклад, для терикона шахти Капітальна (рис. 3.2) бачимо, що є заїзди, є різні висотні відмітки і відповідно для верхньої відмітки то буде одна група solar farm, для нижньої відмітки – інша. Тобто площі териконів ще потребують окремого вдосконалення в плані аналізу вільного місця для встановлення.

3.3. Розробка проекту монтажу solar farm

Проект монтажу solar farm виконаємо для одного з об'єктів: породного відвалу шахти Центральна.

Перед тим як готувати площадку під сонячні модулі треба запустити бульдозер і зрівняти відвал. На старих відвалах такої проблеми немає, бо

декілька висотних відміток відвалів і треба буде їх зонувати, тобто встановлювати обладнання для solar farm на декілька поверхів.

Одразу зазначимо, що для монтажу модулів під сонячні батареї плануються тільки породні відвали, на яких припинилися процеси горіння. Тобто попередньо треба провести моніторингові дослідження, що до цього процесу.

Для самого простого випадку необхідно поррахувати площу, захисну берму з урахування куту зсуву, користуючись звичайною методикою з механіки гірських порід, щоб не виникло зсуву, після встановлення обладнання. Додаткового укріплення відвалу не потрібно, необхідно лише залишати захисну берму. Після розрахунку розмірів берми, встановлюється кут відкосу, відкладається від краю відвалу цей кут і оконтурюється область на якій доцільно вести монтаж обладнання.

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ПЕРСПЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ШАХТ, ВІДВЕДЕНИХ ДЛЯ ПОТРЕБ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

4.1. Загальні відомості, щодо передпроектних робіт

В попередніх розділах магістерської роботи обґрунтовано питання використання відвалів (териконів) вугільних підприємств в якості площадок для розміщення модульних блоків сонячних електростанцій.

Сонячні фотоелектричні системи вважаються однією з важливих технологій відновлюваної енергії, яку можна застосувати для збільшення виробництва чистої енергії в енергетичному балансі ЄС. Ця технологія має багато переваг і може бути встановлена в різних місцях, у малому та великому масштабі. Завдяки заохоченню уряду ЄС протягом останнього десятиліття щодо сприяння використанню відновлюваних джерел енергії, збільшення інвестицій у сектор відновлюваної енергетики та збільшення сонячних фотоелектричних установок через політику пільгових тарифів, ця ініціатива привабила багатьох інвесторів та бізнес, що призвело до помітного збільшення потужностей сонячної енергії у ЄС [48].

У 2018 році загальна сонячна фотоелектрична потужність ЄС сягнула приблизно 13 ГВт на приблизно 979 983 установках, у 2017 році вона зросла на 1,6%, що становить приблизно 2007,9 МВт. Із загальної встановленої потужності близько 45% надходить від великих систем (> 5 МВт), 20% від малих (≤ 4 кВт), а на кінець 2018 року 60% загальної потужності припадає на наземні та автономні системи. Наприкінці травня 2019 року потужність сонячних електростанцій ЄС досягла 13,24 ГВт встановленої потужності на загальній кількості 1 004 798 установок, що на 1,9% більше з травня 2018 року [49].

Швидкий розвиток і збільшення масштабів розгортання фотоелектричних (PV) комунальних підприємств із зниженням вартості

систем накопичення енергії в усьому світі відкрили нові можливості в поєднанні двох технологій для збільшення енергетичного балансу у ЄС та забезпечення постачання енергії з надійною потужністю для стабільності мережі [50].

Акумуляторні накопичувачі загального масштабу та їх інтеграція в мережу займають своє місце та стають більш прибутковим способом додати більше вартості проектам сонячних електростанцій загального масштабу, а також принести більше переваг системі електромережі, оскільки вони можуть забезпечити різноманітність послуг [51]. Вони також відіграють важливу роль в енергетичній суміші, де вони допомагають створювати більш економічно ефективні та екологічно чисті енергетичні системи, особливо завдяки вдосконаленню різних технологій зберігання акумуляторів і літій-іонних акумуляторів, зокрема, з їх постійним вдосконаленням, яке, ймовірно, стане однією з найдомінантніших технологій зберігання акумуляторів на ринку протягом наступних десяти років [52].

4.2. Сонячні електростанції (Solar Parks and Solar Farms)

У літературі можна знайти різні визначення сонячної електростанції. Вулф визначив сонячну ферму як сонячний парк, де великомасштабна електростанція призначена для постачання основної частини електроенергії до електричної мережі або місцевої громади. У своїй доповіді Вулф також зазначив, що багато людей використовують вислів сонячна електростанція для позначення установок на сільськогосподарських землях [53].

Пітер та ін. [54] у своїй статті також посилалися на те, що не існує офіційного унікального визначення сонячної електростанції, і визначили її як ділянку землі, на якій велика кількість фотоелектричних модулів з'єднана разом для виробництва електроенергії, з невеликою кількістю фотоелектричних модулів, шуму, без рухомих частин і без шкідливих

електростанцій і відсутність стандартизованого визначення, представники промисловості та урядові організації називають цю систему сонячними установками загального масштабу [55]. Загальна назва використовується для позначення колекції фотоелектричних модулів, де немає обмеженої кількості встановлених панелей або певних гектарів землі чи місця, яке могло б кваліфікувати розвиток як сонячну ферму. Однак погоджено, що вихідна потужність у мегават вважається звичайною стандартною вихідною потужністю для програми, яка розглядається як проект сонячної електростанції [56]. Сонячні ферми використовують фотоелектричні елементи, виготовлені з кремнію та виготовлені в панелі, для збору енергії сонячного світла, яка потім зберігається в акумуляторах і експортується в комунальну мережу, як показано на рисунку 4.1. [57].

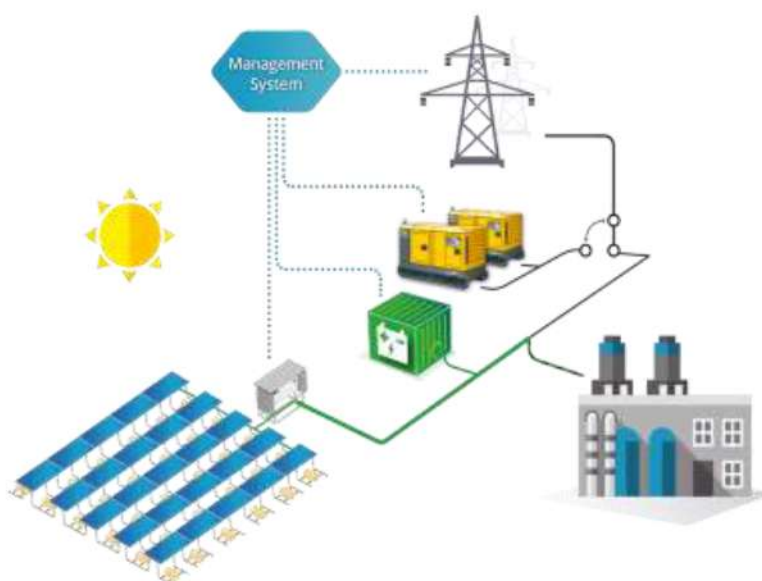


Рисунок 4.1. Огляд сонячної електростанції (REDAVIA SOLAR POWER, 2019)

Сонячні ферми — це великомасштабні системи, які можуть охоплювати площу від 1 до 100 акрів, де панелі згруповані, щоб утворити масиви, які можна встановити в найпростішому варіанті монтажу як фіксовані нахилені масиви для максимізації річної продуктивності системи

або як конфігурацію масиву відстеження, який використовує монтажну схему, яка змінює їхній нахил і відповідає орієнтації сонця [58]. Сонячні фотоелектричні батареї, які складаються з кількох напівпровідникових фотоелектричних елементів для перетворення сонячного випромінювання, вважаються найважливішим конструктивним рішенням для фотоелектричних систем, оскільки вони використовуються для живлення значно зростаючих споживачів електроенергії, а також охоплюють важливі території землі та можуть стати найперспективнішим енергетичним рішенням для заміни установок, що працюють на основі палива [59].

У сонячних електростанціях сонячні батареї, встановлені в масивах на кріпленнях, виготовлених з алюмінієвих і сталевих рам і нахилених під оптимальним кутом і на відстані від 1 до 3 м над землею, щоб забезпечити вільний простір для місць існування та рослин, щоб залишатися на місці, і організовані в рознесені ряди, розподілені таким чином, щоб полегшити доступ і, що важливіше, зменшити ефект затінення, який вплине на ефективність усієї системи та зменшить вихід енергії з масивів. Передбачається, що термін служби сонячних електростанцій становить від 20 до 25 років, що також можна вважати тимчасовим, оскільки всю установку можна досить легко видалити з об'єктів, а землю можна відновити для першого використання [60].

4.3. Сонячний ресурс

Характеристика даних про сонячні ресурси має вирішальне значення при проектуванні системи сонячної енергії, як це було зазначено Едгаром Ф.М. Абреу та ін. [61] у своєму дослідженні, де вони оцінювали сонячні ресурси за допомогою довгострокового статистичного аналізу з різною роздільною здатністю за часом, використовуючи вимірювання глобального горизонтального опромінення (GHI) та інші метеорологічні дані з восьми

різних часових масштабів оцінки сонячних ресурсів, які варіюються від простих середньорічних значень у попередньому проектному підході до короткострокових значень сонячної радіації, включаючи також інші важливі метеорологічні дані, які мають прямий вплив на продуктивність установки сонячної електростанції. Через природу переривчастого характеру сонячних ресурсів розуміння їх річної передбачуваності є дійсно важливим, і зазвичай необхідні дані про погоду щонайменше за десять років, щоб оцінити коливання з реалістичним ступенем впевненості, хоча багато сонячних проектів були встановлені з меншою ретельністю. Рівні сонячних історичних даних [62]. Як зазначено в [63] та [64], оскільки аналіз даних про сонячне випромінювання може мати суттєвий вплив на техніко-економічне обґрунтування проекту сонячної електростанції як повного дизайну та його економічна доцільність безпосередньо пов'язана як з величиною, так і зі змінами місцевого сонячного ресурсу, виявлено, що звичайним методом вимірювання та оцінки сонячного ресурсу в будь-якому даному регіоні є аналіз місячних і річних значень глобального горизонтального опромінення (GHI).

Моделювання продуктивності сонячної енергії потребує точних і постійних даних часових рядів сонячного випромінювання, оскільки в базі сонячних даних зазвичай знаходять неправильно виміряні дані, а розробка та застосування точної процедури не є легким завданням [65]. Карта сонячного опромінювання для території України наведена на рис. 4.2.



Рисунок 4.2. Карта розподілу тривалості сонячного опромінювання на території України [66]

4.4. Прогноз виходу енергії

Оскільки сонячні електростанції є довгостроковими інвестиціями, їх повернення залежить від ряду методологічних і технічних факторів, а прогнозування їх виходу енергії є важливим кроком для оцінки доходу, і мета полягає в оцінці середньорічної виробленої електроенергії протягом усього терміну експлуатації. Проект, який зазвичай оцінюється від 20 до 25 років [67]. У літературі були представлені різні моделі, які оцінюють річний вихід енергії для сонячних фотоелектричних систем, таких як «Чисте хмарне небо», що використовується в Інтернеті та в програмному забезпеченні для фотоелектричного моделювання та представлено [67], де використовуються дванадцятимісячні значення глобального горизонтального сонячного випромінювання, дифузна частка, мінімальна та максимальна температура навколишнього середовища. Для оцінки виходу енергії розробники сонячних фотоелектричних систем здебільшого покладаються на комерційні інструменти моделювання програмного забезпечення, які вимагають даних про сонячне опромінення та температуру з різних джерел сонячної енергії

Кроки для прогнозування виходу енергії фотоелектричної установки:

- Отримання даних про навколишнє середовище з наземних метеорологічних станцій або супутникових джерел (сонячне випромінювання, швидкість вітру та температура).
- Оцінка падаючого опромінення на нахилені панелі для певного кроку в часі.
- Аналіз ефективності сонячної системи щодо змінних параметрів (освітлення, температура).
- Застосування втрат з використанням повної інформації про компоненти установки (інвертори, фотоелектричні панелі, специфікації трансформаторів, розташування масивів та їх конфігурація, деталі електропроводки та особливості забруднення).
- Оцінка невизначеності в даних, які використовуються для розробки правильних рівнів неоднозначності в прогнозуванні енергії.

4.5. Проектування системи

Конструкція системи, яка буде реалізована в проекті, складається з фотоелектричної системи, яка включає фотоелектричні модулі, інвертор і систему накопичення енергії (ESS). Фотоелектрична система складається з різних компонентів, які були відібрані після збору необхідних даних про різні компоненти, що використовуються в моделюванні системи. Вибір ґрунтувався на ефективності та вартості кожного продукту, необхідного для цієї мети. Оскільки центральним компонентом системи є фотоелектричні модулі, для проекту було обрано модулі з монокристалічними та полікристалічними кремнієвими сонячними елементами з різною вихідною потужністю та ефективністю. Вибрані модулі не тільки знижують вартість, але й оптимізують продуктивність системи, оскільки вони мають вищий коефіцієнт ефективності до 20% і довший термін служби понад 25 років [69].

на центральному інверторі для більш тривалого терміну служби [70]. Оскільки сонячна енергія кількісно визначається на основі оцінки потоку енергії за різні часові рамки та в певному місці, де потік кількісно визначається як кВт-год/м² на день, місяць або рік для конкретного місця.

4.5.1. Метеорологічні дані

Для аналізу метеорологічних даних використовується програмний пакет Meteonorm v7.3 (Meteonorm, 2023). Програмне забезпечення, показане на рис. 4.3, дозволяє отримати доступ до історичних часових рядів опромінення та температури для генерації точних метеорологічних даних для надійного моделювання великих фотоелектричних установок, а також систем управління енергією та батарей [71]. Дані, зібрані за допомогою програмного забезпечення, потім імпортуються в PVsyst, програмне забезпечення для моделювання, яке використовується для проектування фотоелектричних систем і оцінки річної прибутковості для кожного вибраного компонента, який потім використовується для економічної оцінки кожного сценарію. Метеорологічні дані, експортовані як файл TMY3 (типовий метеорологічний рік) за допомогою програмного забезпечення, імпортуються до PVsyst для завершення різних моделювань.



Рисунок 4.3. Пакет програм Meteonom 7 v7.3.1 (Meteonom, 2023)

4.5.2. PVsyst i Sketchup

Дані TMY3 із програмного забезпечення Meteonom імпортуються до PVsyst, пакета програмного забезпечення для моделювання, показаного на рис. 4.3, який використовується інженерами та дослідниками для вивчення підключених до мережі фотоелектричних систем і який пропонує підхід із керівництвом у розробці проектів [72]. Програмне забезпечення використовується для моделювання різних комбінацій систем і розрахунку вихідної енергії, оцінки втрат затінення та розрахунку оптимального нахилу для системи сонячної ферми. Вибираючи необхідні компоненти та маніпулюючи різними параметрами, програмне забезпечення дозволяє моделювати різні системні комбінації, а потім порівнювати їх для досягнення оптимального вибору конструкції. Використовується також інше програмне забезпечення, наприклад Google Earth, для оцінки розташування та оцінки прилеглої території, де буде впроваджено систему. Sketchup pro, показаний на рисунку 4.4 для 3D-моделювання з Skelion, доданим як розширення, також

використовується для створення 3D-середовища та попередньої оцінки затінення в місці [73, 74].

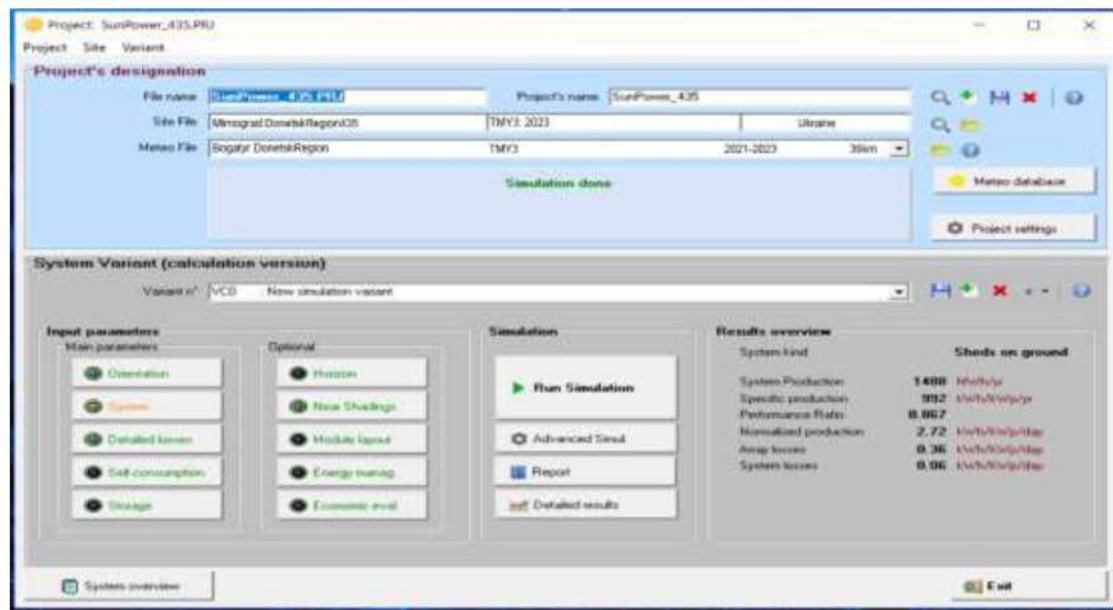


Рисунок 4.4. Програмне забезпечення для фотоелектричного моделювання PVsyst [75].

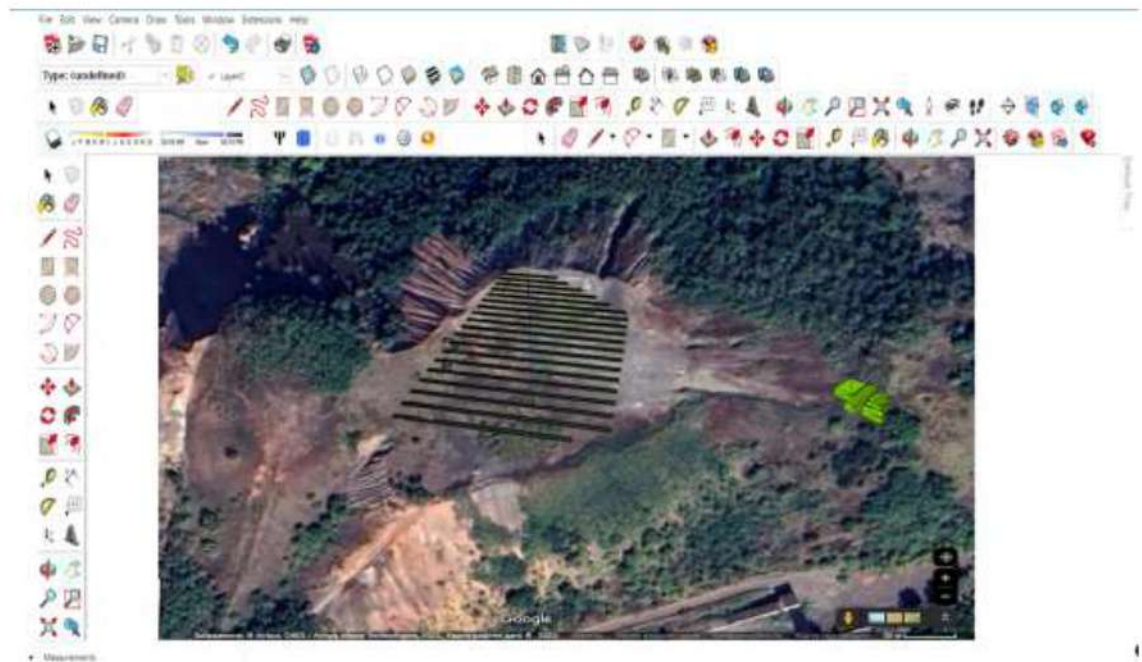


Рисунок 4.5. Програмне забезпечення Sketchup 3D [74].

Документ підписаний за допомогою КЕП на ресурсі paperless.com.ua наступними особами: МЕРЗЛІКІН АРТЕМ ВОЛОДИМИРОВИЧ ДЕКАН ГІРНИЧОГО ФАКУЛЬТЕТУ ДО ДВНЗ ДОННТУ 21.12.2023 09:30, САХНО СВІТЛАНА ВОЛОДИМИРІВНА ФІЗИЧНА ОСОБА 21.12.2023 09:40, АЛЬОХІН ВІКТОР ІВАНОВИЧ ФІЗИЧНА ОСОБА 21.12.2023 09:50, Титаренко Анна Максимівна ФІЗИЧНА ОСОБА 21.12.2023 10:10

4.6. Оптимізація компонентів проєкту

Це важливий крок після етапу попереднього відбору, на якому збирається інформація про різні компоненти для проектування системи, щоб визначити оптимальні компоненти для проєкту. Щоб реалізувати цей крок, необхідно знайти два важливі фактори, які допоможуть оптимізувати результати. По-перше, важливо визначити відстань між рядами, яку слід використовувати для всіх симуляцій, щоб мати можливість моделювати результати для різних комбінацій компонентів і для різних кутів нахилу. Щоб визначити оптимальну геометрію інтервалу між рядами, було виконано обчислення самозатінення між паралельними рядами фотоелектричних модулів під різними кутами нахилу. Після того, як знайдено оптимальну відстань, приймається рішення використовувати її для оцінки вихідної енергії для різних кутів нахилу, щоб визначити оптимальний кут нахилу для прикладу. Інструмент оптимізації PVsyst, показаний на рисунку 4.6, використовується для визначення оптимального кута нахилу для оцінки добової та річної виробленої енергії для всіх комбінацій, щоб прийняти рішення про інтеграцію ESS у систему. Оптимальний інтервал між рядами використовується для виконання ряду симуляцій шляхом зміни вибраних фотоелектричних модулів і кутів нахилу.

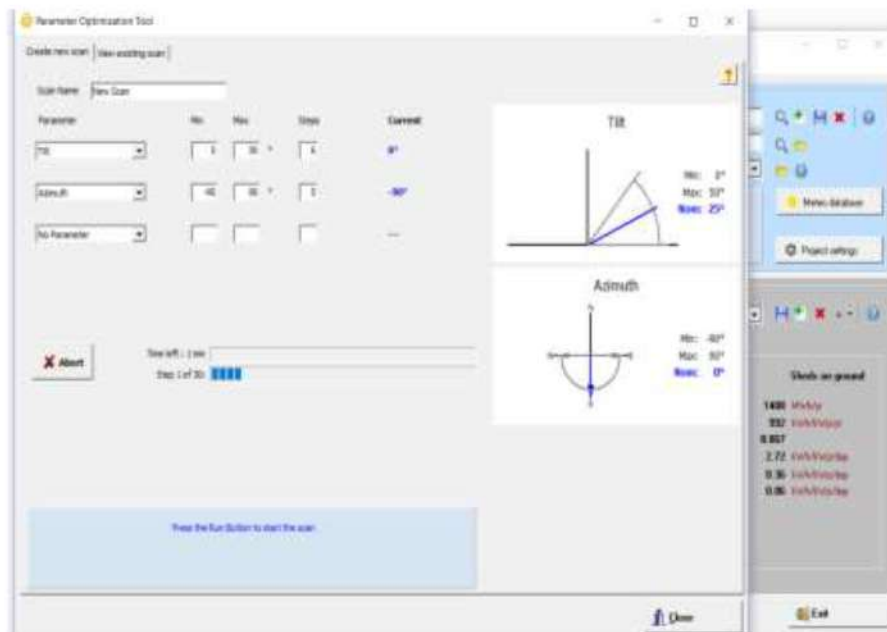


Рисунок 4.6. Інструмент оптимізації системи PVsyst [75].

Після цього попереднього кроку для створення різних звітів, необхідних для проектів, які включають усі необхідні дані для вибору необхідної ємності накопичення енергії, виконується аналіз майже затінених за допомогою різних методів. Спочатку за допомогою програмного забезпечення 3D та обліку всіх об'єктів, що оточують територію, де будуть встановлені фотоелектричні панелі. Цей попередній аналіз затінення супроводжується ще одним 3D-аналізом ближнього затінення, виконаним у PVsyst і зрештою з використанням остаточного інструменту затінення PVsyst, який дозволяє оцінити втрати затінення та коефіцієнт ґрунтового покриття з граничним кутом нахилу для різних параметрів.

Щоб вибрати систему зберігання енергії, яка буде використовуватися для проекту, перше, що потрібно зробити, це визначити ємність накопичувача, який потрібно оцінити, і режим сполучення батареї з фотоелектричною системою та мережею. Вибір базується на потужності накопичувача з використанням щоденного піку генерації протягом року. Як тільки це оцінюється, виконується ретельний відбір після консультацій з веб-

використовували це обладнання, щоб зрозуміти їх можливості та різні застосування, вибираються дві ESS на основі їх ефективності зворотного зв'язку та життєвого циклу, а також їх витрати. Однак через труднощі з отриманням вартості одиниць від компаній-виробників і дистриб'юторів для обох ESS було вирішено використати порівняльну вартість для оцінки капітальних витрат на обладнання, яке використовується для створення ESS. Після вибору ESS було створено два сценарії для обох систем із використанням одного акумулятора для першого сценарію та двох акумуляторів для другого сценарію.

4.7. Калькуляція витрат

Економічна оцінка проекту в дослідженні базується на кінцевій вартості окремих компонентів фотоелектричної системи, ESS накопичувача енергії та їх встановлення, експлуатації та обслуговування (O&M). Методологія в цьому проекті пропонується для того, щоб оцінити, чи є інвестиція в проект прибутковою. Через труднощі зі збором точної вартості всіх компонентів, таких як детальна калькуляція BoS (баланс системи), стелажі, експлуатація та технічне обслуговування, а також знайти еталонну вартість системи в Україні, для цієї роботи капітальні витрати на кожен систему, а також витрати на її експлуатацію та технічне обслуговування були зібрані з оглядів літератури, звітів та оцінені з використанням контрольних показників витрат, наведених у LAZARD, (2018), NREL, (2017) та NREL, (2017) [76 -78].

Після цього попереднього кроку для створення різних звітів, необхідних для проектів, які включають усі необхідні дані для вибору необхідної ємності накопичення енергії. Спочатку за допомогою програмного забезпечення 3D та обліку всіх об'єктів, що оточують територію, де будуть встановлені фотоелектричні панелі.

Усі дані, зібрані на попередніх етапах, які включають результати моделювання для різноманітних фотоелектричних компонентів та їх вартість, а також витрати на експлуатацію та обслуговування, використовувалися для оцінки економічної життєздатності кожної комбінації компонентів і для кожного випадку сценарію. Ці дані використовуються для оцінки економічної ефективності системи протягом її життєвого циклу відповідно до розрахованої чистої теперішньої вартості (NPV), внутрішньої норми прибутку (IRR), періоду окупності (PP) та їх індексу ефективності (PI), які мають бути здатні визначити найкращу комбінацію проекту, яка буде реалізована для отримання найбільшого прибутку від різних змодельованих варіантів. Економічну оцінку було зроблено шляхом створення фінансової моделі в таблицях Excel для кожної системи окремо, щоб мати можливість зберігати та порівнювати результати та звертатися до них у разі потреби.

4.8. Представлення даних

4.8.1. Розташування та орієнтація

Мета цього проекту полягає в тому, щоб використати доступну територію породного відвала ш. Центральна для розробки сонячної електростанції та додавання до неї сховища енергії (ESS) (рис. 3.1).

Земельна ділянка розташована в місці з доступом до залізничних і автомобільних доріг, що полегшує доставку будівельних матеріалів, включаючи машини та обладнання, необхідне для системи сонячної ферми, наприклад, центральний інвертор, сховище акумуляторів і фотоелектричні панелі. Підйом на поверхню відвалу планується по існуючій естакаді автомобільним транспортом (КАМАЗ). Цільова потужність системи (1,5 МВт).

Існує кілька параметрів конструкції сонячних електростанцій, якими можна керувати до встановлення системи, і одним із них є міжрядна

підключених до мережі сонячних електростанцій впливає відстань між масивами, а збільшення відстані між масивами допоможе усунути вплив затінення масивів один одного [79]. Необхідно подумати про мінімальну відстань між рядами, щоб забезпечити технічне обслуговування, коли це необхідно, тому що можливо, що розрахована оптимальна відстань між рядами буде недостатньою для цього. Наприклад, як показано в табл. 4.1., міжрядна відстань, розрахована для нахилу 5° , становить приблизно 0,38 м, що може бути проблемою для доступу між рядами під час технічного обслуговування. У цьому дослідженні передбачається, що фотоелектричні модулі встановлюються найдовшою стороною у вертикальному положенні (портрет), а міжрядна відстань оцінюється для різних кутів нахилу та розмірів фотоелектричних модулів за допомогою таких розрахунків:

Різниця у висоті = $\sin$ (кут нахилу) $\times$ *ширина модуля*

Модуль міжряддя = *різниця у висоті* / $\tan$ (кут висоти сонця)

Мінімальна відстань між рядами модулів = *Відстань між рядами модулів* $\times \cos$ (кут корекції азимута)

Ширина ряду = *Мінімальна відстань між рядами модуля* + $\cos$ (кут нахилу) $\times$ *Ширина модуля*

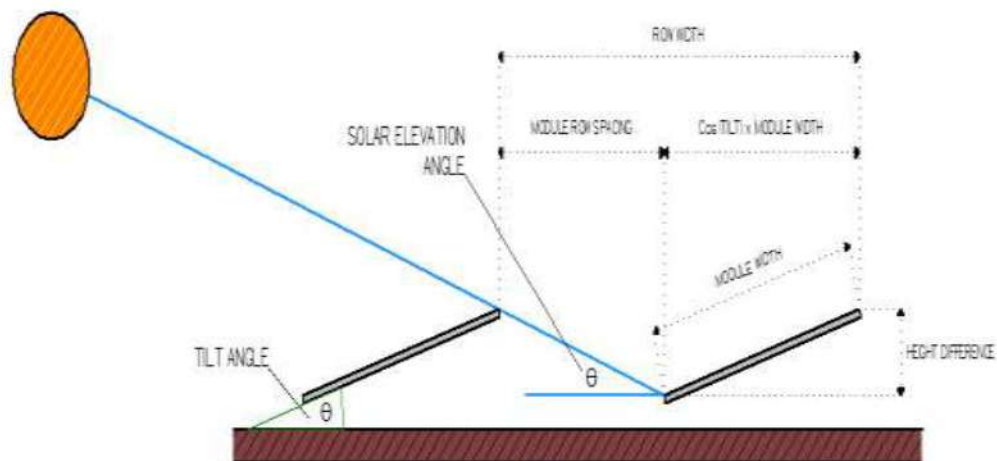


Рисунок 4.8. Міжрядна відстань для фотоелектричних систем [80].

Таблиця 4.1. Міжрядна відстань і повторювана відстань для різних фотоелектричних модулів і кутів нахилу

Кут нахилу (градуси)	30	20	15	10	5
Тип модуля	Sunpower SPR-E20-435-COM (монокрист алічний 435 Вт)	Sunpower SPR-E20-435-COM (монокрист алічний 435 Вт)	Sunpower SPR-E20-435-COM (монокрист алічний 435 Вт)	Sunpower SPR-E20-435-COM (монокрист алічний 435 Вт)	Sunpower SPR-E20-435-COM (монокрист алічний 435 Вт)
Довжина модуля (м)	2.067	2.067	2.067	2.067	2.067
Міжрядна відстань (м)	2.34	1.60	1.21	0.81	0.45
Відстань повторення рядів (м)	6.09	4.88	4.22	3.53	2.81
Кут нахилу (градуси)	30	20	15	10	5
Тип модуля	Jinkosolar JKM 370M-72 (монокрист алічний 370 Вт)	Jinkosolar JKM 370M-72 (монокрист алічний 370 Вт)	Jinkosolar JKM 370M-72 (монокрист алічний 370 Вт)	Jinkosolar JKM 370M-72 (монокрист алічний 370 Вт)	Jinkosolar JKM 370M-72 (монокрист алічний 370 Вт)
Довжина модуля (м)	1.956	1.956	1.956	1.956	1.956
Міжрядна відстань (м)	2.210	1.510	1.140	0.760	0.380
Відстань повторення рядів (м)	5.76	4.62	3.99	3.34	2.65
Кут нахилу (градуси)	30	20	15	10	5
Тип модуля	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV (полікристалічний 305 Вт)	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV (полікристалічний 305 Вт)	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV (полікристалічний 305 Вт)	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV (полікристалічний 305 Вт)	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV (полікристалічний 305 Вт)
Довжина модуля (м)	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
Міжрядна відстань (м)	2.22	1.52	1.15	0.77	0.38

Відстань повторення рядів (м)	5.80	4.65	4.02	3.36	2.67
--------------------------------------	------	------	------	------	------

4.8.2. Оптимальний кут нахилу

На продуктивність фотоелектричної панелі з фіксованим кутом нахилу та кількість виробленої нею електроенергії сильно впливає її кут нахилу. На сонячне випромінювання, яке отримують сонячні батареї, впливає вибраний кут нахилу сонячної енергетичної системи відносно землі, тому що це змінює випромінювання, що досягає поверхні фотоелектричної панелі [82]. Оптимальний вибір нахилу важливий для забезпечення постійної максимальної продуктивності протягом сезону та терміну служби системи. Встановлені на землі системи з фіксованим нахилом використовують два різні кути, які визначають їхню орієнтацію відносно сонця, а саме азимут і кут нахилу [83]. Оптимальний нахил для цього дослідження та для місця, де планується реалізація проекту, оцінюється за допомогою програмного забезпечення Pvsyst з використанням інструменту оптимізації параметрів нахилу, а моделювання виконується для діапазону нахилу від 0° до 30° з кроком 5° . Як показано на рис. 4.8., вихідна енергія системи буде збільшуватися зі збільшенням кута нахилу, а оптимальний кут нахилу в цьому місці становить 30° .

З отриманих результатів і, як показано на графіку (рис. 4.8.), вплив кута нахилу масиву на вихід системи може бути значним і може досягати 20% порівняно з установкою з нульовим нахилом [83]. Оскільки ми оцінюємо, який варіант буде найкращим для найкращих інвестицій, кут нахилу фотоелектричної системи, обраний для аналізу, приймається як нахил 30° для вибраних варіантів.

4.8.3. Мінімальна відстань між масивами

Після знаходження оптимального нахилу шляхом запуску моделювання оптимального кута нахилу в Pvsyst, який становить 30° , як показано на рис. 4.9. можна також помітити, що вихідна енергія масивів досягла свого піку під цим кутом, і зменшення кута нахилу призведе до зниження вихідної енергії. З табл. 4.1. натомість видно, що зменшення кута нахилу призводить до зменшення міжряддя та збільшення ґрунтового покритву на ділянці. Нахил модулів під кутом 30° дозволить лише 32% землі покривати фотоелектричні модулі, а 68% залишаються непокритими через міжрядні відстані, як показано на рис. 4.9 та 4.10.

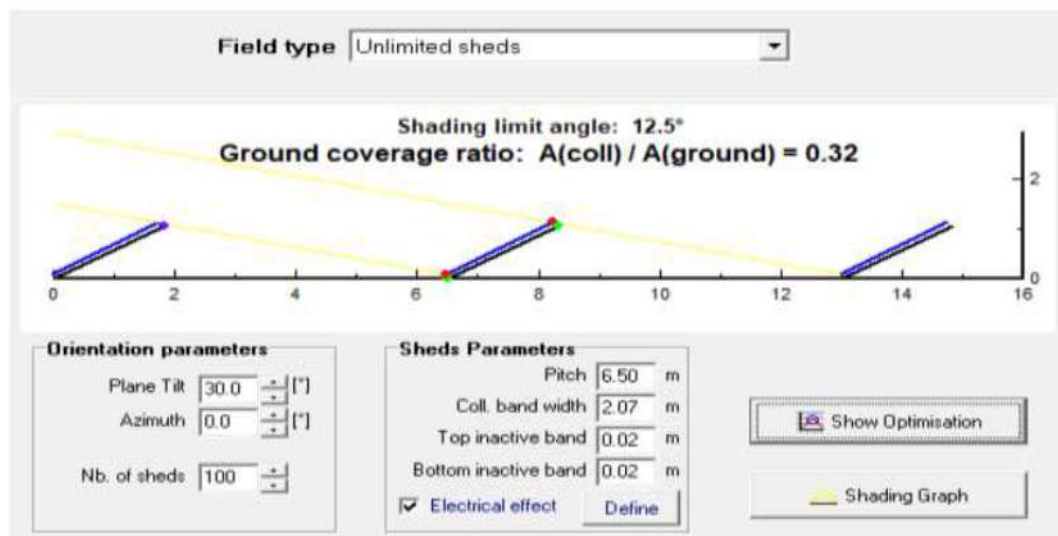


Рисунок 4.9. Навіси Ultimate, кут нахилу 30°

У цьому дослідженні оцінюються різні кути нахилу, щоб оцінити вихідну потужність для різних вибраних фотоелектричних модулів, тому крок міжряддя, для всіх симуляцій, становлять 6 і 6,5 м. Метою планування має бути досягнення максимально можливого прибутку, тому вибрані міжряддя допоможуть зменшити затінення та створити під'їзні шляхи та достатній простір для пересування при обслуговуванні після встановлення системи.

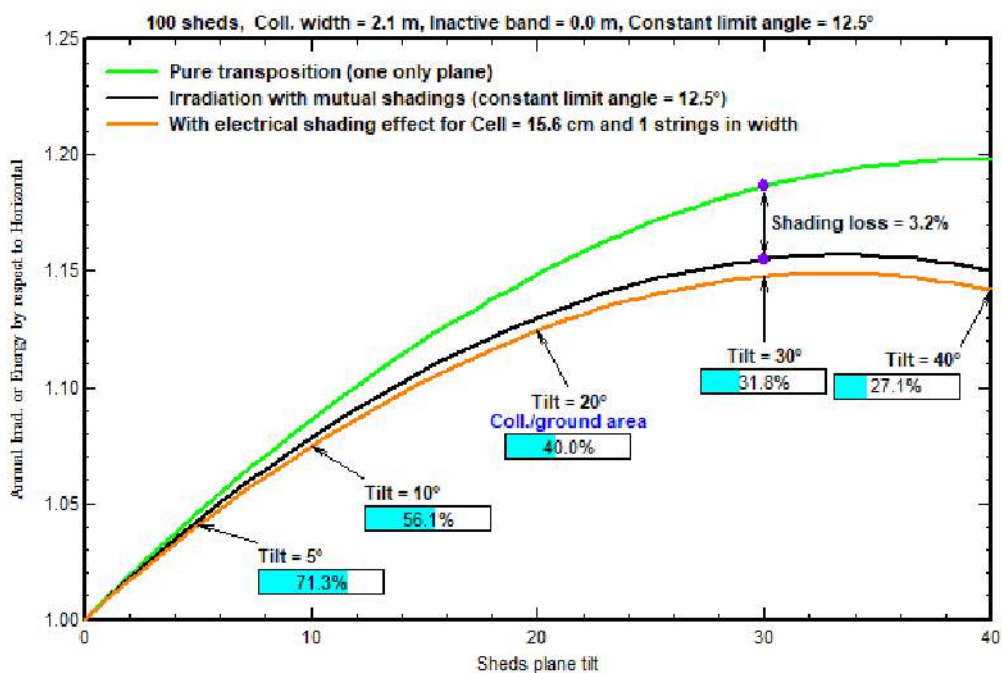


Рисунок 4.10. Оптимізація нахилу та ґрунтового покриття

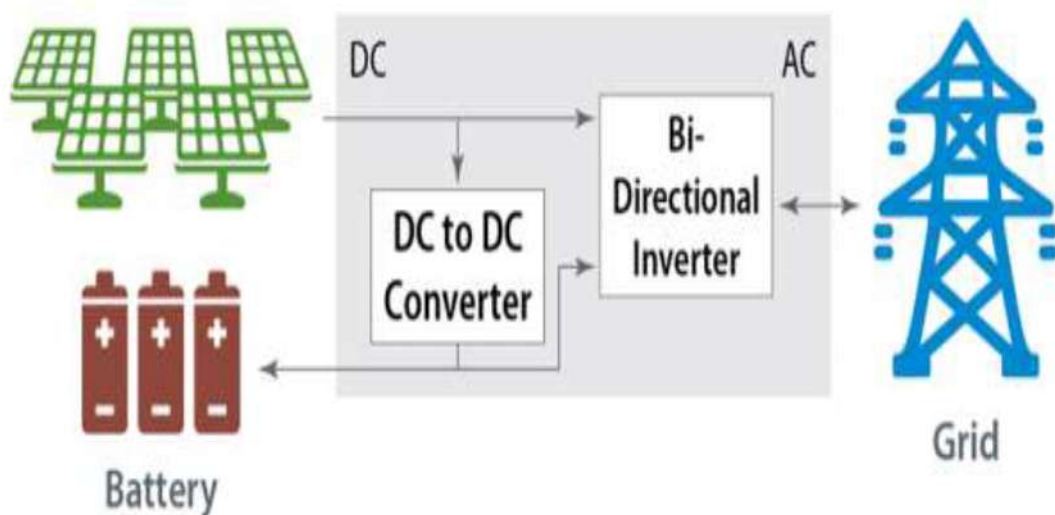


Рисунок 4.11. Фотоелектрична система зі зв'язком за постійним струмом і накопичувач акумулятора [77]

4.9. Капітальні витрати

Капітальні витрати на кожен проект залежать від обраної технології та різних параметрів проекту, його розташування і вони відрізнятимуться від однієї системи до іншої. Капітальна вартість проекту включає фотоелектричні модулі, монтажну конструкцію, інвертори, баланс системи (BoS). У цьому дослідженні через обмеження щодо визначення вартості кожного компонента проекту витрати збираються з огляду літератури, головним чином зі звіту [84] (Utility-Scale Photovoltaics Plus_Energy Storage Порівняльний показник системних витрат), і всі витрати конвертовано з доларів США в гривні).

4.9.1. Витрати на фотоелектричну систему

У табл. 4.2. показано розбивку витрат на різні комбінації фотоелектричних систем, враховуючи витрати на стелажі, електричні компоненти, безпосередню роботу по встановленню, а також планові та позапланові роботи з експлуатації та технічного обслуговування.

Таблиця 4.2. Витрати на комбінації фотоелектричних систем

Фотоелектричні компоненти, встановлення, експлуатація та технічне обслуговування	Вартість (грн)
Фотоелектричні модулі	<u>Вартість одиниці кожного типу модуля:</u> • <u>Sunpower SPR-E20-435-COM</u> - Ціна за одиницю = 14126,13 - Кількість модулів = 3448 - Загальна вартість = 49668532,34 • <u>Jinkosolar JKM 370M-72</u> - Ціна за одиницю = 9111,10 - Кількість модулів = 4058 - Загальна вартість = 36972833,74 • <u>Jinkosolar JKM 305PP-72-DV</u> - Ціна за одиницю = 4678,96

	- Кількість модулів = 4920 - Загальна вартість = 23020487,83 Фінансисти та незалежні інженери припускають, що річна деградація фотоелектричного модуля становить від 0,5% - 0,7% на рік. Для цього дослідження використовується 0,5% деградації для вибраних фотоелектричних модулів.
Інвертори	<u>Вартість одиниці вибраного інвертора:</u> • <u>SMA Sunny Central 500HE-20</u> - Ціна за одиницю = 5105174,03 - Кількість інверторів = 3 - Загальна вартість = 15315522,09
Конструктивні елементи (стелажі)	Вартість стелажа з фіксованим нахилом, згідно з порівняльним аналізом NREL, становить 3,72-7,90/Wdc для PV загального масштабу.
Електричні компоненти	Включає всі електричні компоненти, такі як провідники, трубопровід і фітинги, перехідні коробки, розподільні пристрої, панелі тощо, оцінені NREL за ціною від 4,65 до 6,51 /Wdc.
Безпосередні монтажні роботи	Відповідно до звіту NREL (2018), вартість послуг електриків становить від 729,32 до 1439,57/год залежно від місця розташування. Вартість робочої сили становить від 475,98 до 945/год.
Експлуатація та технічне обслуговування	Вартість експлуатації та технічного обслуговування, включає планове профілактичне технічне обслуговування та ремонтне технічне обслуговування у разі заміни компонентів і оцінюється в 336,07 грн/кВт/рік (NREL, 2018). O&M включає модуль: • Очищення та управління рослинністю. • Перевірка та моніторинг системи. • Заміна компонентів (за винятком інвертора, оскільки він вибраний відповідно до 25 років життєвого циклу проекту). • Керування операцією.
Важливо зазначити, що існують обмеження щодо вартості, яка використовується в дослідженні, через труднощі, виявлені під час збору детальної вартості для кожного компонента проекту, і економічна оцінка включатиме лише вартість встановлення робочої сили та обладнання, електричний BoS та структурні BoS, які також зібрані зі звіту NREL (2018).	
Встановити робочу силу та обладнання	4,42 /Wdc
Електричний BoS	6,51 /Wdc
Структурний BoS	4,04 /Wdc
Технічне обслуговування	554,54 кВт/рік

Фотоелектричні компоненти, встановлення та експлуатація та технічне обслуговування	Вартість (грн)
Фотоелектричні модулі	<u>Вартість одиниці кожного типу модуля:</u> • <u>Sunpower SPR-E20-435-COM</u> - Ціна за одиницю = 14405,03 - Кількість модулів = 3448 - Загальна вартість = 669586,46 • <u>Jinkosolar JKM 370M-72</u> - Ціна за одиницю = 9111,10 - Кількість модулів = 4058 - Загальна вартість = 36972833,74 • <u>Jinkosolar JKM 305PP-72-DV</u> - Ціна за одиницю = 100,66 - Кількість модулів = 4920 - Загальна вартість = 23020487,83 Фінансисти та незалежні інженери припускають, що річна деградація фотоелектричного модуля становить від 0,5% до 0,7% на рік. Для цього дослідження використовується 0,5% деградації для вибраних фотоелектричних модулів.
Інвертери	Вартість одиниці вибраного інвертора: • <u>SMA Sunny Central 500HE-20</u> - Ціна за одиницю = 5105174,03 - Кількість інверторів = 3 - Загальна вартість = 15315522,09
Конструктивні елементи (стелажі)	Вартість стелажа з фіксованим нахилом, згідно з порівняльним аналізом NREL, становить 3,72-7,90/Wdc для PV загального масштабу (NREL, 2018).
Електричні компоненти	Включає всі електричні компоненти, такі як провідники, трубопровід і фітінги, перехідні коробки, розподільні пристрої, панелі тощо, оцінені NREL за ціною від 4,65 до 6,51 грн/Wdc (NREL, 2018).
Безпосередні монтажні роботи	Відповідно до звіту NREL (2018), вартість послуг електриків становить від 729,32 до 1439,57/год залежно від місця розташування. Вартість робочої сили становить від 475,98 до 945/год (NREL, 2018).
Експлуатація та технічне обслуговування	Вартість експлуатації та технічного обслуговування, включає планове профілактичне технічне обслуговування та ремонтне технічне обслуговування у разі заміни компонентів і оцінюється в 336,07 грн/кВт/рік (NREL, 2018). O&M включає модуль: • Очищення та управління рослинністю. • Перевірка та моніторинг системи. • Заміна компонентів (за винятком інвертора, оскільки він вибраний відповідно до 25 років життєвого циклу проекту). • Керування операцією.

Важливо зазначити, що існують обмеження щодо вартості, яка використовується в дослідженні, через труднощі, виявлені під час збору детальної вартості для кожного компонента проекту, і економічна оцінка включатиме лише вартість встановлення робочої сили та обладнання, електричний BoS та структурні BoS, які також зібрані зі звіту NREL (2018).

Встановити робочу силу та обладнання	4,42/Wdc
Електричний BoS	6,51/Wdc
Структурний BoS	4,04/Wdc
Технічне обслуговування	554,54 кВт/рік

Фотоелектричний модуль	Sunpower SPR-E20-435-COM	Jinkosolar JKM 370M-72	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV
Загальна вартість модуля (грн)	49668532,34	36972836,06	23020487,83
Загальна вартість інвертора (грн)	15315522,09	15315522,09	15315522,09
Електрична вартість BoS (грн)	9761392,78	9761392,78	9761392,78
Структурна вартість BoS (грн)	6066008,37	6066008,37	6066008,37
Вартість встановлення робочого обладнання (грн)	6623802,25	6623802,25	6623802,25
Загальна капітальна вартість PV (грн)	87435257,82	74739561,55	60787213,32
Експлуатація та технічне обслуговування (O&M) (грн)	831810,11	831810,11	831810,11

4.9.2. Витрати на систему зберігання енергії (ESS)

У табл. 4.3. представлено загальну вартість системи накопичення енергії (ESS) зі з'єднанням постійного струму та змінного струму, зазначаючи, що у випадку зі з'єднанням постійного струму інвертор розподіляється між фотоелектричною системою та накопичувачем акумулятора, який призводить до зниження загальної вартості системи. Розподіл вартості включає вартість розробника, монтажну працю та обладнання, електричний BoS та центральний інвертор у випадку системи зберігання енергії зі з'єднанням змінного струму (ESS). Витрати на експлуатацію та технічне обслуговування у випадку акумулятора зі

з'єднанням постійного струму зменшуються, оскільки система використовує той самий інвертор.

Таблиця 4.3. Система накопичення енергії (ESS), компоненти, встановлення та витрати на експлуатацію та обслуговування [76, 77].

Система зберігання енергії (ESS) і O&M	Вартість (грн)
Система зберігання енергії постійного струму Eos Aurora 2.0 (ESS)	Повністю інтегроване рішення ESS із загальною встановленою вартістю менше 15631,71 грн/кВт-год згідно з даними виробника. Вартість 4-годинної системи зберігання енергії (ESS), включаючи вартість розробника, монтажну працю та обладнання, електричний BoS, структурний BoS, накопичувач акумулятора. (SPRIT, 2018). Перевагою спільного розміщення акумуляторної батареї з фотоелектричною системою є зниження вартості BoS, оскільки інвертор спільно використовується між фотоелектричною та накопичувальною системами. Вартість зберігання вираховується з вартості ESS (вартість інвертора = 2671832,65). • Вартість одиниці = 59855001,24 грн
Система зберігання енергії Kokam 2 МВт/4 МВт-год (ESS)	Порівняльна вартість накопичення енергії (ESS) для літій-іонної системи, повідомлена RNEL у їхньому звіті за 1 квартал 2018 року для 2-годинної системи накопичення енергії (ESS), включаючи вартість розробника, робочу силу та обладнання, електричний BoS, структурний BoS, літій-іонний акумулятор, а центральний інвертор коштує приблизно 18758,14/кВт-год (NREL, 2017, NREL, 2018). • Вартість одиниці = 75032572,53 грн
Вартість експлуатації та технічного обслуговування	Припускається, що витрати на експлуатацію та технічне обслуговування (O&M) для обох батарей становлять 0,63% від капітальних витрат (LAZARD, 2018). • Eos Aurora 2.0 DC Energy Storage System (ESS) O&M = 393918,68 грн • Kokam 2 МВт/4 МВт-год Система зберігання енергії (ESS) O&M = 472705,21 грн

Капітальні витрати на систему накопичення енергії (ESS) підсумовані в табл. 4.4. Таблиця містить обидва сценарії для двох вибраних систем (з постійним струмом і зі з'єднанням змінного струму з приблизно 50% і 100% фотоелектричної потужності, що зберігається). Капітальні витрати на систему зберігання з підключенням до постійного струму приблизно на 20% нижчі, ніж для системи з підключенням до змінного струму, і приблизно на 16% нижчі для експлуатації та технічного обслуговування, оскільки система потребує менше технічного обслуговування, що є перевагою використання одного шред-інвертора (з підключенням до постійного струму).

Таблиця 4.4. Зведені витрати на систему зберігання енергії (ESS).

	<i>Eos Aurora 2.0 DC Energy Storage System (ESS)</i>	
	<i>Сценарій 1</i>	<i>Сценарій 2</i>
	PV для зберігання ~50%	PV для зберігання ~100%
Кількість батарей	1	2
Капітальні витрати (грн)	59855001,24	119710002,47
Експлуатація та технічне обслуговування (O&M) (грн)	393918,68	787837,36
	<i>Kokam 2MW/4MWh Energy Storage System (ESS)</i>	
	<i>Сценарій 1</i>	<i>Сценарій 2</i>
	PV для зберігання ~50%	PV для зберігання ~100%
Кількість батарей	1	2
Капітальні витрати (грн)	75032572,53	150065145,06
Експлуатація та технічне обслуговування (O&M) (грн)	472705,21	945410,41

4.10. Вартість електроенергії

Загалом, ціна на електроенергію в Україні вночі нижча, ніж удень, а пік попиту припадає на 17-19 годину зі швидким зростанням попиту між 7-9

накопичувачі запрограмовані на роботу за попередньо запрограмованими розкладами або реагування на зовнішні сигнали. Для цього дослідження було вирішено припустити, що ESS попередньо запрограмовано на експорт енергії, накопиченої лише в час пік, і надлишку енергії з Генерація PV експортується в період непікового навантаження протягом дня. Загальний ринок оптових цін на електроенергію коливається залежно від попиту, вимог спекотної погоди, а також попиту, який виникає під час холодів.

У розрахунках прийнято єдиний тариф 2,64 грн/кВт-год, припускаючи, що ці ціни будуть зростати пропорційно росту вітчизняної інфляції, залишаючись незмінними протягом усього життєвого циклу проекту відносно монетарної інфляції ЄС (яку прийнято за нульовий інфляційний рівень для України). Щоб провести аналіз номінальних значень, слід припустити річний рівень інфляції протягом життєвого циклу проекту, оскільки передбачити ціну електроенергії важко. У цьому дослідженні протягом життєвого циклу системи використовується середньорічний рівень монетарної інфляції ЄС - 2,10%.

4.11. Обговорення економічного аналізу

Результати різних моделювань використовувалися на початковому етапі, щоб спочатку оцінити ємність зберігання енергії, яку можна використовувати для різних сценаріїв. Цей крок також був потрібний для оцінки вихідної енергії з фотоелектричної системи, яка може бути експортована в періоди пікового навантаження з системи зберігання енергії з різних фотоелектричних модулів. Разом із витратами на обрані варіанти, які були зведені в табл. 4.2. – 4.4, період окупності, чиста теперішня вартість (NPV), внутрішня норма прибутку (IRR) та індекс ефективності (PI) були витягнуті для кожного конкретного сценарію та для ряду вибраних компонентів, як показано в табл. 4.5., щоб оцінити економічну доцільність проекту в дослідженні та використанні методу розрахунку детального аналізу

економічної ефективності для оцінки розміщених параметрів. Незважаючи на високі капітальні витрати на ESS і додаткові витрати на експлуатацію та технічне обслуговування протягом усього терміну служби всієї системи для різних сценаріїв і комбінацій, результати показують, що комбінації з позитивним NPV і хорошим PI є такими, що з ESS, пов'язаними з постійним і змінним струмом використання однієї батареї (50% PV до батареї). У той час як результати показують, що додавання двох акумуляторних накопичувачів (100% PV до зберігання) погіршує економічну життєздатність проекту, що призводить до негативного значення NPV для всіх випадків. Навіть якщо приблизно 100% енергії, виробленої фотоелектричною системою, зберігається в батареях і експортується за більш високу ціну, період окупності становить від 15 до 18 років. Система накопичення енергії (ESS) представляє собою інвестицію з високим ризиком у випадку використання двох акумуляторних накопичувачів.

Таблиця 4.5 Вимірювання економічної ефективності та обчислення результатів

Eos Aurora 2.0 DC Energy Storage System (ESS)		Сценарій 1	PV для зберігання ~50%
Модуль	Sunpower SPR-E20-435-COM (монокристалічний 435 Вт)	Jinkosolar JKM 370M-72 (монокристалічний 370 Вт)	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV (полікристалічний 305 Вт)
Термін окупності (рік)	14.12	12.65	11.38
NPV (грн)	3692289,58	17780412,28	31353758,64
IRR (%)	6	7	8
PI	1.03	1.13	1.26
Eos Aurora 2.0 DC Energy Storage System (ESS)		Сценарій 2	PV для зберігання ~100%
Модуль	Sunpower SPR-E20-435-COM (монокристалічний 435 Вт)	Jinkosolar JKM 370M-72 (монокристалічний 370 Вт)	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV (полікристалічний 305 Вт)
Термін окупності (рік)	17.26	16.23	15.28
NPV (грн)	-46252199,18	-32209364,24	-18639754,17

IRR (%)	4	4.5	5
PI	0.78	0.83	0.90
Kokam 2MW/4MWh Energy Storage System (ESS)		Сценарій 1	PV для зберігання ~50%
Модуль	Sunpower SPR-E20-435-COM (монокристалічний 435 Вт)	Jinkosolar JKM 370M-72 (монокристалічний 370 Вт)	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV (полікристалічний 305 Вт)
Термін окупності (рік)	15.16	13.54	12.92
NPV (грн)	1905295,11	16578563,57	28943289,13
IRR (%)	5.9	6.8	7.7
PI	1.01	1.11	1.21
Kokam 2MW/4MWh Energy Storage System (ESS)		Сценарій 2	PV для зберігання ~100%
Модуль	Sunpower SPR-E20-435-COM (монокристалічний 435 Вт)	Jinkosolar JKM 370M-72 (монокристалічний 370 Вт)	Jinkosolar JKM 305PP-72-DV (полікристалічний 305 Вт)
Термін окупності (рік)	18.08	17.16	16.35
NPV (грн)	-63565093,74	-4941156,60	-35874549,22
IRR (%)	3	3.5	4
PI	0.73	0.78	0.83
* Період окупності (роки), коли сукупний показник стає додатним			

Головне питання, яке слід завжди задавати, оцінюючи економічну життєздатність будь-якого проекту з відновлюваної енергетики, полягає в тому, чи переважатимуть інвестиційні вигоди витрат протягом усього терміну його експлуатації. З отриманих результатів найбільш можливим варіантом є варіант із використанням фотоелектричного модуля Jinkosolar JKM 305PP-72-DV у поєднанні з однією системою зберігання енергії постійного струму (ESS) Eos Aurora 2.0, що призводить до значення NPV 31353758,64 грн, період окупності приблизно 11 років і IRR 8%, як бачимо, за ним йде Jinkosolar JKM 370M-72 з періодом окупності 12,65 років і приблизно на 50% нижчим значенням NPV (17780412,28) порівняно з найбільш життєздатним варіантом (Jinkosolar JKM 305PP-72-DV PV). Останньою найкращою комбінацією для системи зі з'єднанням постійного струму є та, що використовує Sunpower SPR-E20-435-COM, і це може бути

імітованою вихідною енергією, що наближає період окупності до періоду 14,12 років і NPV 3692289,58 грн приблизно на 88% нижче, ніж варіант із використанням фотоелектричного модуля Jinkosolar JKM 305PP-72-DV.

Продуктивність фотоелектричної системи під кутом нахилу 30° для вибраних модулів вказує на те, що найвища річна фотоелектрична потужність була змодельована для системи з модулем Jinkosolar JKM 370M-72 з продуктивністю масиву 1518,2 МВт·год/рік, за яким слідує Jinkosolar JKM 305PP-72-DV з 1514,20 МВт·год/рік і Sunpower SPR-E20-435-COM, і це пов'язано з втратами якості модуля, які були (-2,5%). Система зберігання була розрахована на зберігання приблизно 50% і 100% пікового добового виходу сонячної енергії протягом року. Для економічної оцінки було обрано дві системи накопичення енергії: систему накопичення енергії Eos Aurora 2.0 на основі цинку, пов'язану з постійним струмом (1 МВт/4 МВт·год, 4 години) зі зниженими капітальними витратами на експлуатацію та обслуговування 59855001,24 і 393918,68 грн/рік порівняно з Kokam 2MW/4MWh літій-іонний AC-Coupled, який становить 75032572,53 для ESS і 472705,21 грн/рік для O&M (сценарій 50%, одна батарея).

4.12. Висновок

Таким чином проведений аналіз вказує на доцільність альтернативного використання земельних ділянок проаналізованих підприємств в якості площ придатних для генерації «зеленої» енергії.

З врахуванням викладеного вище, пропонуються наступні дії з землепорядкування:

- провести обстеження та інвентаризацію породних відвалів і прилеглих земельних ділянок закритих шахт ДП «Мирноградвугілля», ДП «Селидіввугілля», ДП «Добропіллявугілля», встановити площі придатні для монтажу сонячних панелей;

- виконати перереєстрацію перспективних для альтернативного використання земельних ділянок відведених для потреб надрокористування закритих шахт ДП «Мирноградвугілля», ДП «Селидіввугілля», ДП «Добропіллявугілля», згідно порядку;
- позбутися непридатних ділянок, які не використовуються у виробництві і не мають перспектив альтернативного використання;
- розробити проєкт сонячної електростанції і узгодити його у встановленому порядку.

В сьогоденних умовах, дозвіл на зміну цільового призначення земельної ділянки не потрібен. Спочатку необхідна нотаріально засвідчена заява на зміну цільового призначення земельної ділянки, підписана власником, яка і буде підставою для розробки проєкту землеустрою щодо зміни цільового призначення земельної ділянки на наступному етапі [2].

Частиною 6 ст. 20 Земельного кодексу України встановлено, що зміна цільового призначення земельної ділянки не потребує: розроблення документації із землеустрою (крім випадків формування земельної ділянки із земель державної та комунальної власності, не сформованих у земельні ділянки) [2].

Згідно частини 1 ст. 50 Закону України «Про землеустрій» проєкти землеустрою щодо відведення земельних ділянок розробляються у разі формування нових земельних ділянок із земель державної, комунальної власності (крім випадків формування земельних ділянок за іншою документацією із землеустрою) та у разі зміни цільового призначення земельних ділянок у випадках, визначених законом [4].

Проєкт землеустрою щодо відведення земельних ділянок може передбачати формування та/або зміну цільового призначення декількох земельних ділянок, за умови що розпорядником земельних ділянок буде один орган виконавчої влади або орган місцевого самоврядування відповідно до повноважень, визначених ст. 122 Земельного кодексу України [2].

Для розроблення такого проекту необхідно звернутися до землевпорядної організації, у складі якої працює за основним місцем роботи сертифікований інженер-землевпорядник або з ФОПом - сертифікованим інженером-землевпорядником. Перелік таких організацій можна знайти на офіційному сайті Держгеокадастру, де можна також перевірити і наявність чинного сертифіката інженера-землевпорядника. Розробка проекту землеустрою здійснюється на підставі укладеного із землевпорядною організацією договору [2].

Документація із землеустрою розробляється у строк, встановлений договором, який зазвичай становить від 1 до 2 місяців але не більше 6 місяців з моменту укладення договору. Межі земельної ділянки, при потребі, мають бути закріплені межовими знаками встановленого зразка. Проект землеустрою має бути складений у паперовій формі та у формі електронного документу [2].

Відповідно до ст. 50 Закону України «Про землеустрій» проекти землеустрою щодо відведення земельних ділянок включають:

- пояснювальну записку [4];
- матеріали геодезичних вишукувань та землевпорядного проектування (у разі формування земельної ділянки) [4];
- розрахунок розміру втрат лісогосподарського виробництва (у випадках, передбачених законом);
- розрахунок розміру збитків власників землі та землекористувачів (у випадках, передбачених законом) [4];
- перелік обмежень у використанні земельної ділянки [4];
- кадастровий план земельної ділянки [4].

Частиною четвертою ст. 24 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», передбачено, що зміна цільового призначення земельної ділянки допускається виключно за умови дотримання правил співвідношення між новим видом цільового призначення земельної ділянки

містобудівною документацією на місцевому рівні, крім випадків, визначених частиною третьою ст. 20 Земельного кодексу України [2, 3].

Цей етап можна вважати завершеним, коли проєкт землеустрою щодо відведення земельної ділянки при зміні її цільового призначення виготовлений і погоджений і готовий для передачі його до місцевої ради або органу виконавчої влади для затвердження та прийняття рішення про зміну цільового призначення земельної ділянки [4].

Другий етап порядку зміни цільового призначення земельних ділянок передбачає:

- подання проєкту землеустрою щодо відведення земельної ділянки до відповідного органу місцевого самоврядування чи виконавчої влади [4];
- розгляд та затвердження проєкту землеустрою щодо відведення земельної ділянки [4];
- прийняття уповноваженим органом на підставі проєкту відведення земельної ділянки рішення про зміну цільового призначення земельної ділянки, або ж відмову у такій зміні [4].

Для реєстрації змін до відомостей про земельну ділянку необхідно звернутися до державного кадастрового реєстратора у територіальному (районному, міському) органі Держгеокадастру України із заявою про внесення змін до відомостей про земельну ділянку. Якщо інше не передбачено договором про розроблення проєкту, до цього органу має звертатись землевпорядна організація [4].

До заяви додається розроблений та погоджений уповноваженими органами проєкт землеустрою щодо відведення земельної ділянки у паперовому вигляді та у формі електронного документу, а у разі, якщо щодо проєкту проводилась державна експертиза – також оригінал позитивного висновку цієї експертизи [4].

Подана заява протягом 14 днів розглядається державним кадастровим реєстратором територіального органу Держгеокадастру у районі (місті), за

кадастровий реєстратор вносить відомості про зміну цільового призначення земельної ділянки до Державного земельного кадастру [4].

Останнім етапом є реєстрація прав на нерухоме майно в державному реєстрі прав власності на земельну ділянку; це можна зробити, звернувшись до центру надання адміністративних послуг чи нотаріуса з відповідним пакетом документів. В результаті інформація про реєстрацію права за бажанням заявника може бути надана у паперовій формі [4].

5. ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБОТАХ

Топографо-геодезичні роботи виконуються згідно до діючих технічних інструкцій, проектів та настанов [85].

Працівники, відправлені в експедицію, повинні обов'язково проходити попередній медогляд з встановленням придатності стану здоров'я до конкретних видів польових робіт, на які вони направляються для виконання топографо-геодезичних робіт в певних фізико-географічних умовах різних кліматичних зон України [85].

Працівники, які в процесі виконання роботи повинні постійно переміщуватися пішим ходом на значні відстані, підніматися на геодезичні знаки на висоту більше трьох метрів, жити в наметах або тимчасових спорудах польових умовах, харчуватися з «загального котла», повинні проходити періодичні медичні огляди мінімум раз на рік [85].

До початку польових робіт керівництво підприємств, експедицій повинно з'ясувати через санепідемстанції місця епідемічних захворювань, а також ділянки поширення кліщового енцефаліту. Якщо планується проведення польових робіт на цих ділянках, треба всім особам, які плануються до відрядження на відповідні роботи і контролюючим особам, зробити протиенцефалітні та необхідні інші протиепідемічні щеплення, а також провести з працівниками тренінги направлені на ознайомлення з заходами особистої профілактики, щодо ураження кліщовим енцефалітом, опрацювати послідовність дій [85].

Виконувати топографо-геодезичні роботи отримують можливість працівники, зі спеціальної техпідготовкою, прослухали курси щодо безпечних методів роботи у польових умовах, вдало склали іспити і отримали спеціальне посвідчення, що надає їм право виконувати вказані види робіт. Керувати цими роботами у якості керівника бригади, началь-

ного інженера дозволяється особам, які, крім усього вище переліченого, ще й захистили проект щодо організації безпечного ведення робіт на об'єктах [85].

Робітники та студенти навчальних закладів різних рівнів освіти, зараховані в експедицію на роботу або для проходження виробничої практики, повинні прослухати вступний інструктаж про умови роботи та правила внутрішнього розпорядку. Всі результати вступного інструктажу повинні бути занесені в спеціальний журнал з підписами осіб, які проводили (проходили) інструктаж [85].

Начальник бригади обов'язково проводить детальний інструктаж працівників бригади, а також студентів-практикантів, які прибули для проходження виробничої практики, до виїзду на полігон робіт, з правилами і умовами безпечного ведення робіт. В подальшому інструктаж продовжується вже безпосередньо на робочих місцях (полігоні робіт) і має на меті надати навички практичного застосування отриманих теоретичних знань на практиці, щодо прийомів безпечного ведення робіт різних видів, які вони будуть виконувати в польових умовах. Всі члени обов'язково повинні бути навчені безпечному пересуванню по ділянках робіт, користування транспортними засобами, засобам орієнтування на місцевості, правилам поведінки в польовому таборі, надання до медичної та першої медичної допомоги постраждалим та ін. Навчання та інструктаж з правил безпечної роботи повторюються через кожні 6 місяців роботи в польових умовах. Результати навчання на робочому місці практичним прийомом робіт фіксуються в спеціальному протоколі підписами особи, яка проводила навчання, і всіх, хто проходить навчання на робочому місці [85].

Працівники, що виконують вперше роботи за певним професійним напрямком, повинні пройти профтехнавчання згідно програм, розроблених для конкретної спеціальності профільними підприємствами та експедиціями, і після цього пройти персональну перевірку знань в обсягах, що висуваються у якості вимог за тарифно-кваліфікаційним

довідником. Щодо тривалості навчання та інструктажу, то вона повинна тривати:

а) два дні для топографо-геодезичних бригад, які залучаються до робіт в обжитих районах [85];

б) три дні для бригад, які проводять топографо-геодезичні роботи в межах міст, селищ, ліній залізничних колій та автомобільних доріг або ж на об'єктах спецпризначення [85];

в) п'ять днів для топографо-геодезичних бригад, які залучаються до робіт у районах більш віддалених та малозаселених [85].

Повторне навчання працівників правилам безпеки при виконанні конкретних видів робіт керівник бригади проводить за умов:

а) змінюються фізико-географічні умови виконання робіт [85];

б) надходить нова техніка в процесі виконання робіт або ж заплановане впровадження новітніх технологій ведення робіт [85];

в) були виявлені грубі порушення правил безпеки під час виконання робіт, які можуть призвести (призвели) до фактів травмування [85];

г) впроваджується новий вид (процес) робіт, з правилами безпеки при виконанні якого працівники раніше не навчалися [85];

д) керівна організація вводить нові правила та вимоги для безпечного виробництва певних видів робіт або ж були отримані особливих вказівки і розпорядження для цього [85].

На етапі підготовки до виконання польових робіт в експедиціях та на підприємствах з'ясовують всі питання організаційно-технічного порядку: забезпечення необхідними транспортними засобами всіх підрозділів, інструментами та матеріалами, спорядженням, засобами індивідуального захисту, продовольством на увесь період виконання польових робіт. Вирішені питання їх транспортування до місць виконання робіт; організовані (облаштовані) польові бази на полігонах із врахуванням природно-кліматичних зон ділянок виконання робіт; розроблені календарні плани,

ням запланованого часу на виконання робіт, природно-кліматичних умов регіону, зазначенням місць переправ через водні джерела, важкопрохідних ділянок, ділянок із підвищеною небезпекою; визначається (затверджується) склад підрозділів для проведення польових досліджень, призначаються керівники різних бригад, особи, які будуть відповідальні за обслуговування транспортних засобів, обладнання для проведення геодезичного знімання і т.д.. Розробляються заходи по охороні праці, протипожежної безпеки на етап виконання робіт у польових умовах; визначаються терміни закінчення робіт в польових умовах, порядок за яким буде відбуватися повернення робітників на місця базування [85].

На підставі зібраних матеріалів керівник бригади (виконавець) складає робочий проект на проведення робіт, який затверджується начальником партії [85].

В експедиціях, ще до виконання робіт в польових умовах, проводять заходи організаційно-технічного характеру направлені на створення здорових, безпечних умов праці на етапі виробництва робіт в польових умовах. Під час проведення заходів організаційно-технічного характеру найбільше уваги надається саме проробці питань робочого та технічного проектування і організації робіт виходячи з інформації, яка була отримана щодо районів у яких розташовуються об'єкти досліджень [85].

На етапі підготовки до робіт в польових умовах необхідно розробити маршрути, за якими буде відбуватися переміщення бригад на ділянці досліджень, враховуючи всі наявні відомості щодо розташування мостів, доріг, ділянок лісних насаджень з використанням матеріалів аерофотозйомки, даних лісових господарств та ін. [85].

Робітники направлені в експедицію для виконання робіт в польових умовах, повинні пройти курси надання першої до медичної допомоги за наявності нещасних випадків, таких як переломи, опіки, кровотечі і т. ін. Один з робітників в бригаді для виконання польових досліджень пови-

нен володіти знаннями при наданні першої медичної допомоги на рівні санітарного інструктора [85].

Польові бази і стоянки табору повинні облаштовуватися в населених пунктах чи неподалік них і це потрібно заздалегідь погоджувати з органами місцевої влади. До складу польових баз входять житлові та робочі приміщення, стан яких повинен відповідати вимогам санітарії щодо споруд тимчасового призначення та мати всі предмети побуту необхідні для нормальних умов роботи та тимчасового проживання [85].

Бази призначені для польових експедицій та партій потрібно снабдити засобами для пожежотушіння, а саме вогнегасниками, сокирами, бочками з водою, лопатами, ящиками з піском, та ін. Бази з яких відбувається постачання продовольства, спорядження, обладнання та спецодягу повинні розташовуватися якнайближче до ділянок на яких виконуються роботи [85].

При виконанні робіт польових умовах бригади повинні виходити зв'язок з начальником партії мінімум два рази на добу згідно зі складеним розкладом. Планування тривалості виконання польових робіт має відбуватися з урахуванням певних умов а також специфіки виконуваних робіт [85].

Переміщення бригад, як пішим ходом, так і на автотранспорті, забороняється в нічний час доби та під час погіршення погодних умов; також діє заборона на переміщення поодинці або залишення одного працівника у польовому таборі на ніч. Похідна медична аптечка повинна бути у кожній бригаді [85].

Працівники і студенти які направлені для проходження практики повинні вміти орієнтуватися за сонцем, зірками, компасом, а також предметами на місцевості, по карті і повинні завжди знати маршрут і напрямки руху бригади. Йдучи в маршрут, керівник бригади зобов'язаний залишати в таборі опис маршруту руху і на кожному зазначеному пункті за

переправи, початок небезпечної частини маршруту) залишати записки із зазначенням дати і часу вибуття і терміни повернення. Кожна бригада повинна мати: карту з нанесеним маршрутом руху, по можливості аерозйомок, сигнальні засоби, аварійний запас продуктів [85].

Кожен, хто працює в малообжитих районах повинен мати олівець, папір, компас і індивідуальний недоторканий запас продовольства, що включає харчові концентрати, сірники у вологозахисній оболонці, гачки, волосіні для лову риби. Індивідуальна забезпеченість потрібними засобами перевіряється керівником бригади [85].

Забороняється працювати в малообжитих, віддалених та важкопрохідних районах з бригадою складом менше трьох чоловік, не рахуючи транспортних робітників (шоферів, трактористів тощо). Забороняється в процесі пересування бригад по ділянці робіт поділ бригад на групи. При проведенні робіт на територіях міст, населених пунктів, по лініях залізниць, по автомагістралях до складу бригад повинні вводитися два сигнальніка [85].

Забороняється переміщення бази польової партії або постійного табору бригади на нове місце без завчасного повідомлення відсутніх працівників та керівництва експедиції про точне місцезнаходження нової бази та детального зазначення умов їх знаходження [85].

У степних районах табір слід розбивати з підвітряного боку, у понижених ділянках рельєфу, балках. У лісових районах місця для розбивки табору повинні вибиратися на рівних, наскільки можна, безлісних і відкритих, сухих ділянках, захищених від вітру. У районах розповсюдження енцефалітичних кліщів і комах місця для табору вибирають на відкритій галявині, що добре прогрівається сонцем, при необхідності, місце стоянки очищають від хмизу, чагарника і, по можливості, від трави [85].

Влітку під променями сонця потрібно працювати з покритою головою. У найбільш жаркі години дня слід переривати роботу та переносити її на ранній ранковий та передвільний час [85].

Не рекомендується розбивати табір у густій гушавині дерев, тому що в таких місцях більше комарів, а намети після дощу повільно просихають. У суху пору року такі місця, за наявності розміщення в них людей, є найбільш пожежонебезпечними [85].

У холодну пору року житлові приміщення повинні утеплюватись та обладнатися обігрівальними приладами (опалювальні печі на газовому або твердому паливі тощо). Забороняється залишати в приміщеннях без постійного нагляду запалені печі та обігрівальні прилади. Забороняється застосування саморобних обігрівальних приладів [85].

Кожен працюючий, який помітив небезпеку, яка загрожує людям, спорудам та майну, зобов'язаний вжити невідкладних заходів для її усунення і негайно повідомити про це свого безпосереднього керівника. Керівник робіт зобов'язаний вжити заходів до усунення небезпеки, при неможливості усунення - припинити роботи, вивести працюючих у безпечне місце і повідомити старшого за посадою [85].

При виконанні робіт слід враховувати, що жінки не допускаються до перенесення вантажів вагою понад 20 кг, а чоловіки - вагою понад 50 кг на відстані понад 60 м. Для переміщення вантажів на великі відстані повинні застосовуватися спеціальні пристосування. При перенесенні вантажів в маршруті граничне навантаження для чоловіків 30 кг, для жінок 15 кг по рівній місцевості, по пересічній місцевості відповідно 20 і 10 кг [85].

До початку робіт у містах, населених пунктах, на територіях спеціального призначення, по лініях залізниць і автомагістралей необхідно отримувати від органів, що видають цією територією, дозвіл на право виконання робіт та інструкції з безпечного ведення робіт на зазначених територіях. Всі роботи мають виконуватися з дотриманням чинного законодавства про охорону навколишнього середовища. Несприятливі наслідки на довкілля під час виробництва геодезичних робіт повинні ліквідуватися організаціями, які проводять ці роботи [85].

Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом електроустановки та механізми повинні бути забезпечені засобами захисту та засобами надання першої медичної допомоги [85].

Ручний інструмент (лопати, молотки, кувалди, ключі, сокири, пилки, бурова та ін.), що видається в польові підрозділи, повинен відповідати технічним умовам, за якими він виготовляється, та протягом польового сезону утримуватися у справному стані. Інструменти з гострими різальними кромками або лезами повинні зберігатися та переноситися у захисних чохлах або сумках. Ручний інструмент, що застосовується при роботі на висоті, щоб уникнути його падіння, повинен зберігатися в спеціальних сумках, а під час роботи прив'язуватися до руки (петлю на ручці інструменту надіти на кисть руки) [85].

При виконанні робіт підвищеної небезпеки повинні пред'являтися підвищені вимоги до персоналу, який виконує ці роботи, його навчання та інструктажу безпечним прийомам та методам роботи, організації робочих місць, розробленню та проведенню заходів щодо захисту працюючих, їх забезпеченню засобами індивідуального захисту, підвищенню особистої та адміністративної відповідальності працюючих стан безпеки праці на об'єктах підвищеної небезпеки. До виконання робіт підвищеної небезпеки допускаються особи, які пройшли спеціальну технічну підготовку та навчання правилам безпечного ведення цих робіт, пройшли медичний огляд та мають медичний висновок за станом здоров'я на допуск до робіт підвищеної небезпеки [85].

Особливо небезпечні ділянки робіт та виробничі об'єкти підвищеної небезпеки, які становлять загрозу для працюючих, мають бути нанесені на робочу схему ділянки топографо-геодезичних робіт. На території ці ділянки та зони небезпечних робіт повинні позначатися ясно видимими попереджувальними та вказівними знаками. Усі питання, що стосуються організації робіт на цих об'єктах, повинні узгоджуватися з організаціями, які

за нарядом-допуском та у присутності представників цих організацій. Польовим бригадам (партіям), які виконують топографо-геодезичні роботи на даних об'єктах, повинні бути видані конкретні розпорядження з техніки безпеки із зазначенням небезпечних зон, з якими кожен працівник має бути ознайомлений особисто. Усі працюючі повинні пройти інструктаж щодо вимог безпеки у конкретних умовах роботи та мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту [85].

Усі працівники, які беруть участь у будівництві знаків, спостереженнях пунктів тріангуляції та інших топографо-геодезичних роботах на висоті повинні мати медичний висновок про допуск до робіт на висоті [85].

Кожен виконавець робіт несе відповідальність за порушення норм та правил з охорони праці відповідно до чинного законодавства. Робітники, які не виконують вимог щодо техніки безпеки, згідно правил та інструкцій з охорони праці за їхніми професіями або видами виконуваних робіт, залежно від тяжкості допущених порушень та їх наслідків, притягуються до дисциплінарної або кримінальної відповідальності в порядку, встановленому законодавством [85].

Забороняється приймати на роботу або допускати до роботи осіб, яким за станом здоров'я протипоказані певні види робіт та професії [85].

Забороняється проведення топографо-геодезичних робіт без відповідного дозволу та вжиття належних запобіжних заходів поблизу повітряних і кабельних ліній електрозв'язку, нафто- та газопроводів, лісопожежних зон, залізниць та інших об'єктів підвищеної небезпеки, що становлять загрозу для життя та здоров'я працюючих [85].

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи вирішено актуальне завдання з розробки способу ефективного використання деградованих земельних ділянок породних відвалів закритих вугільних шахт Донецької області.

Після масового закриття вугільних шахт України земельні ділянки, вилучені свого часу з аграрного фонду, стають втраченими для господарства деградованими територіями. Це площі зайняти породними відвалами, відстійниками, хвостосховищами, промисловими площадками. На відміну від деградованих земель кар'єрів вказані ділянки шахт важко відновити навіть після традиційної рекультивації.

Аналіз напрямків використання деградованих територій в світі дозволив знайти новий тренд у їх використанні. Сутність його у використанні деградованих земель в якості об'єктів генерації «зеленої» сонячної енергії. Ідея магістерської роботи полягає у використанні площ «плато» породних відвалів закритих шахт в якості територій для сонячних електростанцій. Це дозволяє з одного боку ввести деградовані землі в експлуатацію, а з іншого не допустити виділення високоцінних пахотних земель під сонячні електростанції. Для реалізації наведеної ідеї серед низки проблем, які треба вирішити, слід змінити категорії призначення земельних ділянок, що відведені підприємствам для ведення господарської діяльності.

В магістерській роботі проведено оцінку площ породних відвалів закритих вугільних шахт Донецької області. На основі аналізу карт було визначено можливі резерви використання ділянок цих підприємств.

Після цього були запропоновані варіанти оснащення на території породних відвалів сонячних електростанцій на прикладі терикону шахти Центральна ДП «Мирноградвугілля». Визначено параметри фотоелектричної системи: кут нахилу модулів 30 градусів, відстань міжряддя 6,6 м.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що найбільш

JKM 305PP-72-DV у поєднанні з однією системою зберігання енергії постійного струму (ESS) Eos Aurora 2.0, що призводить період окупності приблизно 11 років. Ще однією ефективною комбінацією для системи зі з'єднанням постійного струму є та, що використовує Sunpower SPR-E20-435-COM, і це може бути пов'язано з високою ціною за одиницю модуля і його низькою імітованою вихідною енергією, що наближає період окупності до 14,12 років.

Розроблено порядок дій в галузі землевпорядкування для забезпечення реалізації такого варіанту використання земельних ділянок. Наведені заходи з охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кодекс України про надра (Відомості Верховної Ради України (ВВР)), 1994, № 36, ст. 340). Введений в дію Постановою ВР № 133/94-ВР від 27.07.94, ВВР, 1994, № 36, ст. 341.
2. Земельний кодекс України (Відомості Верховної Ради України (ВВР)), 2022, №3-4, ст.27.
3. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» (Відомості Верховної Ради України (ВВР)), 2011, № 34, ст.343.
4. Закон України «Про землеустрій» (Відомості Верховної Ради України (ВВР)), 2003, № 36, ст. 282.
5. Наказ Державного комітету України із земельних ресурсів «Про затвердження Класифікації видів цільового призначення земель», 23.07.2010, №548.
6. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель» (Відомості Верховної Ради України (ВВР)), 2020, №46, ст.394.
7. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546) 25.06.91, № 1264-XII.
8. Tymchuk. Review of the Global Experience in Reclamation of Disturbed Lands. / I. Tymchuk, M. Malovanyu, O. Shkvirko, N. Chornomaz and others. Ecological Engineering & Environmental Technology 2021, 22(1), 24–30.
9. Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості: навчальний посібник / Забалуєв В.О., Балаєв А.Д., Тараріко О.Г. та ін.; за ред. д-рів, проф. В.О. Забалуєва та В.В. Дегтярьова. – Вид. 2-ге, змін. і допов. Х. ФОП Бровін, 2017. 348 с.
10. Надточій П.П., Мислива Т.М., Морозов В.В. та ін. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель. Київ, 2007. 420 с.

11. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості. навч. пос. / В.І.Купчик та ін.: за ред . В.І. Купчика. К.: Кондор, 2016. 414 с.
12. Lima, A. T., Mitchell, K., O'Connell, D. W., Verhoeven, J., & Van Cappellen, P. The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. *Environmental Science & Policy*, 2016. 66, 227–233.
13. Kazmierczak, U., Ptak, M., Podolski, R. Reclamation of post mining areas. REMIX Ienterreg Europe/European Regional Development Fund, 2017. 1-15.
14. Legwaila, I. A., Lange, E., & Cripps, J. Quarry reclamation in England: A review of techniques. *Jasmr*. 2015. 4(2), 55-79.
15. Pietrzyk-Sokulska, E., Uberman, R., & Kulczycka, J. The impact of mining on the environment in Poland – myths and reality. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*. 2015. 31(1), 45–64.
16. Antwi, E. K., Boakye-Danquah, J., Asabere, S. B., Takeuchi, K., & Wiegand, G. Land cover transformation in two post-mining landscapes subjected to different ages of reclamation since dumping of spoils. *SpringerPlus*. 2014. 3(1), 702.
17. Citizen's guide to coal mining and reclamation in Indiana. Indiana Department of Natural Resources. Division of reclamation. 2007, 1-38.
18. Burger, J. A. Sustainable mined land reclamation in the eastern US coalfields: A case for an ecosystem reclamation approach. In *Proceedings of the National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation*, Bismark, ND, USA. 2011. 15, 113-141.
19. Schladoweiler, B. K. 40 years of the Surface Mining Control and Reclamation Act (SMCRA): what have we learned in the State of Wyoming. *International Journal of Coal Science & Technology*. 2018. 5(1), 3–7.
20. Sloss, L. (2013). Coal mine site reclamation. IEA Clean Coal Centre, Retrieved February 1 2013 , from <https://www.iea-coal.org/report/coal-mine-site-reclamation-ccc-216/>.

21. Davis, V., Burger, J.A., Rathfon, R., Zipper, C.E. & Miller C.R. (2017) Chapter 7: Selecting Tree Species for Reforestation of Appalachian Mined Lands. US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. Retrieved February 23 2017 from <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/54356>.

22. Skousen, J., & Zipper, C. E. (2014). Post-mining policies and practices in the Eastern USA coal region. *International. Journal of Coal Science & Technology*, 1(2), 135–151.

23. Іванов Є.А., Біланюк В.І. Проблеми рекультивації і ревіталізації земель, порушених гірничими роботами: IV міжнародна науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», 6-10 листопада 2017, Трускавець: Державна комісія України по запасах корисних копалин. 2017. с. 262-270.

24. Kuter, N.. Reclamation of Degraded Landscapes due to Opencast Mining. *Advances in Landscape Architecture*. 2013. pp. 823-858.

25. Ender, M., Beyza, S. G., & Meric, K.. Natural plant revegetation on reclaimed coal mine landscapes in Agacli-Istanbul. *African Journal of Biotechnology*. 2011. 10(16), 3248–3259.

26. Kirilov, I., & Banov, M. Ecological characteristics of reclaimed areas in Pernik mines region, Bulgaria. *Agricultural Science and Technology*. 2017. 9(2), pp. 151-159.

27. Lohmus, K., Kull, A., Truu, J., Truu, M., Kaar, E., Ostonen, I. & Kurvits, V. The reclamation of the North Estonian oil shale mining area. In *Multifunctional Land Use*. 2007. pp. 387-401. Springer, Berlin, Heidelberg.

28. Kuznetsova, T., Rosenvald, K., Ostonen, I., Helmisaari, H. S., Mandre, M., & Lohmus, K. Survival of black alder (*Alnus glutinosa* L.), silver birch (*Betula pendula* Roth.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in a reclaimed oil shale mining area. *Ecological Engineering*, 36(4), 2010. pp. 495-502.

29. Korjus, H., Laarmann, D., Sims, A., Paluots, T., & Kangur, A.. Assessment of novel forest ecosystems on post-mining restoration site in Aidu,

technologies. In Proceedings University of West Hungary Press. 2014. pp. 35-44. Sopron, University of West Hungary Press.

30. Kaar, E.. Afforestation of flattened oil shale quarries. In: Kaar E, Kiviste K (eds) Mining and rehabilitation in Estonia. Eesti Maaulikool, Tartu, Estonia. 2010. pp. 129-154.

31. Quinkenstein, A., Freese, D., Bjhm, C., Tsonkova, P., & Huttl, R. F.. Agroforestry for MineLand Reclamation in Germany: Capitalizing on Carbon Sequestration and Bioenergy Production. In Advances in Agroforestry. 2012. pp. 313–339.

32. Hildmann C., Schlenstedt J.. Biodiversität: Arten und Lebensraume in den Bergbaufolgelandschaften des ostdeutschen Braunkohlenbergbaus: Rekultivierung und Revitalisierung der Bergbaufolgelandschaften in Polen und Deutschland, 2730 May 2019, pp. 99-100, Lisbon, Portugal: Alle.

33. <https://www.researchluxembourg.org/en/belval-the-innovation-campus/>

34. <https://www.agora.lu/belval/belval/>

35. <https://energytransition.in.ua/project/1977/>

36.

https://texty.org.ua/articles/84351/Zeleni_terykony_nimeckogo_Donbasu_Jak_Rur_vidmovyvsa-84351/

37. Раціональне використання та охорона земель: навч. посіб. / Р.М. Панас. Львів: Новий світ. 2008. 352 с.

38. Segin T., Hnatysh S., Maslovska O., Halushka A., & Zaritska Y.. Biochemical indicators of green photosynthetic bacteria *Chlorobium limicola* response to Cu^{2+} action. The Ukrainian Biochemical Journal. 2020. 92(1). 103–112.

39. Бровко Ф.М. Сучасні проблеми та здобутки лісової рекультивації відвальних ландшафтів в Україні. Лісове і садово-паркове господарство, 2012. 1. с. 24-46.

40. Malovanyy, M., Shandrovyh, V., Malovanyy, A., Polyuzhyn. I..

on the Quantitative Characteristics of Treated Sewage Water. Journal of Chemistry. 2016 (8). pp. 1-9.

41. Malovanyy, M., Moroz, O., Hnatysh, S., Maslovska, O., Zhuk, V., Petrushka, I., Nykyforov, V. & Sereda, F.. Perspective Technologies of the Treatment of the Wastewaters with High Content of Organic Pollutants and Ammoniacal Nitrogen. Journal of Ecological Engineering. 2019. 20(2). pp. 8-15.

42. Tymchuk, I., Malovanyy, M., Shkvirko, O., Zhuk, V., Masikevych, A., & Synelnikov, S.. Innovative creation technologies for the growth substrate based on the man-made waste - perspective way for Ukraine to ensure biological reclamation of waste dumps and quarries. International Journal of Foresight and Innovation Policy. 2020. 14(2-4). pp. 248-263.

43. Martyna Konieczna-Fuławka, Marcin Szumny, Krzysztof Fuławka, Izabela Jaśkiewicz-Proć, Katarzyna Pactwa, Aleksandra Kozłowska-Woszczycka, Jari Joutsenvaara and Päivi Aro. Challenges related to the transformation of post-mining under-2 ground workings into underground laboratories. Sustainability 2023, 15.

44. <https://ru.dsisolar.com/info/solar-power-in-south-africa-a-look-at-the-coun-49612415.html>

45. <https://anc-project.com/ua/news/tehnologii-na-osnovi-alternativnih-dzherel-energii/v-egipte-postroyat-samyj-bolshoj-solnechnyj-park-v-mire.html>

46. <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/krupnejshuyu-v-evrope-solnechnuyu-elektrostantsiyu-podklyuchili-k-seti-vo-frantsii>

47. <https://balkangreenenergynews.com/north-macedonia-completes-first-solar-park-on-abandoned-coal-pit/>

48. UK Department for BEIS, 2019. Solar photovoltaics deployment.: <https://www.gov.uk/government/statistics/solar-photovoltaics-deployment>

49. GOV.UK, 2019. Solar photovoltaics deployment.: <https://www.gov.uk/government/statistics/solar-photovoltaics-deployment>

50. Solar Power Portal, 2019. UK battery storage capacity could reach 70% growth in 2019 as business models evolve.: <https://www.solarpowerportal.co.uk/news/uk-battery-storage-capacity-could-reach-70-growth-in-2019-as-business-models-evolve>

https://www.solarpowerportal.co.uk/blogs/uk_battery_storage_capacity_could_reach_70_growth_in_2019_as_business_model

51. Solar Power World Online, 2018. Use cases for utility solar+storage.: <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/12/use-cases-for-utility-solar-storage/>

52. Scientific American, 2019. Utility-Scale Energy Storage Will Enable a Renewable Grid.: <https://www.scientificamerican.com/article/utility-scale-energy-storage-will-enable-a-renewable-grid/>

53. Wolfe, P. R., 2012. Chapter IIE-2 - Solar Parks and Solar Farms. Practical Handbook of Photovoltaics (Second Edition), 01(01), pp. 943-962.

54. Peter, J., Daphne, C. & David, H., 2015. Spotlight on solar farms.: <http://eprints.glos.ac.uk/693/1/Spotlight%20on%20Solar%20Farms.pdf>

55. Renewable Energy, 2011. Renewable Energy Solar Farms. : https://www.montcopa.org/DocumentCenter/View/5049/Renewable-Energy_Solar-Farms?bidId

56. Castillo, C. P., Silva, F. B. e. & Lavallo, C., 2016. An assessment of the regional potential for solar power generation in EU-28. Energy Policy, 88(01), pp. 86-99. Determining Module Inter-Row Spacing. : <https://www.civicsolar.com/support/installer/articles/determining-module-inter-row-spacing>

57. Land Mark Dividend, 2019. What are Solar Farms. : <https://www.landmarkdividend.com/what-is-a-solar-farm/>

58. Park Insurance, 2019. Setting Up a Solar Farm: Costs, Funding and How To Run It Effectively. : <https://parkinsurance.co.uk/solar-farm-cost-setting-up/>

59. Scognamiglio, A., 2015. 'Photovoltaic landscapes': Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. 55(01), pp. 629-661.

60. Jones, P., Comfort, D. & Hillier, D., 2013. Spotlight on solar farms.

61. Edgar F.M. Abreu, Canhoto, P., Prior, V. & Melicio, R., 2018. Solar resource assessment through long-term statistical analysis and typical data generation with different time resolutions using GHI measurements. *Renewable Energy*, 127(01), pp. 398-411.

62. Gallego, A. & Camacho, E., 2012. Estimation of effective solar irradiation using an unscented Kalman filter in a parabolic-trough field. *Solar Energy*, 86(12), pp. 3512-3518.

63. Silva-Pérez, S. M.-T. M., Lillo-Bravo & L. Ramírez-Santigosa, 2016. Solar resource assessment in Seville, Spain. Statistical characterisation of solar radiation at different time resolutions. *Solar Energy*, 132(01), pp. 430-441.

64. Zawilska, E. & Brooks, M., 2011. An assessment of the solar resource for Durban, South Africa. *Renewable Energy*, 36(12), pp. 3433-3438.

65. Kumar, A. et al., 2014. Field Experiences with the Operation of Solar Radiation Resource Assessment Stations in India. *Energy Procedia*, 49(01), pp. 2351-2361.

66. Карти України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://geomap.land.kiev.ua>

67. Muñoz, J. & Perpiñán, O., 2016. A simple model for the prediction of yearly energy yields for grid-connected PV systems starting from monthly meteorological data. *Renewable Energy*, 97(01), pp. 68-688.

68. Ineichen, P., 2014. Long Term Satellite Global, Beam and Diffuse Irradiance Validation☆. *Energy Procedia*, 48(01), pp. 1586-1596.

69. Sendy, A., 2018. Finding the Best Silicon Solar Panels in the USA In Light of New Import Tariff. : <https://www.solar-estimate.org/news/2018-04-22-finding-the-best-silicon-solar-panels-in-the-usa-in-light-of-new-import-tariff>.

70. SMA academy, 2018. Inverter in large scale PV plants. : https://www.sma.de/fileadmin/Partner/Solaracademy/Downloads/EN/PV-Power%20Plants%201-Inverter_EN-123610_web.pdf.

71. Meteonorm, 2023. Meteonorm Software. : <https://meteonorm.com/en/>.

72. PVsyst, 2023. Array incidence loss (IAM). : http://files.pvsyst.com/help/iam_loss.htm.
73. skelion, 2023. <http://skelion.com>. : <http://skelion.com>.
74. sketchup, 2023. sketchup pro. : <https://www.sketchup.com>.
75. PVsyst, 2023. Array incidence loss (IAM). : http://files.pvsyst.com/help/iam_loss.htm.
76. LAZARD, 2023. LAZARD.: <https://www.lazard.com/media/450774/lazards-levelized-cost-of-storage-version-40-vfinal.pdf>
77. NREL, 2017. Evaluating the Technical and Economic Performance of PV Plus Storage Power Plants. : <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/68737.pdf>.
78. NREL, 2017. U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017. : <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/68925.pdf>.
79. S. Sánchez-Carbaja; P. M. Rodrigo, 2018. Optimum Array Spacing in Grid-Connected Photovoltaic Systems considering Technical and Economic Factors. : <https://www.hindawi.com/journals/ijp/2019/1486749/>.
80. civicsolar, 2019. Solar Array Tilt Angle and Energy Output. : <https://www.civicsolar.com/support/installer/articles/solar-array-tilt-angle-and-energy-output>.
81. PVsyst, 2019. Array incidence loss (IAM). [Online] http://files.pvsyst.com/help/iam_loss.htm.
82. solarselections, 2011. Solar Panel Installation: How Tilt, Shading and Orientation Affect Performance. : <http://www.solarselections.co.uk/blog/solar-panel-installation-how-tilt-shading-and-orientation-affect-performance>.
83. EIA, 2018. Most utility-scale fixed-tilt solar photovoltaic systems are tilted 20 degrees-30 degrees. : <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=37372>.
84. NREL, 2018. U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2018. : <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72399.pdf>.

85. Правила з техніки безпеки на топографо-геодезичних роботах (ПТБ-88), НАОП 8.5.20-1.01-89 (НПАОП 74.2-1.01-89). 1989 р. 25 с.