

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ МЕНЕДЖМЕНТУ ТА МАРКЕТИНГУ
КАФЕДРА МІЖНАРОДНОЇ ЕКОНОМІКИ**

На правах рукопису
УДК 330.322(477):346

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)
“ _____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 051 «Економіка»

спеціалізації «Міжнародна економіка»

на тему: «Посилення міжнародної інвестиційної привабливості України у сфері сонячної енергетики»

Виконав: студент 6 курсу, групи УС-71мп

Тодуров Володимир Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник: доцент, д. е. н. Гайдуцький І.П.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент: професор, д. ф.-м. н. Капустян В.О.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет (інститут)	менеджменту та маркетингу
Кафедра	міжнародної економіки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	051 Економіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ С. В. Войтко
(підпис)
«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Тодурову Володимирі Олександровичу

1. Тема дисертації: Посилення міжнародної інвестиційної привабливості України у сфері сонячної енергетики, науковий керівник дисертації: Гайдуцький Іван Павлович, доктор економічних наук, доцент кафедри міжнародної економіки, затверджені наказом по університету від «12» вересня 2018 р. № 3506-с.

2. Термін подання студентом дисертації 8 грудня 2018 року.

3. Об'єкт дослідження: організація процесу залучення іноземних інвестицій в сектор сонячної енергетики України.

4. Предмет дослідження: теоретичні, методологічні та прикладні аспекти системи економічних відносин, що виникають між іноземними інвесторами та державою Україна з приводу реалізації проектів сонячної енергетики.

5. Мета дослідження: теоретичне обґрунтування, вироблення науково-методичних засад і практичних пропозицій, спрямованих на покращення

інвестиційного клімату для міжнародних компаній в Україні у сфері альтернативної енергетики.

6. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- дослідити сутність поняття альтернативних джерел енергії;
- визначити місце альтернативної енергетики в загальній системі виробництва електроенергії;
- оцінити потенціал використання сонячної енергетики в Україні;
- проаналізувати ризики інвестування у сонячні електростанції;
- визначити переваги впровадження децентралізованих аукціонів для залучення міжнародних інвестицій;
- дослідити характер тарифного стимулювання підприємницької діяльності в сфері сонячної енергетики;
- обґрунтувати доцільність використання технології Blockchain в енергетиці;
- встановити переваги та недоліки використання смарт-контрактів в проектах сонячних електростанцій;
- розробити практичні рекомендації щодо поліпшення інноваційного клімату в Україні у сфері сонячної енергетики.

7. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: не менше 23 рисунків та 5 таблиць.

8. Дата видачі завдання 12 вересня 2018 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
виконання магістерської дисертації
студентом Тодуровим Володимиром Олександровичем

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Закріплення студента за науковим керівником магістерської дисертації	03.09.2018	
2.	Вибір теми магістерської дисертації та затвердження її на засіданні кафедри	05.09.2017	
3.	Розробка змісту магістерської дисертації та видача завдання науковим керівником	12.09.2018	
4.	Підписання завідувачем кафедри листа «Завдання на магістерську дисертацію студента»	14.09.2018	
5.	Підбір літератури за темою дослідження та її аналіз	21.09.2018	
6.	Підготовка теоретичного розділу та погодження його змісту з науковим керівником	12.10.2018	
7.	Проведення аналізу об'єкта економічного дослідження	02.11.2018	
8.	Узагальнення результатів аналізу та виявлення невикористаних резервів у діяльності досліджуваного об'єкта	06.11.2018	
9.	Завершення підготовки другого розділу	08.11.2018	
10.	Розробка та обґрунтування удосконалень, які є основою третього, рекомендаційного розділу	23.11.2018	
11.	Узагальнення отриманих наукових результатів всієї роботи та підготовка загальних висновків	30.11.2018	
12.	Оформлення магістерської дисертації та перевірка її науковим керівником	02.12.2018	
13.	Доопрацювання магістерської дисертації задля усунення виявлених керівником недоліків	04.12.2018	
14.	Проведення попереднього захисту та оформлення відгуку науковим керівником	06.12.2018	
15.	Подання магістерської дисертації для перевірки на плагіат і проходження нормоконтролю	08.12.2018	
16.	Надання магістерської дисертації рецензенту. Підготовка рецензентом офіційної рецензії за встановленим зразком	10.12.2018	
17.	Підготовка доповіді та наочних матеріалів до захисту	15.12.2018	
18.	Захист магістерської дисертації перед ЕК	згідно із затвердженим графіком	

Студент

Науковий керівник
магістерської дисертації

(підпис)

(підпис)

В.О. Тодуров
(ініціали, прізвище)

І.П. Гайдуцький
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Сторінок 88	Рисунків 23	Таблиць 5	Додатків 0
Дослідження на прикладі:	сонячної енергетики як складової частини ринку електроенергії, а також підприємств, що здійснюють діяльність у її межах.		
Мета дослідження:	теоретичне обґрунтування, вироблення науково-методичних засад і практичних пропозицій, спрямованих на покращення інвестиційного клімату для міжнародних компаній в Україні у сфері альтернативної енергетики.		
Завдання дослідження	<ul style="list-style-type: none"> – дослідити сутність поняття альтернативних джерел енергії; – визначити місце альтернативної енергетики в загальній системі виробництва електроенергії; – оцінити потенціал використання сонячної енергетики в Україні; – проаналізувати ризики інвестування у сонячні електростанції; – визначити переваги впровадження децентралізованих аукціонів для залучення міжнародних інвестицій; – дослідити характер тарифного стимулювання підприємницької діяльності в сфері сонячної енергетики; – обґрунтувати доцільність використання технології Blockchain в енергетиці; – встановити переваги та недоліки використання смарт-контрактів в проектах сонячних електростанцій; – розробити практичні рекомендації щодо поліпшення інноваційного клімату в Україні у сфері сонячної енергетики. 		
Предмет дослідження:	теоретичні, методологічні та прикладні аспекти системи економічних відносин, що виникають між іноземними інвесторами та державою Україна з приводу реалізації проектів сонячної енергетики.		
Об’єкт дослідження:	організація процесу залучення іноземних інвестицій в сектор сонячної енергетики України.		
Наукова новизна	<p><i>удосконалено:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – систему стимулювання конкуренції між операторами СЕС на ринку електроенергії; – порядок організації процесу залучення іноземних інвестицій за допомогою децентралізованих аукціонів; <p><i>отримали подальший розвиток:</i></p>		

	<p>– поняття «децентралізований аукціон» як автоматизована система з загальнодоступною децентралізованою базою даних, в якій з використанням технології блокчейн та мережі Інтернет в режимі реального часу безперервно і відкрито для необмеженого кола осіб здійснюється збір, візуалізація і зберігання інформації про об'єкти аукціонів, авторизація учасників аукціонів, а також надання, зіставлення і прийняття цінових пропозицій (ставок) учасників аукціонів;</p> <p>– механізм подальшого стимулювання розвитку відновлюваної енергетики шляхом активізації інвестиційної діяльності.</p>
--	--

Ключові слова: інвестиційна привабливість, сонячна енергетика, відновлювальні джерела енергії, децентралізований аукціон, смарт-контракти.

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація присвячена дослідженню можливостей посилення міжнародної інвестиційної привабливості сектору сонячної енергетики в Україні. Досліджено сутність поняття альтернативних джерел енергії. Визначено місце альтернативної енергетики в загальній системі виробництва електроенергії. Надано оцінку потенціалу використання сонячної енергетики в Україні. Проаналізовано ризики інвестування у сонячні електростанції. Визначено переваги впровадження децентралізованих аукціонів для залучення міжнародних інвестицій. Досліджено характер тарифного стимулювання підприємницької діяльності в сфері сонячної енергетики в Україні. Обґрунтовано доцільність використання технології Blockchain в енергетиці. Встановлено переваги та недоліки використання смарт-контрактів в проектах сонячних електростанцій. Розроблено практичні рекомендації щодо поліпшення інноваційного клімату в Україні у сфері сонячної енергетики.

ABSTRACT

The master's dissertation is devoted to the study of opportunities for strengthening the international investment attractiveness of the solar energy sector in Ukraine. The essence of the concept of alternative energy sources is explored. The place of alternative energy in the general system of power generation is determined. The estimation of the potential of solar energy use in Ukraine is given. The risks of investing in solar power plants are analyzed. The advantages of introducing decentralized auctions for attraction of international investments are determined. The nature of tariff stimulation of entrepreneurship in the field of solar energy in Ukraine is explored. The expediency of using Blockchain technology in power engineering is substantiated. Found advantages and disadvantages of using smart contracts in solar power projects. Practical recommendations

for improving the innovative climate in Ukraine in the field of solar energy have been developed.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1	14
ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	14
1.1. Альтернативні джерела енергії, їх місце в загальній системі виробництва електроенергії.....	14
1.2. Особливості роботи сонячних електростанцій	24
1.3. Потенціал технології Blockchain та смарт-контрактів як новітніх факторів розвитку економіки.....	28
Висновки до розділу 1	36
РОЗДІЛ 2.....	38
МОТИВАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ BLOKCHAIN В СОНЯЧНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ	38
2.1. Оцінка потенціалу використання сонячної енергії в Україні	38
2.2. Аналіз інвестиційної привабливості та ризиків, пов'язаних з інвестуванням у сонячні електростанції.....	48
2.3. Використання смарт-контрактів в сонячній енергетиці.....	58
Висновки до розділу 2	63
РОЗДІЛ 3.....	65
ПОСИЛЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ	65
3.1. Децентралізований аукціон як інструмент проведення тендерів на залучення міжнародних інвестицій.....	65
3.2. Технологічні та нормативні рекомендації для поліпшення умов співпраці з міжнародними інвесторами у сфері сонячної енергетики.....	72
Висновки до розділу 3	78
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Кредитні рейтинги України від незалежних рейтингових агентств станом на 2018 рік характеризують економічне становище в країні як стабільне, але недостатньо привабливе для міжнародних інвесторів. Економічний розвиток України наряду залежить від створення сприятливого інвестиційного клімату, оскільки інвестиції є важливим елементом ринкової економіки, основою для розвитку виробництва та підприємницької діяльності. Висока інвестиційна привабливість є ключовим чинником підвищення рівня конкурентоспроможності України, забезпечення стабільного економічного росту. Залучення іноземних інвестицій може стати інструментом виходу з кризи для України. Привабливим сектором для розвитку проектів з іноземними інвестиціями є альтернативна енергетика.

Розвиток альтернативних джерел енергії, зокрема сонячних електростанцій, вирішує проблему залежності від постачання енергоносіїв закордону, що сприяє зміцненню енергетичної безпеки України. Екологічний аспект полягає у скороченні об'ємів викидів вуглекислого газу в атмосферу та вирішення ряду проблем охорони довкілля. Підтримуючи загальносвітові тренди збільшення частки ВДЕ в виробництві електроенергії та маючи вигідне географічне розташування, Україна отримує значний потенціал створення енергоефективної економіки.

Фактором інвестиційної привабливості України може стати використання революційних технологічних рішень в секторі сонячної енергетики. Важливим технічним завданням є створення незалежної та автономної системи, яка збільшить впевненість іноземних інвесторів у прозорості процедури інвестування в Україну.

Дослідження характеру розвитку альтернативної енергетики, її особливостей, переваг та потенціалу використання проводили у своїх працях такі вітчизняні та зарубіжні вчені, як Г. Бабієв, С. Войтко, В. Герасимчук, І. Гайдуцький, А. Мхитарян, Д. Дероган, С. Нараєвський, С. Катишев, О. Попель, А. Касич, Ю. Морозова, А. Кім,

Дж. Андерсон, Д. Шендлер, М. Сембірінг та інші. Однак, в наукових працях досі мало досліджуваними залишаються питання актуальних сучасних підходів технічної реалізації потенціалу сонячної енергетики як привабливої сфери для іноземних інвестицій, тому цей аспект потребує подальшого дослідження.

Метою дипломної роботи є теоретичне обґрунтування, вироблення науково-методичних засад і практичних пропозицій, спрямованих на покращення інвестиційного клімату для міжнародних компаній в Україні у сфері альтернативної енергетики.

Виходячи з мети дослідження, в роботі поставлені такі **завдання**:

- дослідити сутність поняття альтернативних джерел енергії;
- визначити місце альтернативної енергетики в загальній системі виробництва електроенергії;
- оцінити потенціал використання сонячної енергетики в Україні;
- проаналізувати ризики інвестування у сонячні електростанції;
- визначити переваги впровадження децентралізованих аукціонів для залучення міжнародних інвестицій;
- дослідити характер тарифного стимулювання підприємницької діяльності в сфері сонячної енергетики;
- обґрунтувати доцільність використання технології Blockchain в енергетиці;
- встановити переваги та недоліки використання смарт-контрактів в проектах сонячних електростанцій;
- розробити практичні рекомендації щодо поліпшення інноваційного клімату в Україні у сфері сонячної енергетики.

Об'єктом дослідження є організація процесу залучення іноземних інвестицій в сектор сонячної енергетики України.

Предметом дослідження є теоретичні, методологічні та прикладні аспекти системи економічних відносин, що виникають між іноземними інвесторами та державою Україна з приводу реалізації проектів сонячної енергетики.

Методи дослідження. Дослідження ґрунтується на використанні системного підходу, що полягає в комплексному дослідженні розвитку альтернативної енергетики в Україні. Крім того, у роботі застосовувались наступні методи: системно-аналітичний – для аналізу інвестиційних ризиків у проекти сонячних електростанцій, логічного моделювання при визначенні можливостей та загроз використання смарт-контрактів; порівняльного аналізу з метою виявлення закономірностей, відмінностей та спільних характеристик загальносвітових та регіональних тенденцій розвитку сонячної енергетики; статистичного аналізу – для порівняння окремих економічних показників інвестиційної привабливості України; аналізу та синтезу з метою оцінки причин, які перешкоджають стрімкому розвитку альтернативної енергетики в Україні в сучасних умовах; абстрактно-логічний – для узагальнення теоретичних положень, встановлення причинно-наслідкових зв'язків і формування висновків та пропозицій.

Теоретико-інформаційну основу дослідження становлять аналітичні звіти профільних агенцій, статистичні дані міжнародних та державних інститутів, законодавчі і нормативні акти, підручники, навчальні посібники, статті з журналів і газет провідних сучасних фахівців, результати досліджень та прогнозів підприємств відповідної спеціалізації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у дослідженні та подальшому розвитку теоретичних засад щодо покращення інвестиційної привабливості України у сфері сонячної енергетики в контексті тенденцій розвитку економіки країни. Положення магістерської дисертації, що визначають її наукову новизну і виносяться на захист, полягають у наступному:

удосконалено:

- систему стимулювання конкуренції між операторами СЕС на ринку електроенергії;
- порядок організації процесу залучення іноземних інвестицій за допомогою децентралізованих аукціонів;

отримали подальший розвиток:

– поняття «децентралізований аукціон» як автоматизована система з загальнодоступною децентралізованою базою даних, в якій з використанням технології блокчейн та мережі Інтернет в режимі реального часу безперервно і відкрито для необмеженого кола осіб здійснюється збір, візуалізація і зберігання інформації про об'єкти аукціонів, авторизація учасників аукціонів, а також надання, зіставлення і прийняття цінових пропозицій (ставок) учасників аукціонів;

– механізм подальшого стимулювання розвитку відновлюваної енергетики шляхом активізації інвестиційної діяльності.

Практичне значення одержаних результатів. Сформульовані та обґрунтовані в магістерській дисертації наукові положення можуть бути використані для підвищення привабливості сектору сонячної енергетики України для міжнародних інвестицій з урахуванням специфіки чинного законодавства та структури ринку електроенергії.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаної літератури. Загальний обсяг дисертації становить 88 сторінок друкованого тексту. Дисертація містить 5 таблиць та 23 рисунка. Список використаних джерел налічує 72 найменування.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

1.1. Альтернативні джерела енергії, їх місце в загальній системі виробництва електроенергії

Одним з пріоритетних напрямків розвитку енергетики в ХХІ ст. є широке використання відновлюваних джерел енергії, що мають величезні ресурси, які дозволяють зменшити негативний вплив енергетики на навколишнє середовище, підвищити енергетичну та екологічну безпеку. До традиційних джерел енергії відносяться: невідновлювані, що включають вугілля, природний газ, нафту, уран; відновлювальні, що включають гідроенергетику, деревину у вигляді дров.

Сучасна енергетика в більшості базується на невідновлюваних джерелах енергії, які, маючи обмежені запаси, є вичерпаними і не можуть гарантувати сталий розвиток світової енергетики на довготривалу перспективу, а їх використання – один з головних чинників, що призводить до глобального погіршення стану навколишнього середовища і його кризового стану.

Використання альтернативних джерел енергії вирішує ряд екологічних та економічних проблем. Сонячні, вітрові та гідроелектростанції мають значно менше викидів вуглекислого газу в атмосферу, порівняно з тепловими електростанціями, що використовують вугілля. Альтернативна енергетика є інструментом досягнення енергетичної безпеки для країн-імпортерів енергоносіїв, які прагнуть стати незалежними від експортерів. Володіння такими джерелами енергії, як нафта і газ, завжди використовувалося не тільки в якості статті прибутків для держав, а й засобом політичного впливу. Але навіть країни, що володіють власними джерелами енергії, наприклад, газом, відчують деякі труднощі. Наприклад, для того, щоб провести його у віддалений населений пункт або до промислового об'єкту,

необхідно проводити багатокілометрові труби. Набагато зручніше в цьому випадку було б побудувати локальні вітрові або сонячні електростанції.

Ще одним важливим питанням є пошук альтернативи бензину. В результаті наукової діяльності в цій сфері, з'явилося біопаливо. Причому технології виробництва такого виду палива постійно вдосконалюються, так як його ресурси практично безмежні. Єдиною перепорою для подальшого розвитку та широкого впровадження є гроші, оскільки вартість біопалива залишається високою. Тому інвестори ставлять цілі пошуку нових видів палива, які будуть не тільки відновлювальними та екологічними, а ще й економічно вигідними.

Єдиного визначення альтернативних джерел енергії немає. У міжнародному праві використовуються декілька позначень для альтернативних джерел енергії, а саме: відновлювальні, нові, нетрадиційні тощо. У практиці ЄС використовуються терміни «альтернативні джерела» та «відновлювальні джерела енергії». [8, 9].

Директива 2009/28/ЕС розглядає відновлювальні джерела енергії в комплексі та зазначає, що енергія з відновлювальних не викопаних джерел включає вітрову, сонячну, аеротермічну, геотермальну та океанічну енергії, гідроенергію, біомасу, газ з органічних відходів, газ з очищених стічних вод та біогаз. При цьому пояснюється, що аеротермічна енергія — отримана у вигляді тепла в атмосферному повітрі, геотермальна — отримана у вигляді тепла з під поверхні землі, гідротермальна — отримана у вигляді тепла поверхневих вод, біомаса — біологічна частка продукції, відходів і залишків біологічного походження від сільського господарства, у тому числі рослинних і тваринних речовин, лісового господарства і суміжних галузей, у тому числі рибальства і аквакультури, а також біологічної частини промислових та побутових відходів [8, 10].

У Статуті Міжнародного агентства з відновлювальних джерел енергії (IRENA) зазначено, що термін «відновлювальна енергія» передбачає всі форми енергії, що постійно виробляються усіма відновлювальними джерелами та включає: біоенергію, геотермальну енергію, гідроенергію, енергію океану, у тому числі енергію приливів

та відливів, хвильову та теплову енергію океану, сонячну енергію, енергію вітру [11].

Законодавство України також використовує термін «альтернативні джерела енергії». Так, альтернативні джерела енергії – це відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, гідротермальна, аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів [3].

Даючи визначення поняттю «альтернативне паливо» слід відмітити, що воно вважається альтернативним за таких умов:

- 1) якщо паливо виготовлене (видобуте) повністю з нетрадиційних джерел і видів енергетичної сировини або є сумішшю альтернативного і традиційного видів палива у пропорціях, встановлених відповідно до державних стандартів;
- 2) якщо паливо виготовлене (видобуте) з нафтових, газових, нафтогазоконденсатних родовищ непромислового значення, вичерпаних родовищ, з важких сортів нафти і за своїми ознаками відрізняється від вимог до традиційного виду палива;
- 3) якщо нормативи екологічної безпеки та наслідки застосування альтернативних видів палива для довкілля і здоров'я людини відповідають вимогам, встановленим законодавством України для традиційних видів палива [1, 2].

Здебільшого енергію альтернативних джерел енергії використовують для перетворення в електричну і в теплову енергію. Характерною особливістю відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) є здатність відновлювати свій потенціал за короткий проміжок часу – в межах строку життя одного покоління людей. Також важливою особливістю є розповсюдженість та доступність таких джерел по всьому світу, в той час як традиційні джерела енергії концентруються в певних

географічних районах. Крім того, перевагою таких джерел є екологічність – вони не завдають шкоди навколишньому середовищу. Основний принцип використання відновлюваних джерел енергії полягає в вилученні енергії з процесів, що постійно відбуваються в навколишньому середовищі і наданні цієї енергії для технічного застосування.

ВДЕ можна класифікувати за видами енергії: [5]

- 1) механічна енергія (енергія вітру і потоків води);
- 2) теплова і промениста енергія (енергія Сонця і тепла Землі);
- 3) хімічна енергія (енергія, укладена в біомасі).

Відновлювальні джерела енергії характеризуються високою якістю і використовуються в основному для виробництва електроенергії. Якщо використовувати поняття якості енергії – коефіцієнт корисної дії, що визначає частку енергії джерела, яка може бути перетворена в механічну роботу, то ВДЕ можна характеризувати наступним чином: якість гідроенергії характеризується значенням 0,6-0,7; вітрової – 0,3-0,4. Якість теплових і променистих ВДЕ не перевищує 0,3-0,35. Ще нижче показник якості сонячного випромінювання, що використовується для фотоелектричного перетворення – 0,15-0,3. Якість енергії біопалива також відносно низька і, як правило, не перевищує 0,3 [7].

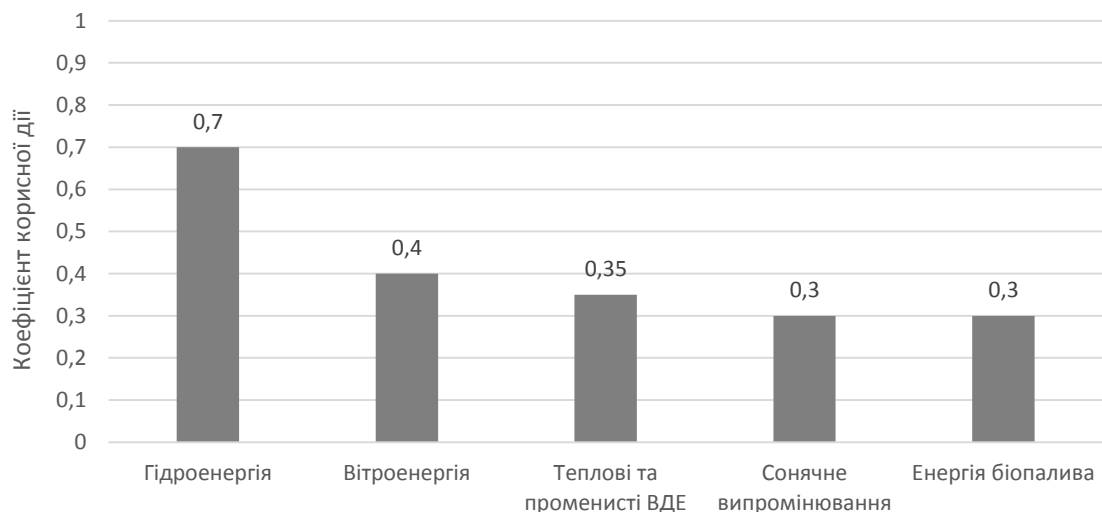


Рис. 1.1. Максимальні значення ефективності для різних типів ВДЕ
(складено автором на основі [7])

Більш розгорнуту класифікацію альтернативних джерел енергії дає Міжнародне енергетичне агентство (IEA) [6]:

- 1) сонячна енергія: випромінювання Сонця, що використовується для одержання гарячої води й електричної енергії;
- 2) енергія вітру: кінетична енергія вітру, що застосовується для виробництва електроенергії у вітрових турбінах;
- 3) гідроенергія: потенційна, або кінетична, енергія води, перетворена на електричну енергію за допомогою гідроелектростанцій, як великих, так і малих;
- 4) геотермальна енергія: теплова енергія, що надходить із земних надр, зазвичай, у вигляді гарячої води або пари;
- 5) енергія припливів, морських хвиль і океану: механічна енергія припливних потоків або хвиль, що використовується для виробництва електричної енергії;
- 6) тверда біомаса та тваринні продукти: біологічна маса, у тому числі будь-які матеріали рослинного походження, що використовуються безпосередньо як паливо або перетворюються на інші форми перед спалюванням (деревина, рослинні відходи та відходи тваринного походження; деревне вугілля, яке одержують з твердої біомаси);
- 7) газ чи рідина з біомаси: біогаз, отриманий у процесі анаеробної ферментації біомаси та твердих відходів, який спалюється для виробництва електрики і тепла;
- 8) муніципальні відходи: матеріали, що спалюються для продукування теплової та електричної енергії (відходи житлового, комерційного та громадського секторів);
- 9) промислові відходи: тверді й рідкі матеріали, що спалюються безпосередньо, зазвичай, на спеціалізованих підприємствах, для виробництва теплової й електричної енергії.

Отже, одного визначення поняття «альтернативних джерел енергії» не існує і різні аналітичні агенції та державні законотворці трактують АДЕ на свій лад, однак загальний принцип зберігається. Альтернативні джерела енергії – це будь-яке джерело, що є альтернативою викопному паливу.

Таблиця 1.1.

Перелік альтернативних джерел енергії

Джерело	Трактування поняття АДЕ
Директива 2009/28/ЕС	Енергія вітрова, сонячна, аеротермічна, геотермальна та океанічна, гідроенергія, біомаса, газ з органічних відходів, газ з очищених стічних вод та біогаз.
Міжнародне агентство з відновлювальних джерел енергії (IRENA)	Біоенергія, геотермальна енергія, гідроенергія, енергія океану, у тому числі енергія приливів та відливів, хвильова та теплова енергію океану, сонячна енергія, енергія вітру.
Закон України "Про альтернативні джерела енергії"	Енергія сонячна, вітрова, геотермальна, гідротермальна, аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів.
Міжнародне енергетичне агентство (IEA)	Сонячна енергія, енергія вітру, гідроенергія, геотермальна енергія, енергія припливів, морських хвиль і океану, тверда біомаса та тваринні продукти, газ чи рідина з біомаси, муніципальні відходи, промислові відходи.

(складено автором на основі [3], [6], [10], [11])

Згідно останнього звіту REN21 Renewables, міжнародної некомерційної організації, що заснована на базі Програми ООН по навколишньому середовищу (UNEP), минулий 2017 рік був рекордним з точки зору розвитку індустрії альтернативних джерел енергії. Насьогодні, вона характеризується зростанням потужностей відновлюваних джерел енергії, падінням витрат та збільшенням інвестицій. Багато чинників протягом 2017 року вплинули на розвиток

відновлювальних джерел енергії. Серед таких: послаблення податкових політик для відновлювальних джерел енергії на тендерах по всьому світі, значне збільшення уваги до електрифікація транспорту, посилення діджиталізації індустрії, зміна вектору політики держав на розвиток відновлювальних джерел енергії на всіх рівнях [4].

За підрахунками науковців REN21, багато індикаторів розвитку відновлювальних джерел енергії мають тенденцію на зростання. Так, загальний обсяг нових інвестицій у 2016 році склав 274 млрд доларів США, а за результатами 2017 року, було додатково інвестовано ще 279,8 млрд доларів США. Як бачимо, інтерес інвесторів щодо розвитку ВДЕ достатньо серйозний і тільки збільшується з року в рік.

Більш наочно зростання ринку ВДЕ видно у показниках згенерованих потужностей. Загальна потужність, згенерована за 2017 рік сягає 2195 ГВт, що на 8,8% більше порівняно з 2016 роком. Стрімко зростають потужності сонячних електростанцій, які у минулому 2017 році видали 402 ГВт потужності у мережі по всьому світу. Порівняно з 2016 роком, цей показник зріс на 32,7%, що дуже чітко відображає вектор розвитку енергетичного сектору. Крім сонячної енергії, збільшується використання і енергії вітру. Показник 2017 року становить 539 ГВт, що означає зростання на 10,7% порівняно з 2016 роком. Однак, потужності сонячних та вітрових електростанцій навіть сумарно ще не досягнули потужностей гідроелектростанцій, які у 2017 році згенерували 1114 ГВт електроенергії, показавши незначне зростання на 1,7% порівнюючи з 2016 роком. Біоенергетика у абсолютних показниках все ще має невеликий вплив. За результатами 2017 року було згенеровано лише 122 ГВт енергії, але це на 7% більше ніж в 2016 році.

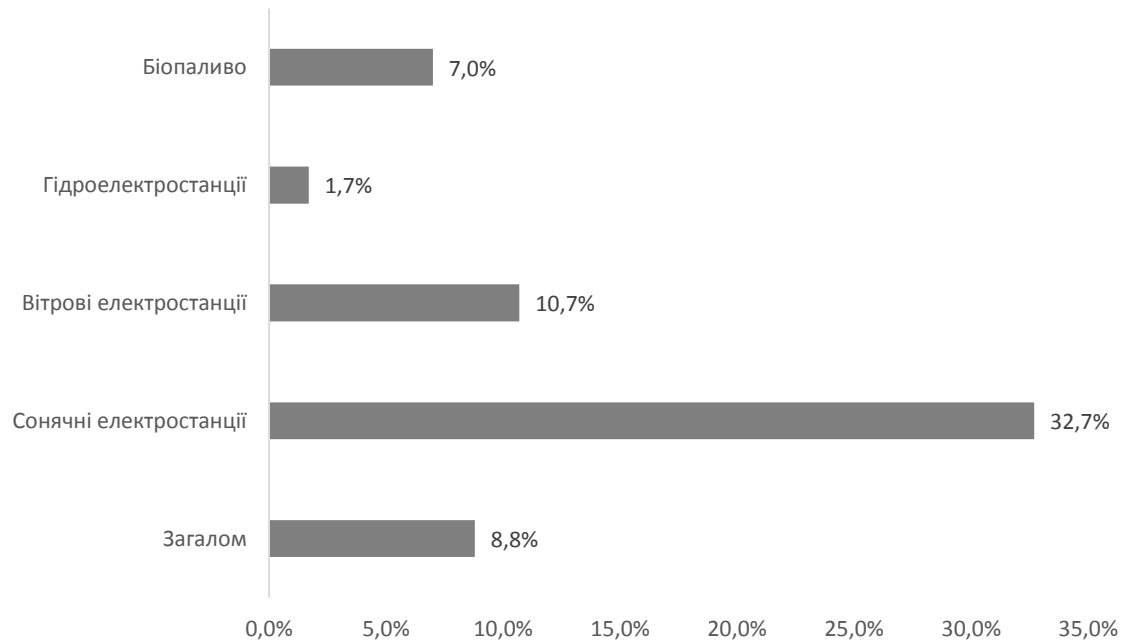


Рис. 1.2. Зростання потужностей ВДЕ у світі за 2017 році відносно 2016 року (складено автором на основі [4])

Таким чином, бачимо що найбільш стрімкі темпи зростання у світі за минулий 2017 рік показує сонячна енергетика, хоча має коефіцієнт корисної дії до 30%, в той час як гідроелектростанції з ефективністю до 70% мають на порядок менший темп зростання. Така динаміка обумовлюється набагато більшими бюджетами на запуск проектів гідроелектростанцій та інженерною складністю реалізації ГЕС.

З огляду на десятирічну статистику (2008 – 2017 роки), що представлена у щорічному звіті IRENA: Renewable Energy Statistics 2018 [12], темпи зростання ВДЕ тримаються на середньому рівні у 8,3% щорічно. Таким чином, з 2008 по 2017 рік загальний обсяг потужностей зріс удвічі. Екстраполюючи тренд (довірчий інтервал на рівні 0,95), можна зробити прогноз, що через 8 років, у 2025 році, приріст потужностей на верхній межі перетне рівень у 4000 ГВт (рис. 1.3.).

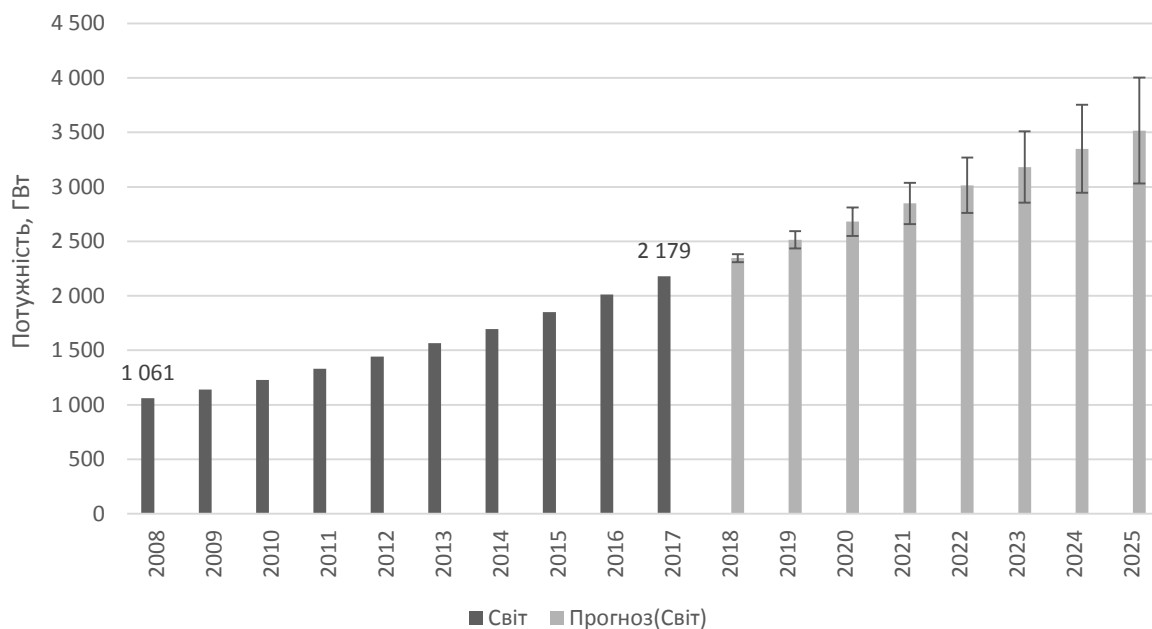


Рис. 1.3. Прогноз загальносвітових потужностей ВДЕ до 2025 року, ГВт
(складено автором на основі [12])

Аналізуючи статистичні дані IRENA з точки зору ключових складових ВДЕ – сонячної енергетики, вітроенергетики, гідроенергетики та біоенергетики (рис. 1.4.), підтверджуються тези аналітичного звіту REN21 щодо сонячної енергетики як напрямку, що розвивається з найбільшою швидкістю.

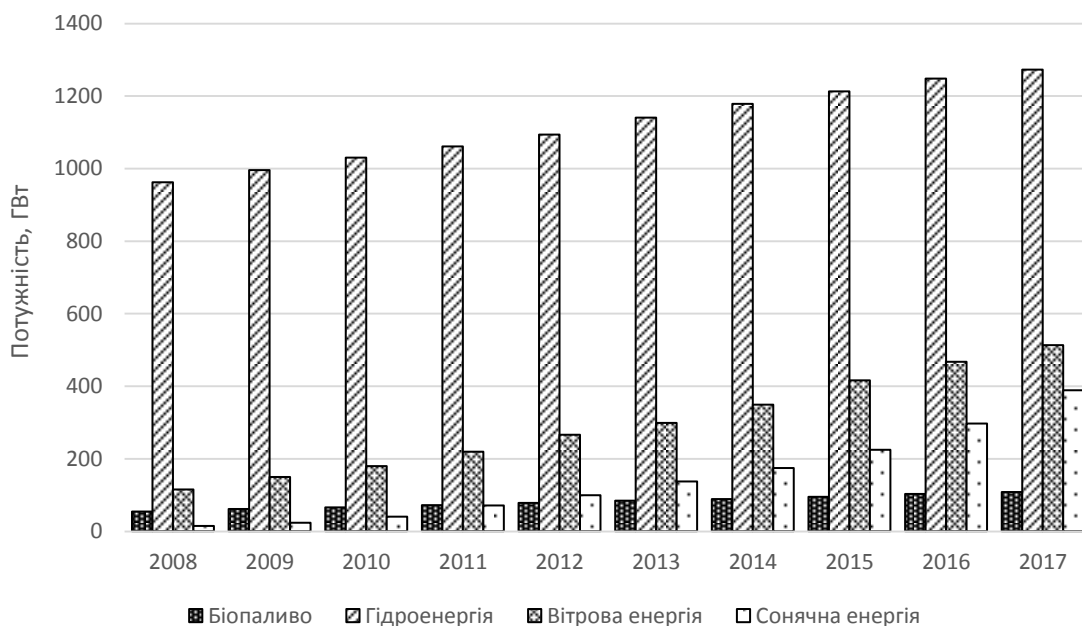


Рис. 1.4. Зростання ВДЕ у світі за галузями, ГВт
(складено автором на основі [12])

Гідроенергія все ще займає перше місце і в абсолютному значенні, і в частці загальної потужності, але має лише 32% приросту за 10 років, в той час як потужності біоенергетики збільшилися на 100%, вітрової енергії на 346%, а сонячної аж на 2493% - зростання у майже 26 разів. Розглядаючи вплив на загальносвітову потужність ВДЕ, сонячна енергетика збільшила свою частку з 1,41% у 2008 році до 17,85% у 2017 році.

Сонячну енергетику вважають найбільш перспективним напрямком енергетичної галузі, так як за останні роки ринкові ціни на сонячні модулі значно зменшилися, а їх ефективність підвищується. Згідно статистичного звіту British Petroleum, за підсумками 2016 року сумарний обсяг встановленої потужності сонячних електростанцій, побудованих і введених в експлуатацію у всьому світі, склав 303 ГВт. Ця потужність згенерована за рахунок 301,5 тисяч сонячних електростанцій (СЕС). Примітно, що 48% з них довелось на Азію. Показник сумарної встановленої потужності демонструє стійку позитивну динаміку протягом вже тривалого періоду. Згідно зі звітом Energytrend, в 2017 році цей показник збільшився на 100 ГВт [44].

Однак, загальна частка ВДЕ у світовій енергетиці не перевищує 25% станом на 2017 рік за підрахунками IRENA. В той же час, фахівці REN21 стверджують, що 26,5% електроенергії 2017 року у світі було згенеровано з використанням відновлювальних джерел енергії. З них, 16,4% - гідроелектростанції (ГЕС), 5,6% - вітрові електростанції (ВЕС), 2,2% - біоенергетика, 1,9% - сонячні електростанції (СЕС) та 0,4% - інше (рис 1.5) [4, 13].

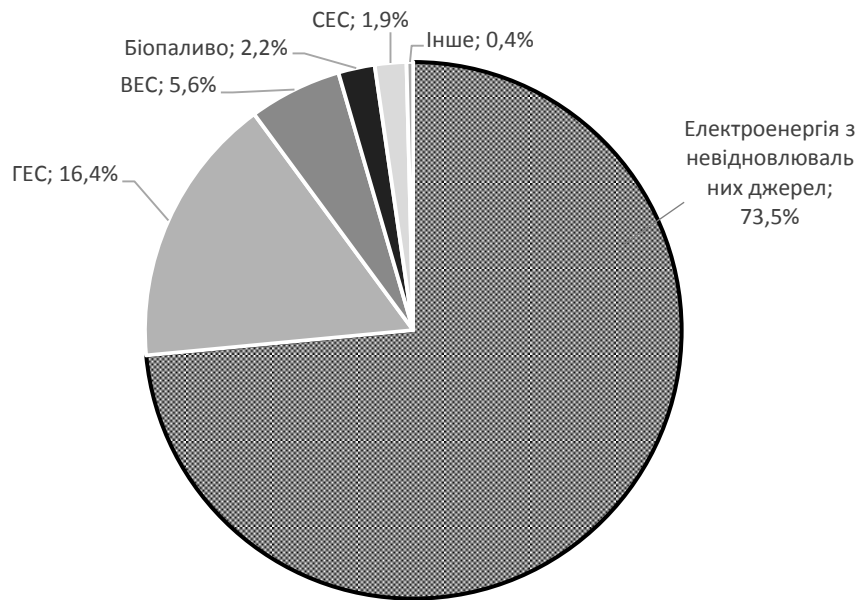


Рис. 1.5. Доля ВЕД у світовому виробництві електроенергії 2017 року (складено автором на основі [12])

Отже, загальносвітовий тренд на збільшення частки альтернативної енергетики сильнішає. Сонячні електростанції хоча і мають близько 2% від світової генерації електроенергії, але даний напрямок розвивається з середньорічними темпами 30% приросту, що дає змогу говорити про доволі сильний інтерес бізнесу і урядів країн до цієї теми.

1.2. Особливості роботи сонячних електростанцій

Потужність сонячного випромінювання на поверхні землі при безхмарному небі становить близько 1 кВт/м^2 . Для отримання електроенергії в промислових масштабах необхідні потужності близько мільйона кіловат. Це означає, що для промислової сонячної електростанції з коефіцієнтом корисної дії близько 10% і з урахуванням нерівномірності потужності сонячного випромінювання протягом доби необхідна площа в декілька квадратних кілометрів.

Сонячна електростанція – інженерна споруда, що служить для перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Способи перетворення сонячної радіації різні й залежать від конструкції електростанції [14].

Існують два основних способи перетворення сонячної енергії: фототермічний і фотоелектричний. У першому, простому, теплоносієм нагрівається в колекторі до високої температури і використовується для опалення приміщень. Частина теплової енергії акумулюється. Сонячний колектор простої конструкції площею 1 м^2 за день може нагріти 50-70 л води до температури 80-90 °С.

У фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії використовується кремній з додаванням інших елементів, що утворюють структуру з р-п-переходом. Схема роботи напівпровідникового кремнієвого фотоелемента досить проста: в р-шарі напівпровідника створюється «діркова» (позитивна) провідність, а в n-шарі – електронна (негативна). На кордоні шарів виникає потенційний бар'єр, що перешкоджає переміщенню носіїв з одного шару в інший (в такому стаціонарному стані струм не тече по всьому напівпровіднику). Коли ж на фотоелемент падає світло (потік фотонів), фотони, поглинаючись, створюють пари електрон-«дірка», які, підходячи до кордону шарів, знижують потенційний бар'єр, даючи можливість носіям безперешкодно проходити з шару в шар. У напівпровіднику виникає наведена електрорушійна сила (ЕРС), і він стає джерелом електричного струму. Величина фото-ЕРС буде тим більша, чим інтенсивніше світловий потік [14].

Сучасні сонячні батареї мають можливість працювати без додаткових капіталовкладень десятки років і, з нашої точки зору, в довгостроковій перспективі електроенергія, згенерована таким чином, стане не просто рентабельною, а надприбутковою.

Ефективність сучасних кремнієвих фотоелементів (а також фотоелементів на основі арсеніду галію) досить висока (їх ККД досягає 10-20%), а чим вище ККД, тим менше необхідна площа сонячних батарей, яка навіть в малій енергетиці становить десятки квадратних метрів. Великим досягненням напівпровідникової

промисловості стала розробка кремнієвих фотоелементів, що володіють ККД до 40%.

За характером використання згенерованої електроенергії, сонячна електростанція може бути автономною, мережевою або гібридною.

Автономна сонячна електростанція акумулює вироблену енергію в батареях і витрачається лише на потреби господарства (рис. 1.6.).

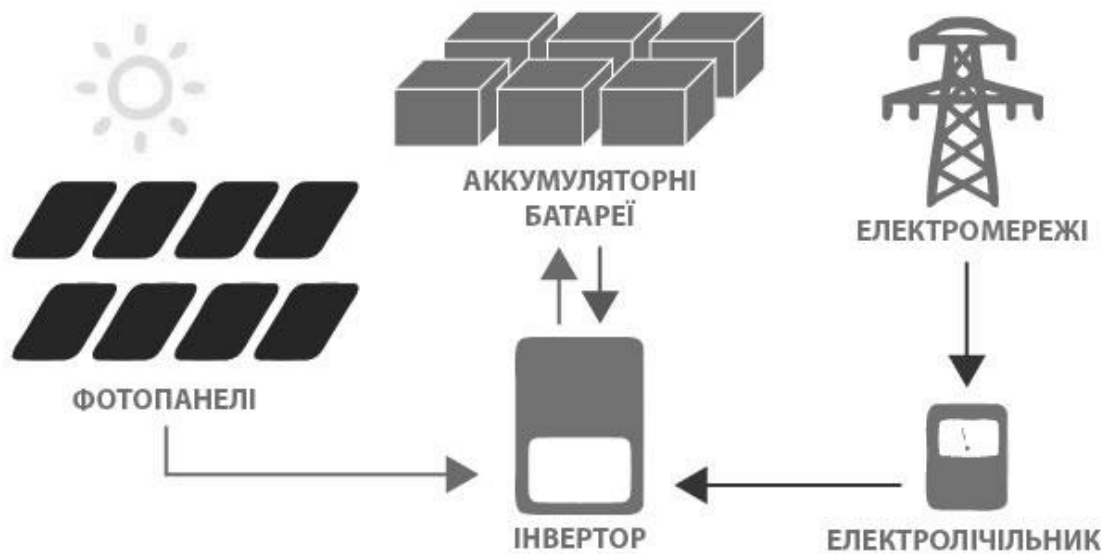


Рис. 1.6. Автономна СЕС [15]

Мережева сонячна електростанція витрачає вироблену електроенергію на потреби господарства, а надлишок викуповується державою за зеленим тарифом. В мережевій станції відсутні акумулюючі батареї (рис. 1.7.).

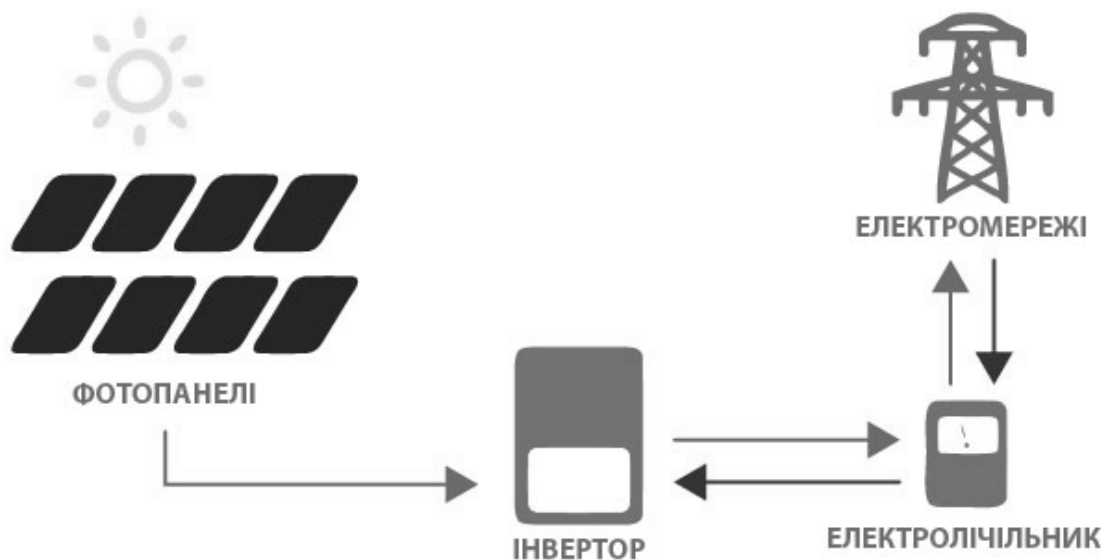


Рис. 1.7. Мережева СЕС [15]

Гібридна сонячна електростанція вироблену енергію витрачає на потреби господарства, а надлишок викуповується державою за зеленим тарифом та акумулюється в батареях (рис. 1.8.).

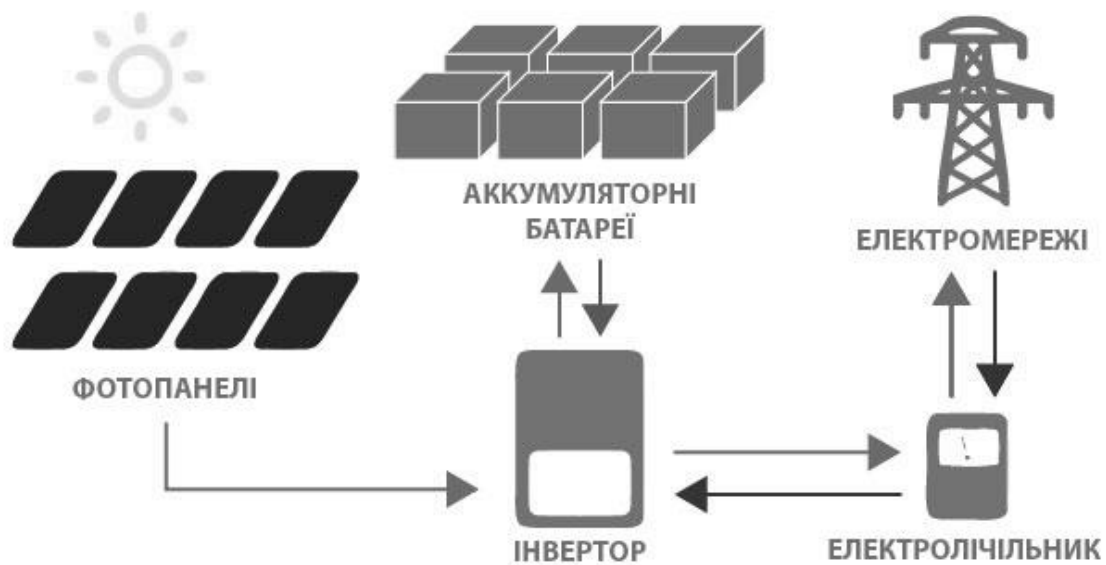


Рис. 1.8. Гібридна СЕС [15]

Переваги сонячних електростанцій:

- 1) загальнодоступність і невичерпність джерела енергії;
- 2) безпека для навколишнього середовища;
- 3) автономність системи;
- 4) низькі експлуатаційні витрати;
- 5) інноваційність;
- 6) наявність «зеленого тарифу».

До недоліків сонячних електростанцій можна віднести наступні:

- 1) високі початкові затрати на реалізацію проекту;
- 2) залежність від погодних умов;
- 3) необхідність великої площі для розміщення панелей;
- 4) ККД не перевищує 30%.

Таким чином, на даному етапі розвитку технологій, сонячні електростанції являються одним із символів «зеленої» енергетики, але в той же час існує ряд проблем. Пол Дрисен, член CFACT (Committee for a Constructive Tomorrow) зазначає, що виробництво 50 МВт електричної енергії з використанням традиційних технологій потребує приблизно від 0,8 до 2 Га землі. Щоб отримати таку ж кількість енергії за рахунок сонячних модулів доведеться покрити близько тисячі гектар землі сонячними панелями – і це якщо взяти до уваги оптимістичні цифри в отриманні енергії в 10 Вт/м² або 5% ефективності при піковому виробленні) [16].

1.3. Потенціал технології Blockchain та смарт-контрактів як новітніх факторів розвитку економіки

Вперше технологія «блокчейн» була використана в фінансовому секторі в 2008 році, де вона послужила основою для створення криптовалюти «біткойн». Останнім часом з'являється все більше додатків, які розширюють ключову функцію цієї технології – децентралізоване зберігання даних про транзакції за рахунок

інтеграції механізмів, що дозволяють децентралізовано та автоматично проводити реальні угоди.

Blockchain — це децентралізована база даних, що виглядає як ланцюг блоків транзакцій. Своєю архітектурою вона забезпечує цілісність даних, тобто гарантує те, що ніхто не може змінити запис, що вже був занесений у блок. Такі властивості системи надають впевненість в тому, що користувач завжди зможе отримати доступ до своїх даних і буде впевнений в їх цілісності [17].

Завдяки технології блокчейн змінюється порядок проведення операцій: існуюча на сьогодні модель поступово переходить від використання централізованої структури (банки, біржі, торгівельні платформи, енергетичні компанії) до застосування децентралізованої системи (кінцеві користувачі, споживачі електроенергії). У таких системах незалежні посередники, в послугах яких сьогодні потребує більшість галузей, більше не потрібні, оскільки операції можуть бути ініційовані та проведені безпосередньо між рівноправними учасниками мережі. Це дозволяє скоротити витрати і прискорити процеси. В результаті вся система стає більш гнучкою, оскільки багато завдань, які раніше виконувалися вручну, тепер вирішуються в автоматичному режимі.

Централізовані системи, які використовуються у більшості сьогоднішніх сервісах, потребують контролю і постійної підтримки. В той самий час, децентралізовані системи, навпаки, були створені для того, щоб вирішити ці питання.

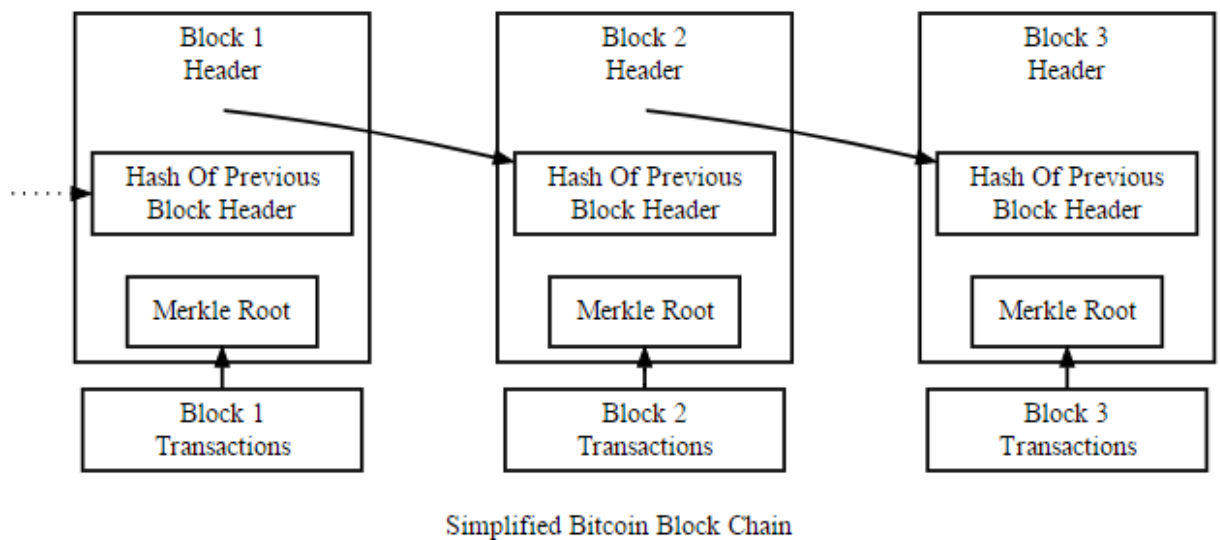


Рис. 1.9. Структура блоків в ланцюгу Blockchain [17]

В кожному блоці ланцюга міститься інформація про хеш (інформація, перетворена за допомогою математичних алгоритмів у масив символів фіксованої довжини) попереднього блоку, що захищає весь ланцюжок від змін. Користувачі виступають в якості колективного нотаріуса, який підтверджує істинність інформації в базі даних і забезпечують захист від маніпуляцій і зловживань. Якщо зловмисник захоче підмінити блок або його частину, йому доведеться змагатися в обчислювальній гонці з іншими вузлами, але збільшення числа вузлів і криптографічний алгоритм ускладнюють це завдання настільки, що підміна інформації стає практично неможливою [18].

Побудова ланцюжка Blockchain відбувається на базі трьох головних принципів – розподіленості, відкритості і безпеці.

Сутність розподіленості полягає в тому, що на кожному комп'ютері зберігається копія всієї бази даних з кожним її блоком. Такий принцип робить систему майже невразливою, бо вивести її з ладу вкрай важко. Єдина можливість повного знищення системи – це фактичне знищення всіх вузлів (комп'ютерів) одночасно. Завдяки великій кількості обчислювальних вузлів, що знаходяться у різних місцях по всій планеті, такий варіант не розглядається як раціональний. У реальності кожен наступний користувач мережі тільки зміцнює Blockchain, роблячи

систему стійкою до пошкоджень. Крім цього, всі користувачі мережі мають абсолютно однакові права та можливості. В системі не існує контролюючих структур чи органів, таких як модератори або адміністратори.

Принцип відкритості проявляється у тому, що інформація в мережі доступна кожному користувачу. Якщо є необхідність, то будь-який блок відкривається для вивчення. Це означає, що ланцюг при необхідності дозволяє відстежити, а також оцінити шлях зміни інформації, перевірити коректність даних. При наявності будь-яких сумнівів проводиться перевірка, після чого приймається рішення. Таким чином, користувачі можуть завжди впевнитися в чесності проведених операцій.

Безпека децентралізованої бази даних Blockchain формується завдяки першим двом принципам. Відсутність контролюючого центрального органу і можливість відстежити будь-яку транзакцію роблять систему безпечною для користувачів і такою, що викликає довіру.

Смарт контракт (Smart contract) представляє собою комп'ютерний протокол, що дозволяє автоматизувати угоду та ліквідувати питання недовіри учасників один до одного [19].

На сьогодні, це найперспективніший напрямок розвитку технології децентралізованих мереж. Смарт контракти на технології блокчейна дозволяють автоматизувати і убезпечити домовленості, і гарантувати їх виконання.

Токен – це одиниця обліку, яка використовується для відображення цифрового балансу в деякому активі. Облік токенів ведеться в базі даних на основі технології блокчейн, а доступ до них здійснюється через спеціальні додатки з використанням схем електронного підпису. Токени можуть представляти собою акції компанії, іншу визначену цінність (бали, репутація) або зобов'язання на реальні товари та послуги.

Технологія блокчейну та смарт контрактів вирішує питання довірчих взаємовідносин між суб'єктами договорів. Використання смарт контрактів створює умови, при яких участь посередника при виконанні транзакцій зводиться до

мінімуму – що знижує ризики шахрайства та часових затримок. Також, використання ланцюгу блоків прибирає ризик появи документів, датованих попереднім числом. Корекція попередніх дій неможлива, а тому всі учасники системи мають чітку та єдину картину подій.

Інтерес до технології проявляють багато інвесторів по всьому світу. Лише за 4 роки після запуску першого проекту на основі технології блокчейн – криптовалюти BitCoin, загальний обсяг інвестицій у блокчейн-проекти перевищив 1 млрд доларів США. Станом на липень 2018 року, об'єм інвестицій становить більш ніж 4,2 млрд доларів США (рис. 1.10).

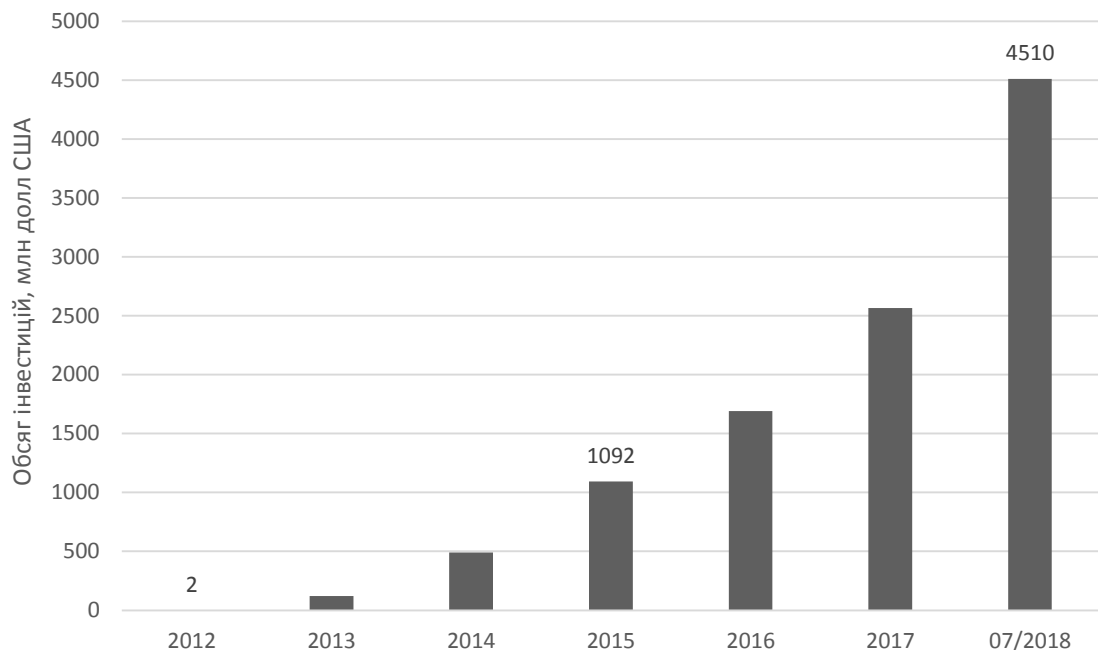


Рис. 1.10. Обсяги венчурних інвестицій у блокчейн
(складено автором на основі [20])

У звіті аудиторської компанії Ernst&Young за 2016 рік проаналізовано деякі сценарії використання технології блокчейн. В багатьох галузях існує можливість за допомогою «розумних» контрактів автоматично стягувати оплату за виконані роботи згідно з їх результатом. Найпростіший приклад – це доставка. Відправник погоджується сплатити 25 доларів США, якщо посилка буде доставлена завтра до 10 години ранку, 15 доларів США – при доставці завтра до 17 години і 5 доларів США

– в разі доставки післязавтра. Якщо посилка прийде ще пізніше, то відправник не платить нічого [21].

Інший приклад – забезпечення податкової дисципліни. Намір ЄС припинити випуск банкнот номіналом в 500 євро може стати початком глобального переходу від використання готівкових грошей до впровадження цифрових фінансових операцій. "У середовищі, де кожна транзакція фіксується в режимі реального часу, просто не буде можливості для нелегального бізнесу та ухилення від сплати податків», – зазначає Деніел Краусс, керівник міжнародної групи EY Global з надання консультаційних послуг в сфері інновацій. У своїй доповіді за 2016 рік Головний науковий радник Уряду Великобританії запропонував створити загальноєвропейську систему обліку ПДВ на базі технології блокчейн. Вона підвищить прозорість операцій, необхідну для того, щоб «приховувати угоди на чорному ринку стало ще складніше з використанням «розумних» контрактів, які допоможуть вивести напівлегальну економіку з тіні» [22].

Великий інтерес до технології блокчейн проявляють найбільші банки світу. Більш того, спостерігається кооперація між банками та провідними технологічними компаніями. Так, в 2015 році західними банками було створено великий міжнародний консорціум R3 для дослідження можливостей, які дає блокчейн. Ініціаторами виступили 9 банків: Barclays, BBVA, Commonwealth Bank of Australia, Credit Suisse, Goldman Sachs, J.P. Morgan&Co., Королівський банк Шотландії, State Street Corporation, UBS. Результатом роботи консорціуму став проект під назвою Corda - розподілений реєстр, розроблений для фінансових сервісів. Компанія заявляє, що дана технологія сильно відрізняється від того, як ми уявляємо собі сьогодні технологію блокчейна. Новий протокол не має вбудованої криптовалюти, доступ до своїх даних можуть отримати тільки учасники проекту. Як бачимо, навіть провідні світові банки вкладають ресурси у освоєння технології блокчейну [23].

Переваги технології блокчейн стали очевидними для великих енергетичних компаній. Так, три найбільших енергетичних компаній – нафтові гіганти BP, Eni, а

також Wien Energie, (найбільша енергетична компанія Австрії) завершили пілотний проект з торгівлі енергією через технологію блокчейн. Цей проект був розроблений канадською фірмою BTL. На момент його запуску в січні 2016 року, платформа Interbit являла собою багатоцільовою реєстраційну форму, яка полегшує передачу коштів і активів для грошових розрахунків і обміну даними. Платформа Interbit також вирішує проблеми автоматизацію ряду процесів бек-офісів підприємств, включаючи створення рахунків, аудит, надання звітності, актуалізації та відповідності нормативним вимогам. Переваги впровадження проекту включають зниження витрат, підвищення ефективності і зниження ризиків [24].

У сфері енергетики блокчейн-проекти були проінвестовані на 300 млн долл США в проміжок з другого кварталу 2017 року по перший квартал 2018. Слід відмітити, що за січень 2018 року було залучено 150 млн долл США інвестицій. Також, станом на березень 2018 року, за даними дослідження Wood Mackenzie та GTM Research, 122 компанії працюють над розробкою блокчейн-платформ у сфері енергетики та 40 проектів вже впроваджено [25-27].

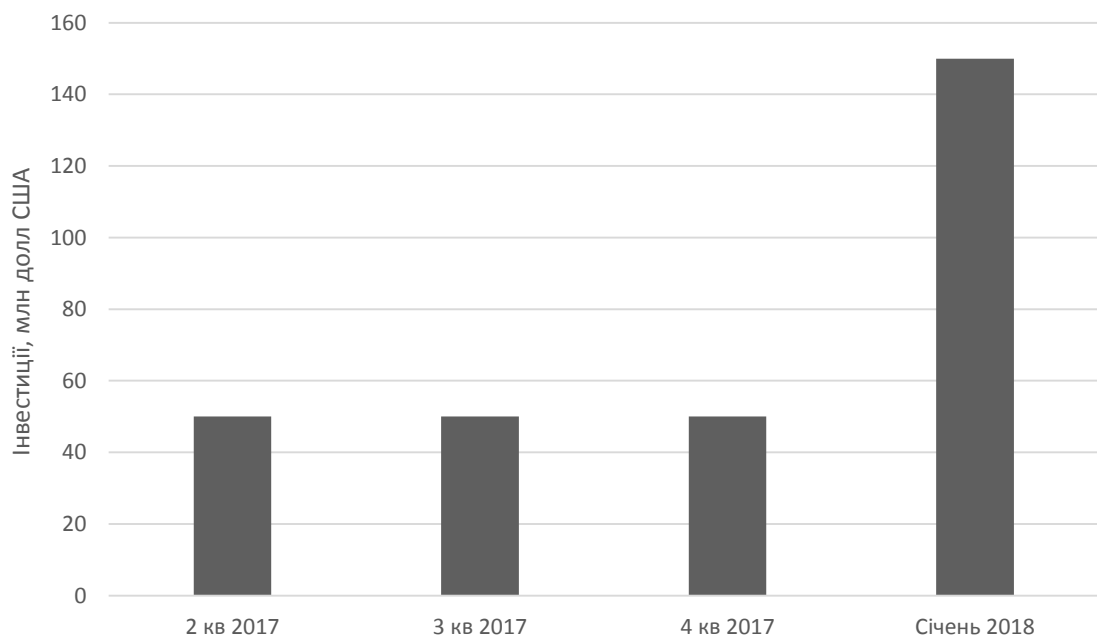


Рис. 1.11. Обсяги інвестицій в енергетичні блокчейн-проекти
(складено автором на основі [25])

Підприємці та аналітики визначають чотири основних тренди розвитку проектів на перетині блокчейну та енергетики: вихід на ринок компаній-гігантів, підвищення енергоефективності, зміна ринку оптової торгівлі електроенергії, торгівля енергією через токени (табл. 1.2.) [24].

Таблиця 1.2.

Основні тренди розвитку енергетичних блокчейн-проектів

Тренд	Приклади проектів	Характеристика
Вихід на ринок компаній-гігантів	The Energy Web Foundation, Interbit,	Проведення транзакцій, автоматизація звітності, облік та аудит
Підвищення енергоефективності	TenneT	Використання сховища в якості буфера для поглинання перевантажень електроенергії від вітроенергетичних ферм, балансування енергомережі
Зміна ринку оптової торгівлі електроенергії	Enerchain	Створення ринку для позабіржової торгівлі електроенергією, що дозволяє підвищити швидкість проведення транзакцій та знизити бар'єр для входу малих компаній
Торгівля електроенергією через токени	Power Ledger, Grid+	Фокусування на створенні локальних ринків збуту електроенергії, зниження роздрібних цін, створення ринку надлишків енергії

(складено автором на основі [24-32])

Загалом, стрімко зростаючі об'єми інвестицій, крупні енергетичні компанії – лідери ринку та чисельна кількість конференцій відображають зміну вектору розвитку енергетичної сфери з направленістю на технології блокчейну.

Висновки до розділу 1

Альтернативні джерела енергії є одним із напрямків розвитку енергетики у світі, про що свідчать статистичні дані лідерів ринку та міжнародних аналітичних агенцій. Серед ВДЕ, сонячна енергетика має найбільш стрімкі темпи розвитку – близько 30% щорічно, в той час як загальні темпи зростання енергетики ВДЕ становлять 8,3%. Наразі середнє значення ККД сонячних електростанцій не перевищує 25-30%, але існують інженерні рішення, що можуть доводити показник ефективності до 40%. За результатами 2017 року, частка відновлювальних джерел енергії у виробництві електроенергії в світі сягнула 25%. Це помітна доля ринку, але ще недостатньо велика для досягнення мети в 85% до 2050 року.

Сонячні електростанції перетворюють сонячне випромінювання у електроенергію. Вважається, що СЕС є втіленням «зеленої» енергетики, оскільки сама електростанція не несе шкоди навколишньому середовищу, але існують невирішені проблеми з ефективністю їх роботи за забрудненням при виробництві самих панелей.

Технологія блокчейн є інноваційною та має великий попит у майже всіх сферах діяльності. Міжнародні банки, такі як Barclays, Credit Suisse, Goldman Sachs та J.P. Morgan&Co створюють спільні компанії для вивчення технології та впровадження в свої операційні процеси. Енергетична сфера тільки починає залучати інвестиції у розробку блокчейн-проектів. 2017 рік став початковим для помітного інвестування у такі проекти і станом на березень 2018 року вже існує більше 120 компаній та 40 впроваджених проектів. Блокчейн-індустрія має тренд на зміну ринку торгівлі електроенергії в бік локальних ринків на рівні невеликих господарств (децентралізація). Роздрібнення торгівлі може значно вплинути на гігантів ринку та змінити оптовий біржовий ринок. В таких країнах як Німеччина, Японія та США блокчейн-проекти в енергетичній сфері вже впроваджені та

посідають своє місце як у торгівлі електроенергією так і у автоматизації внутрішніх процесів компаній.

РОЗДІЛ 2

МОТИВАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ BLOCKCHAIN В СОНЯЧНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

2.1. Оцінка потенціалу використання сонячної енергії в Україні

Географічне розташування України є сприятливим для реалізації проектів генерації сонячної енергії. Для клімату України характерна велика кількість сонячних днів: за ступенем інсоляції Україна значно перевершує визнаного європейського лідера в сонячній енергетиці — Німеччину. Держава також декларує всебічну підтримку проектам генерації енергії на основі ВДЕ. Однак на практиці реалізація таких проектів вимагає врахування низки нюансів, без чого ініціатор проекту може зіткнутися з серйозними обмеженнями і ризиком не досягти цільових показників.

Для широкого впровадження використання енергії Сонця в енергетиці України необхідно аргументовано оцінити її потенціал. Оцінка потенціалу сонячної енергії базується на загальних принципах для всіх альтернативних джерел енергії. Це є комплекс закономірних стохастичних процесів, проявлення яких характеризується певною мінливістю. Оцінюючи потенціал сонячної енергії, необхідно враховувати закономірності коливання отримуваної радіації на поверхню місцевості, що зумовлюється постійним обертанням Землі навколо Сонця, та стохастичні зміни кліматичних умов — хмарності, вологості повітря, прозорості атмосфери. Крім того, потрібно враховувати особливість ймовірності кліматичних умов базуючись на даних спостережень.

За даними Flanders Investment & Trade [61], відновлювальні джерела в Україні потенційно можуть задовольнити 78% потреби виробництва електроенергії.

2018 рік відзначився рядом позитивних новин щодо введення нових об'єктів сонячної енергетики:

- 1) анонсується завершення багатьох проектів будівництва СЕС в Україні канадською, литовськими, індійськими, словенськими, китайськими компаніями;
- 2) Ощадбанк планує направити 27,5 млн. євро на будівництво сонячних електростанцій потужністю 35 МВт в Дніпропетровській області;
- 3) Rodina Energy Group Ltd (Rodina) і Enerparc AG планують запускити в зоні відчуження Чорнобильської АЕС перший проект в сфері сонячної енергетики, станція матиме потужність 1 МВт;
- 4) триває реалізація проекту Chornobyl Solar, який розвиває Держагентство України з управління зоною відчуження.

Оцінювання ресурсів сонячних електростанцій проводиться на базі багаторічних спостережень основних характеристик сонячної радіації. Як результат, формується комплекс кількісних характеристик, які характеризують мінливий характер надходження такого виду енергії та особливості цих змін. Кліматичне обґрунтування розміщення та експлуатації сонячних електростанцій повинне враховувати особливості розподілу енергії Сонця на конкретній місцевості. Базовими показниками радіаційного режиму, що мають широке використання в сонячній енергетиці, є тривалість сонячного сьйва та хмарність. Негативним фактором у роботі СЕС є непостійність у отриманні сонячної радіації, що стає причиною втрати значної частини потенційної електроенергії. Хмарність, як показник радіаційного режиму, відображає мінливість фізичної перешкоди потрапляння достатньої кількості енергії на фотоелектричні пластини, що спричиняє нерівномірність роботи сонячної електростанції протягом дня [33].

За даними Національної академії наук України та Державного комітету України з енергозбереження [34], середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що поступає на 1 м² поверхні, на території України знаходиться в межах: від 1070 кВт*год/м² в північній частині України до 1400 кВт*год/м² в південних регіонах. Оцінювальний потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного

обладнання практично в усіх областях. Період ефективної експлуатації сонячних електростанцій в південних регіонах складає сім місяців — з квітня по жовтень. В північних регіонах на два місяці менше — з травня по вересень. Таким чином, сонячні системи в Україні працюють протягом всього календарного року, однак зі змінною ефективністю.



Рис. 2.1. Мапа інсоляції регіонів України [35]

В атласі енергетичного потенціалу відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії України вказані показники сумарного річного потенціалу сонячної енергії на території України за областями. Так, загалом територія України має річний потенціал у $718,4 \cdot 10^9$ МВт*год/рік. Абсолютним лідером є Одеська область – $45,4 \cdot 10^9$ МВт*год/рік сонячної енергії потрапляє на цю територію. Наступні в рейтингу йдуть Херсонська та Дніпропетровська області з відповідними показниками на 15% та 17% меншими за одеський регіон. Показник загального потенціалу сонячної енергії головним чином залежить від географічного розташування регіону, кліматичних особливостей місцевості та площі регіону.

Таким чином, найменші показники у Закарпатської області – $15,5 \cdot 10^9$ МВт*год/рік та Чернівецької області – $9,6 \cdot 10^9$ МВт*год/рік. Крім північного розташування, ці області є значно менші за лідерів списку.

Наступна пара показників, які слід розглянути – це технічний та доцільно-економічний потенціали регіону. Ці показники залежать від особливостей географічного ландшафту місцевості, електро-мережевої інфраструктури та характеру споживання електроенергії. Географічні особливості місцевості напряду впливають на можливість розміщення сонячної електростанції, для якої потрібні значні площі для інсталяції панелей. Велику роль відіграє інфраструктура – наявність лінії електропередачі, трансформаторні підстанції, колектори та їх номінальні характеристики. З особливостей інфраструктури напряду залежить фактичне споживання енергії, оскільки навіть при потенційному стрімкому розвитку споживчої бази та генерації, без встановлених трансформаторів та підведених ліній електропередачі споживання не має місця бути. Найбільший технічний потенціал має знов Одеська область. За оцінками авторів атласу, цей південний регіон може виробляти порядку $21,8 \cdot 10^7$ МВт*год/рік. Аналогічно до показника загального потенціалу сонячної енергії, слідом за Одещиною йдуть Херсонська область – $18,4 \cdot 10^7$ МВт*год/рік та Дніпропетровська область – $18 \cdot 10^7$ МВт*год/рік. Оцінка доцільно-економічного потенціалу регіонів України з генерації сонячної енергії закріплює позиції Одеської області ($3,4 \cdot 10^5$ МВт*год/рік), Херсонської області ($2,9 \cdot 10^7$ МВт*год/рік) та Дніпропетровської області ($2,8 \cdot 10^7$ МВт*год/рік) як лідерів серед інших регіонів країни.

Розглядаючи дані атласу енергетичного потенціалу з точки зору долі кожного регіону в сумарних показниках по країні, треба зазначити, що медіанне значення по масиву регіонів складає 4,4% на область. Найбільшу вагу має Одещина та інші південні регіони, де присутнє додатне відхилення від медіани з максимальним показником 6,3% в Одеській області. Загалом, на південні регіони – Одеська, Миколаївська, Херсонська, Кіровоградська, Запорізька та Дніпропетровська області

припадає 30,3% від всього доцільно-економічного потенціалу сонячної енергії в Україні.

Незважаючи на те, що освітленості території України достатньо для потужного розвитку сонячної енергетики, в загальному обсязі виробництва енергії на альтернативні джерела доводиться мала частка — згідно з даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, показник не перевищує 2% за результатами 2017 року. При цьому потенціал зростання ринку значний: приєднавшись до Європейської енергетичної співдружності, Україна взяла на себе зобов'язання довести частку ВДЕ в енергобалансі країни до значення 11% в 2020 році. Однак, Україна ще в 2014 році зіткнулася з різким скороченням інвестицій у проекти з ВДЕ, коли в країні розпочалася соціально-економічна та політична криза.

У 2014 році Національна комісія, що здійснює державне регулювання в сферах енергетики і комунальних послуг (НКРЕКП) не компенсувала представникам альтернативної енергетики втрати від курсових різниць, також були знижені «зелені» тарифи на законодавчому рівні. Така політика помітно знижує привабливість держави для міжнародних інвесторів та впливає на інтенсивність введення в експлуатацію нових СЕС.

З 2016 року спостерігаємо відновлення позитивної динаміки. У 2015 році був прийнятий Закон №514 VIII «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії» [45]. Таким чином в Україні з'явилася законодавча база, спрямована на залучення інвестицій, оскільки Закон №514 VIII прив'язав «зелений» тариф до євро.

Згідно з даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, станом на 1 жовтня 2017 року в країні працює 359 об'єктів відновлюваної енергетики сумарною потужністю 1320 МВт (рис. 2.2, рис. 2.3).

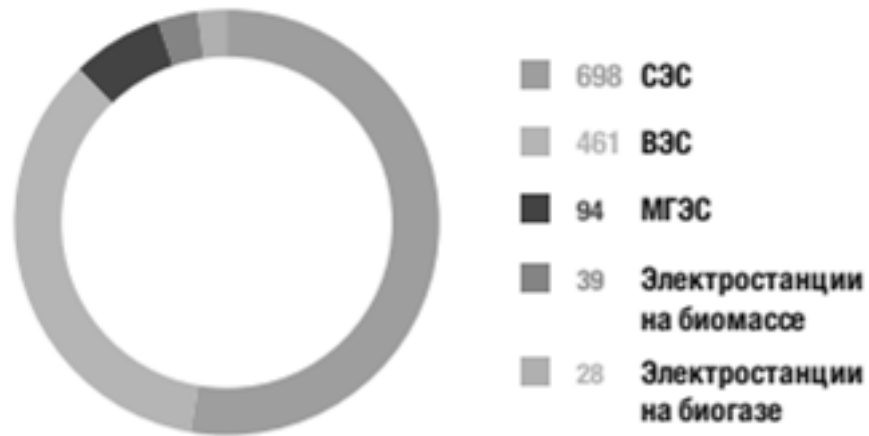


Рис. 2.2. Структура українського ринку відновлюваної енергетики по потужності, МВт [35]

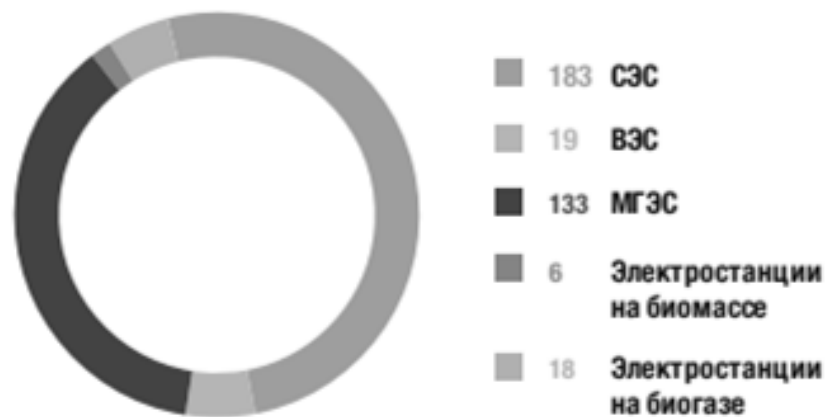


Рис. 2.3. Структура українського ринку відновлюваної енергетики за кількістю станцій, шт [35]

В цілому ринок СЕС оцінюється, як досить перспективний. Потенціал для зростання та впровадження в експлуатацію потужностей визначається перспективами дії «зеленого» тарифу. На даний момент очікувані терміни дії «зеленого» тарифу дозволяють успішно реалізовувати проекти введення в експлуатацію нових об'єктів, встигаючи при цьому домогтися терміну їх окупності.

Дуже наочно ступінь розвитку сонячної енергетики в Україні відображає той факт, що у середньому в країнах Євросоюзу на одного жителя приходить ся 33,7 м² поверхні колекторів, а в Україні – 0,001 м² [36].

Як і в більшості країн, державна політика в Україні в цілому задає позитивний вектор розвитку генерації електроенергії з використанням відновлюваних джерел, а ключовим стимулом є так званий «зелений» тариф — особлива тарифна сітка, згідно з якою держава купує у комерційних організацій і приватних осіб електричну енергію, що була згенерована із застосуванням відновлювальних джерел.

Згідно Закону України №514-VIII від 04.06.2015, ставка зеленого тарифу для промислового сектору (потужність більш ніж 30 кВт) має зменшитись від 17 євроцентів за 1 кВт у 2015 році до 12 євроцентів у 2025-2030 роках [37].

Таблиця 2.1.

Ставка «зеленого» тарифу для сонячних електростанцій, євроцент/1кВт

Рік	Приватні СЕС потужністю до 30 кВт	Промислові СЕС
2015	20	17
2016	19	16
2017-2019	18	15
2020-2024	16,3	13,5
2025-2030	14,5	12

(складено автором на основі [37])

Побудувавши і запустивши в експлуатацію промислову СЕС в 2018 році, отриману електроенергію можна продати по 0,15 євро за 1 кВт. Загальна потужність виробників електроенергії з відновлювальних джерел, які працюють за "зеленим" тарифом, в Україні за 6 місяців 2018 року збільшилася на 19,6%, або на 268,7 МВт, – до рівня 1643,4 МВт в порівнянні із загальною потужністю на 1 січня 2018 року [38].

Модель енергетичних ринків розвинених країн передбачає, що функції держави полягають лише у нормативному регулюванні і зборі податків. Саме держава створює економічні стимули розвитку галузі. Прозорі умови на ринку і

послідовність політики можуть забезпечити залучення інвестицій, що веде до створення робочих місць, збільшенню податкових надходжень до бюджету і зниження залежності від імпорту енергоресурсів. В Україні так склалось, що державні структури є прямими гравцями на ринку. Так, ДП «Енергоринок» є єдиним оптовим покупцем і продавцем всієї продукції електрогенеруючих компаній. Як свідчить офіційний сайт підприємства, ДП «Енергоринок» виступає в якості розпорядника системи розрахунків оптового ринку електроенергії (ОРЕ), розпорядника коштів ОРЕ, оптового постачальника електроенергії, секретаріатом ради ОРЕ (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Схема функціонування енергоринку України
(розроблено автором)

Така модель власне обмежує можливості операторів СЕС використовувати ринкові механізми для підсилення комерційного потенціалу СЕС, зокрема в сфері підвищення споживчого попиту, оскільки функція формування цін на електроенергію належить ДП «Енергоринок». Як внутрішні, так і зовнішні

(експортно-імпортні) операції з електроенергією проходять через ДП «Енергоринок». В результаті основним інструментом зростання для операторів сонячних електростанцій є максимізація ефективності управління операційними витратами. Навіть вдосконалення технічних показників ефективності роботи електростанцій на сто відсотків не забезпечать збільшення віддачі електрики в мережу та успішний продаж електроенергії [39, 40].

У 2017 році в Україні зафіксовано рекордний приріст потужностей СЕС – 259 МВт, що означає збільшення у 2,5 рази порівняно з приростом 2016 року, за даними звіту ТОВ «ДТЕК» [40]. Це свідчить про відновлення інтересу інвесторів, в тому числі і міжнародних, до сектору сонячної енергетики. Зокрема, зіграв вплив загальносвітового тренду – зниження вартості технологій. Незважаючи на активне будівництво сонячних електростанцій, в загальному балансі Об'єднаної енергосистеми України їх частка все ще залишається незначною – менше 2% у виробництві електроенергії. Темпи зростання потужностей (рис. 2.5.) дозволяють прогнозувати збільшення частки зеленої електроенергії в майбутньому.

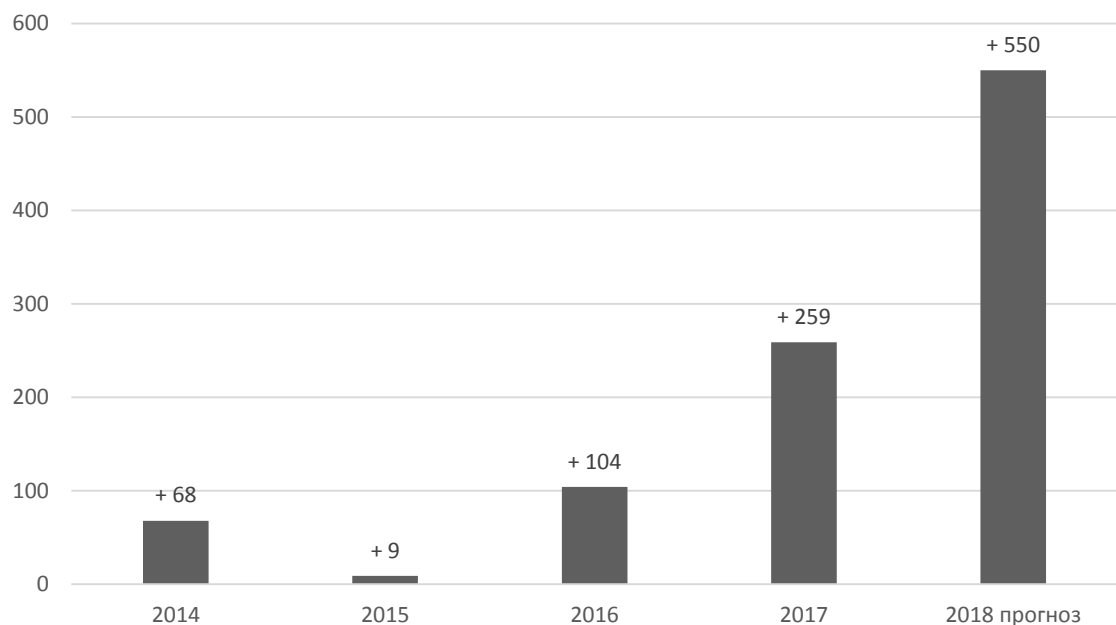


Рис. 2.5. Динаміка запуску встановлених потужностей СЕС, МВт (складено автором на основі [41])

Активізація процесу впровадження сонячної енергетики в Україні потребує ретельного вивчення всіх можливостей для розвитку індустрії. Для цього систематизуємо оброблені дані та проведемо SWOT-аналіз сонячної енергетики в Україні.

Таблиця 2.2.

SWOT-аналіз розвитку сонячної енергетики України

	Переваги	Недоліки
Внутрішні фактори	<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - можливість створення електростанції різної потужності (модульність конструкцій); - значний потенціал генерації в існуючих географічних та кліматичних умовах. 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нерівномірність генерації енергії в просторі та часі; - слабкий розвиток вітчизняних технологій на промисловому рівні; - необхідність створення супутньої інфраструктури (дороги, ЛЕП, трансформаторні підстанції).
Зовнішні фактори	<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - додаткова генерація енергії для споживчих потреб; - значне зниження забруднення навколишнього середовища; - широкі можливості для міжнародних інвестицій; - наявність необхідних умов в географічному ландшафті (стеги). 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - технічні нюанси при підключенні в загальну електромережу; - нефіксований тариф на електроенергію; - політична нестабільність; - високі кредитні ставки; - бюрократичні перешкоди.

(розроблено автором)

Як показав аналіз, більшість із загроз для розвитку сонячної енергетики в Україні знаходяться в зоні відповідальності держави. При ефективному управлінні енергомережою та створенні сприятливих умов для роботи приватних СЕС, сфера сонячної енергетики має значний потенціал для досягнення планів уряду по збільшенню частки ВДЕ у енергобалансі країни.

2.2. Аналіз інвестиційної привабливості та ризиків, пов'язаних з інвестуванням у сонячні електростанції

Кожна інвестиція несе в собі певний набір ризиків. Задача «мінімум» для інвестиційного проекту – вихід на точку беззбитковості. Оцінка ступеня впливу ризику на показник рентабельності інвестиційного проекту є необхідною умовою оцінки економічної доцільності здійснення витрат.

Україна стала членом Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA) в січні 2018. Після приєднання до IRENA, Україна зможе збільшити «зелені» інвестиції, отримати дешеві кредити на розвиток відновлювальної енергетики та створювати спільні проекти з фінансування підготовки та реалізації нових програм розвитку ВДЕ.

Серед бар'єрів на шляху політики енергоефективності в Україні залишаються: недостатнє усвідомлення значущості енергоефективності; недостатність статистичних даних і невисокий рівень обізнаності фахівців; «розмитість» або суперечливість стимулів; екологічні фактори; недостатньо прозора і зрозуміла споживачам методологія встановлення тарифів; високі транзакційні витрати; відсутність конкуренції. Ці бар'єри мають бути подолані, якщо Україна хоче в найкоротші терміни сформувати енергоефективне суспільство подібне до того, яке створено в багатьох європейських країнах [46 - 49].

З метою покращення інвестиційної привабливості проектів з розвитку ВДЕ, у 2016 році було зроблено ряд кроків у напрямку фінансування таких проектів:

- 1) 17 лютого 2016р. ЄБРР відкрив нову програму FINTECC з фінансування проектів «чистих технологій» [52] Програма розрахована на три роки, підтримується грантовим фінансуванням у розмірі \$7 млн. із Глобального екологічного фонду і \$4 млн. – з Східноєвропейського Партнерства у сфері енергоефективності та екології. Вона допомагатиме українським компаніям інвестувати в найкращі доступні технології і має призвести до скорочення викидів

парникових газів. Це можуть бути технології ефективного використання енергії, матеріалів і води, а також технології відновлюваної енергетики, які є не дуже поширеними. Зі свого боку ЄБРР, у рамках цієї програми планує надати кредитування до €40 млн.;

2) 18 травня 2016р. Міжнародна фінансова корпорація (International Finance Corporation, IFC) та «Укргазбанк» підписали Угоду про співпрацю, яка має на меті спростити доступ компаній, які бажають запровадити відновлювані та енергозберігаючі технології, до фінансових ресурсів [53]. Анонсований проект є частиною програми IFC зі стимулювання сталого фінансування в Україні і допоможе збільшити обсяги кредитування для малого та середнього бізнесу в напрямках ВДЕ, екологічний транспорт, енергозбереження, ефективне використання водних ресурсів і переробка відходів;

3) у червні 2016р. «Укргазбанк» ухвалив рішення знизити відсоткову ставку на кредитування еко-проектів: з 24% до 20,5% у національній валюті, з 10% до 7,7% у доларах США та з 9% до 6,7% у євро [54]. Кредитуватимуться інвестиційні «зелені» проекти, зокрема, в таких напрямках: проведення заходів з підвищення енергоефективності та енергозбереження; скорочення споживання природних енергоресурсів; використання ВДЕ (вітряні та сонячні парки, ГЕС) тощо. Еко-кредити видаватимуться як на придбання нового енергоефективного чи екологічного обладнання, так і на заміну або модернізацію наявного.

В той же час, 2016 рік відзначився прийняттям дещо суперечливої ініціативи, зокрема Верховна Рада прийняла Закон «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо коефіцієнтів «зеленого» тарифу для електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії», яким було передбачено зниження «зеленого» тарифу у 1,8 рази для СЕС, потужність яких перевищує 10 МВт і що були побудовані до 30 червня 2015р. включно.

Іноземні інвестори на цю ініціативу відреагували негативно [55], адже закон вибірково змінює умови роботи ринку ВДЕ для вже побудованих СЕС, що є

дискримінаційним до вкладених раніше інвестицій і є порушенням прав іноземних інвесторів у частині взятих на себе зобов'язань по ряду міжнародних договорів, стороною яких є Україна. У листопаді 2016р. китайські GCL System Integration Technology (дочірня компанія Golden Concord Limited, GCL) і China National Complete Engineering Corporation (CCEC) заявили про намір у 2017р. почати будівництво в Чорнобильській зоні відчуження СЕС потужністю понад 1 ГВт. Китайська сторона готова інвестувати у проект сонячного парку понад \$1 млрд. Проте, часте внесення змін до законодавства може негативно вплинути на бажання багатьох інвесторів вкладати у проекти з розвитку ВДЕ.

Попри все, 2017 рік виявився доволі продуктивним для розвитку сонячної енергетики – було інвестовано близько 250 мільйонів доларів США у сонячну енергетику [61], що майже в 2 рази більше, ніж у 2016 році. Прискорені темпи розвитку багато в чому пов'язані із зростанням інтересу малих та середніх компаній, які вже будують нові об'єкти або тільки почали їх будівництво, зазвичай готуються об'єкти потужністю 5-10 МВт. Однак, все більше проектів потужністю понад 10 МВт розробляються для компаній, що належать іноземним інвесторам.

Позитивна динаміка у зростанні ринку сонячної енергетики дозволяє говорити про наявність інвестиційного потенціалу та збільшенню інтересу до проектів сонячних електростанцій.

Для аналізу інвестиційної привабливості України в сфері сонячної енергетики, спершу розглянемо положення України в міжнародних рейтингах (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Місце України в міжнародних рейтингах

Рейтинг	Показник	Місце в рейтингу/ к-сть країн	Значення індексу	Межі індексу	Рік складання рейтингу
BDO International Business Compass	Інвестиційна привабливість	131 / 174	45,27	0..100	2018
World Justice Project	Індекс верховенства закону	77 / 113	0,5	0..1	2018
The Heritage Foundation	Індекс економічної свободи	150 / 180	51,9	0..100	2018
The Institute for Economics & Peace	Індекс глобального тероризму	21 / 163	6,048	0..10	2018
The World Bank	Легкість ведення бізнесу	71 / 190	68,25	0..100	2018
	Індекс логістичної ефективності	66 / 160	2,83	1..5	2018
Transparency International	Індекс сприйняття корупції	130 / 180	30	0..100	2017
Property Rights Alliance	Індекс прав міжнародної власності	110 / 125	4,282	0..10	2018

(складено автором на основі [56-60], [62], [63])

За оцінками експертів The Heritage Foundation, значення індексу економічної свободи в Україні становить 51,9 балів, що розміщує нашу економіку на 150 сходинку з поміж 180 проаналізованих країн в 2018 році. Загальна оцінка індексу зросла на 3,8 пунктів, що відображає поліпшення у восьми з 12 показників економічної свободи та особливо значне покращення грошової свободи та свободи інвестицій. Однак, Україна займає останню позицію серед 44 країн Європи, а її

загальна оцінка нижча за регіональні та середні. Олігархічний характер економіки України сповільнює проведення реформ. Для покращення ситуації необхідні масштабні зміни: боротьба з корупцією, розвиток ринків капіталу, вдосконалення законодавчої бази та верховенства права.

Політична стабільність, ефективність нормативно-правової бази та інвестиційна свобода оцінені також в індексі інвестиційної привабливості в аналітичному звіті BDO. Сукупність економічних, політичних та соціокультурних показників сприяли розміщенню України на 131 сходинку рейтингу. Сусідні країни – Малаві, Бенін, М'янма.

Військові дії на сході країни та втрата території АР Крим, який був особливо привабливий для інвестицій у проекти сонячної енергетики, значно погіршили рейтинг України в індексі глобального тероризму. Це дуже помітна для відновлювальної енергетики подія, оскільки фактор військового конфлікту значно впливає на всі розглянуті індекси в табл. 2.2. До 2013 року, Україна посідала 51 сходинку, максимально високе значення мала в 2015 році (10 сходинка) в період найбільш активних військових операцій. Станом на 2018 рік, Україну розміщують на 21 місці. Слід відзначити, що факт введення військового стану 26 листопада 2018 року напевно вплине на рейтинги 2019 року. Для ринку сонячної енергетики такий статус становить велику загрозу, оскільки під дію закону про військовий стан попали Одеська, Миколаївська, Херсонська області – найбільш привабливий регіон для розвитку проектів СЕС.

За даними The World Bank, в Україні тривають реформи на покращення легкості ведення бізнесу. Позитивними факторами визначено збільшення захищеності міноритарних акціонерів, спрощення процедури арбітражу по виконанню контрактів та поліпшення умов міжнародної торгівлі. Таким чином, перемістивши нашу країну в рейтингу з 76 позиції на 71. Тенденція відзначається позитивним трендом – з 2008 року Україна піднялась з 146 місця на 71 (рис.2.6).

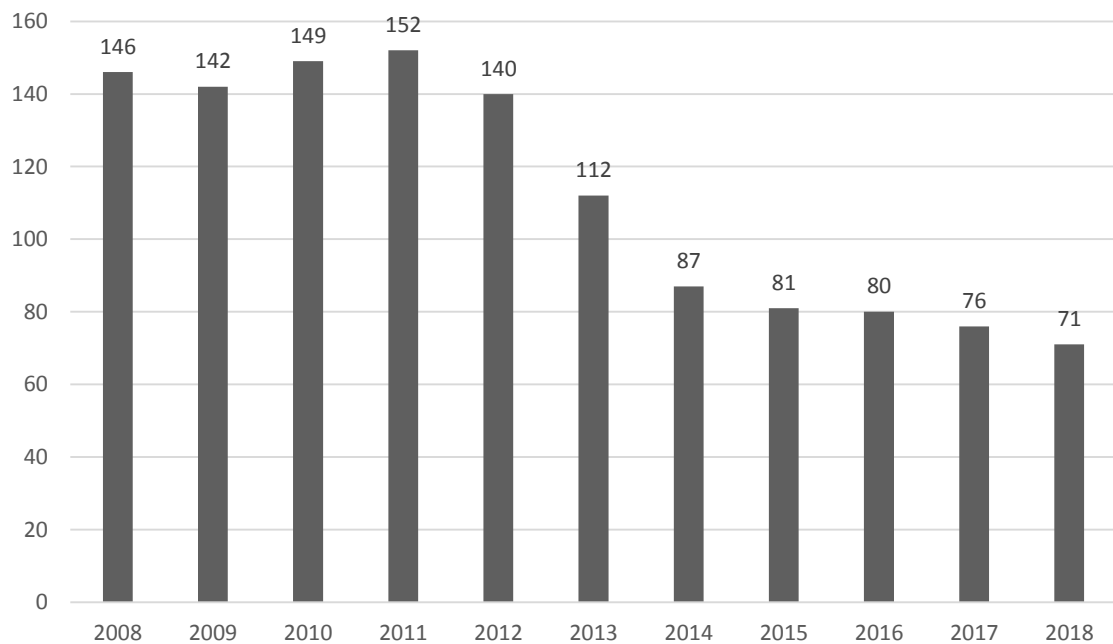


Рис. 2.6. Місце України в рейтингу Doing Business
(складено автором на основі [60])

Проблема корупційної складової для іноземних інвесторів – це дуже впливовий фактор. Згідно звіту Transparency International, в 2017 році Україна піднялась на одну сходинку вгору, посівши 130 місце понад 180 країн в рейтингу. Всі позитивні реформи, які відображені в індексах Doing Business та економічної свободи недостатньо впливають на рівень корумпованості.

При розміщенні об'єктів сонячної інфраструктури, інвестор має бути впевненим у захищеності своїх прав власності. Property Rights Alliance оцінив Україну як 110-ту країну з 125 представлених у звіті. Регіональний рейтинг – 23 місце з 24 країн. Правові показники, незалежність судової системи, права інтелектуальної власності дещо збільшились, але цих змін виявилось замало для суттєвих змін в позиції України порівняно з країнами-сусідами та світом загалом.

Стан економічної та політичної ситуації в Україні знаходять своє відображення у низьких рейтингах нашої країни відносно багатьох країн світу в аналітичних звітах міжнародних організацій. Показово, що у річних звітах з розвитку ВДЕ у світі від таких компаній як KPMG, Deloitte, Ernst&Young, IRENA, REN21 Україні не виділяється окремого розділу. Наша країна фігурує тільки у

статистичних таблицях. Хоча південні регіони України мають достатньо привабливий потенціал для розвитку сонячної енергетики, навіть порівнюючи з сусідніми державами (рис. 2.7), фактор військових дій та політична обстановка не приваблюють інтерес авторів.

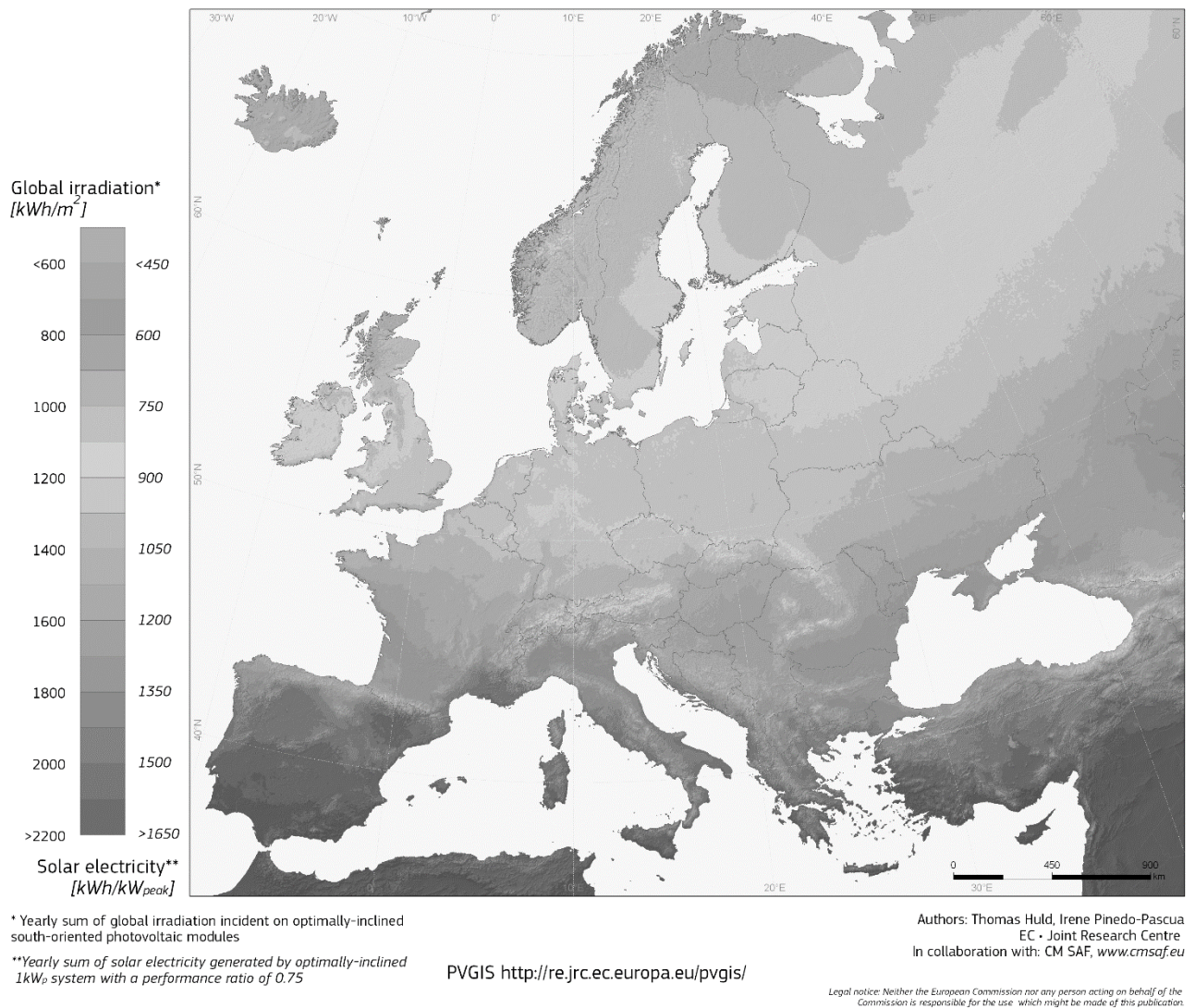


Рис. 2.7. Карта розподілу сонячної радіації в Європі [64]

Для інвесторів при виборі місця розташування СЕС важливі наступні фактори: наявність сонячної радіації, потенціал енергетичних мереж та політика місцевої влади. У 2017 році друге місце у зростанні сонячної енергетики посіла Івано-Франківська область. Одеська область є рекорсменом за загальною потужністю

протягом всіх років - 241 МВт. Найбільш продуктивним для запуску проектів сонячної енергетики стали 2012-2013 роки.

Сонячна енергетика в Україні має великий потенціал, але він не використовується в повному обсязі. З одної сторони, такий рівень інвестиційної активності можна пояснити недостатньою досконалістю законодавчих та інституційних умов для створення ряду конкурентних переваг великій кількості інвесторів у цій сфері. З іншого боку постають технічні нюанси роботи сонячних електростанцій. В процесі експлуатації СЕС інвесторам доводиться брати у розрахунок вплив різних видів технічних ризиків, які завдають серйозного впливу на кінцеві показники ефективності проекту, зокрема, визначають рівень його рентабельності.

Категоризувати ризики можна за наступними напрямками (рис. 2.8):

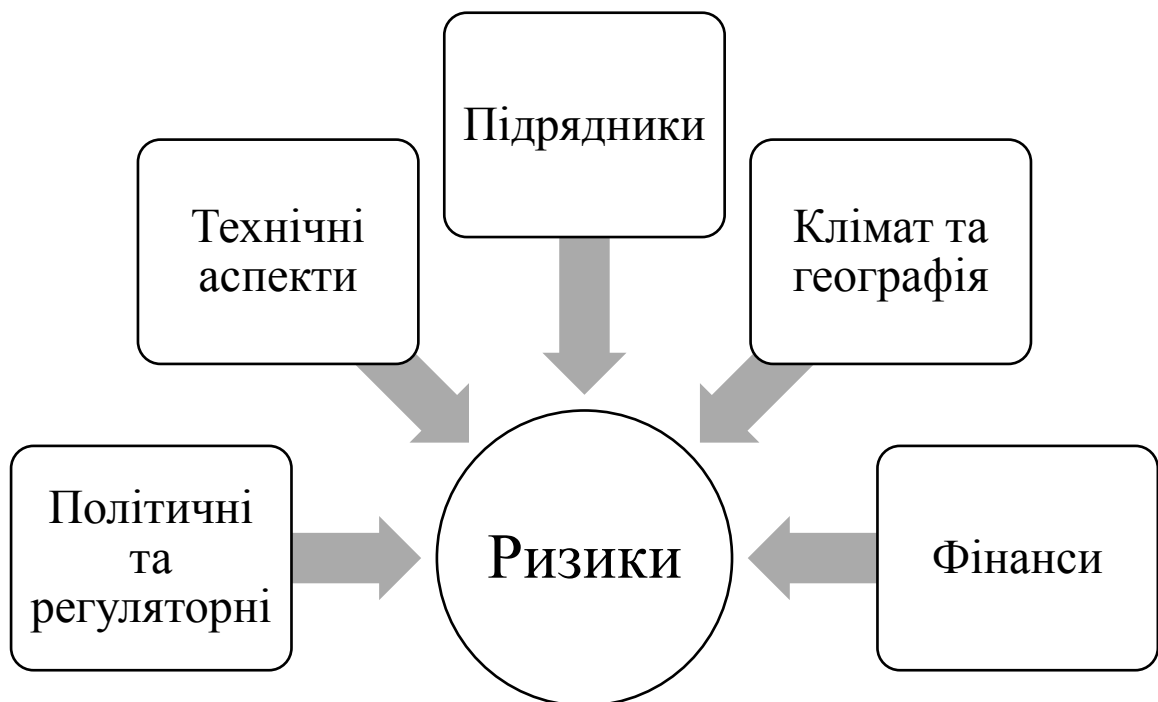


Рис. 2.8. Ризики інвестування в проекти сонячної енергетики (складено автором на основі [42])

До політичних ризиків можна віднести відсутність стабільної політичної системи, військові дії на частині території країни, високий рівень бюрократизації, відсутність чітко функціонуючої правоохоронної та судової системи, ризики зміни

нормативно-правової бази. Дуже важливою складовою для проектів сонячної енергетики є наявність «зеленого» тарифу та гарантії незмінності існуючих планів та законів щодо ставки даного стимулюючого фактору. Регуляторні ризики тісно пов'язані з політичними. Проявами регуляторних ризиків є управління державним підприємством (регулятором ринку) операціями купівлі електроенергії та випуску її в мережу, надання доступу до мережі, ризики корупційної складової при отриманні дозволів та ліцензій.

Технічні ризики знаходяться під значним контролем інвестора. Ризики, пов'язані з якісною роботою електростанції загалом та сонячних панелей, силових кабелів, розподільовачів напруги, трансформаторів зокрема, входять у прямі обов'язки персоналу та відносяться до операційної діяльності. Важливим фактором окупності СЕС є ефективність встановлених сонячних панелей. Високотехнологічні панелі виробляють з полікристалічного кремнію та при встановленні використовують трекерну систему монтажу, яка дозволяє панелям протягом дня змінювати своє положення відносно своєї осі та кут нахилу відносно горизонту. Такі панелі можуть мати на 30% більшу ефективність порівняно зі стаціонарними системами. Ризики, пов'язані з процесами запобігання надзвичайних пригод, таких як пожежі, також можна віднести до даної категорії. Технічні характеристики матеріалів та обладнання можуть підпадати під певні державні стандарти або вимоги щодо наявності місцевих складових компонентів. Такі ситуації не знаходяться під контролем інвестора напряду, але мають бути виявлені ще на підготовчих етапах проекту під час експертних оцінок. Покриття технічних ризиків забезпечує правильна експлуатація обладнання та витрати на амортизацію.

Ризики невиконання зобов'язань підрядниками є спільною рисою для інвестиційних проектів у всіх сферах діяльності. В цю категорію попадають ризики перевитрати коштів (у разі шахрайства підрядників), низької якості будівельно-монтажних робіт, затримки постачальниками палива та супутніх матеріалів. Загалом, найбільша ймовірність появи таких ризиків відноситься до етапу будівництва СЕС.

Кліматичні ризики є особливістю функціонування сонячних електростанцій. Як правило, при освоєнні території розміщення СЕС, враховуються статистичні дані, наприклад, прогноз інтенсивності сонячного випромінювання, кількість сонячних днів, але за фактом ці показники можуть змінюватися поза кліматичних прогнозів. Сонячній електростанції властиві значні піки і спади. Допоки Сонце сяє – станція активно генерує електроенергію. Тому ризики кліматичних змін мають найбільший вплив на безперебійне функціонування станції. Для мінімізації залежності від погоди використовують акумулятори, які можуть компенсувати перепади потужностей генерації електроенергії при зміні умов навколишнього середовища.

Нерозривно з політичними ризиками йдуть ризики фінансового характеру. В залежності від економічної ситуації в країні, існує валютний ризик, що напряду впливає як на міжнародних інвесторів, так і на внутрішніх. Зміна процентних ставок може поставити під питання доцільність функціонування СЕС, оскільки для підтримки показника внутрішньої норми прибутку доступний тільки один інструмент – оптимізація операційних витрат. Збільшення ККД сонячних панелей потребує закупівлі більш наукомісткого обладнання, що потребує додаткових інвестицій.

Ефективність управління наведеними вище ризиками залежить від можливості оцінити та зменшити ймовірність тої чи іншої ризикової події. Суть ризик-менеджменту полягає не у ліквідації ризиків, що просто неможливо, а в їх оптимізації та мінімізації збитків в специфічних умовах в результаті скоординованих дій при керуванні та управлінні ризиками. Всі види ризиків можна віднести до змінних чи незмінних. Змінні ризики можна мінімізувати на етапі підготовки інвестиційного проекту СЕС в процесі прорахунку потенційних збитків. Незмінні ризики можна або прийняти на себе, або передати третій стороні (наприклад, за допомогою хеджування або страхування). При настанні страхового випадку, компанія-страховик компенсує кошти, необхідні для відшкодування отриманих збитків.

Страховання має істотні переваги: підприємство отримує можливість планувати свої майбутні витрати, розподіляти кошти згідно з фінансовим планом, а також покривати непередбачувані високі збитки, що можуть виникнути в разі страхового випадку. Такий підхід забезпечує стабільну ефективність роботи СЕС та збільшує її надійність перед регулятором та кінцевими споживачами.

З урахуванням поточної політичної нестабільності в Україні, основний акцент потрібно зробити на страхуванні саме політичних ризиків. Такий тип страхування передбачає отримання страхового захисту від ризиків зміни політичного устрою: націоналізації, реквізиції, зміни законодавства, військових дій, громадянських заворушень, соціальних заворушень та інших факторів, які можуть заподіяти шкоду майновим інтересам інвестора, у тому числі й пов'язаних з переказом платежів в іноземній валюті. Страхові компанії України не зможуть надати такий інструмент, оскільки настане ситуація спору з країною своєї ж резиденції. Залишається лише варіант страхування у іноземних або міжнародних страхових компаніях, багато з яких по об'єктивним причинам не готові приймати такі ризики на себе.

2.3. Використання смарт-контрактів в сонячній енергетиці

Особливості функціонування смарт-контрактів дозволяють збільшити рівень довірчих взаємовідносин між учасниками договорів. Прозорість, незмінюваність і відстежуваність транзакцій в блокчейні гарантують створення більш комфортного середовища для бізнесу, ніж будь-які інші сучасні технології обліку енергії, в яких так чи інакше наявні корупція і людський фактор. Смарт-контракти можуть бути застосовані у широкому спектрі напрямів – від розробки альтернативної валюти для торгівлі та мотивації постачальників енергії до використання розумних контрактів для управління транзакціями на енергетичному ринку (рис. 2.9.).

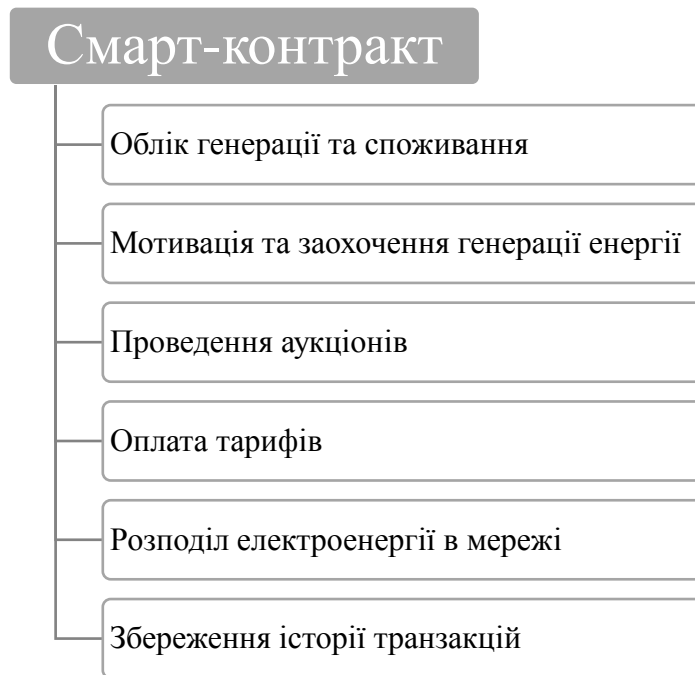


Рис 2.9. Напрями застосування смарт-контрактів в сонячній енергетиці (розроблено автором)

Одна з особливостей енергетики в її сучасному вигляді – це наявність шахрайства з електроенергією. Починаючи від махінацій з електролічильниками і самостійному підключенні в сусідню електромережу на побутовому рівні до масштабних шахрайських схем на рівні генеруючих компаній. В результаті, в сучасній енергетиці величезні кошти витрачаються на захист від шахрайства та облік енергії, які все рівно не дають стовідсоткового захисту.

Моделі транзакцій на блокчейні базуються на тому, що вся електроенергія, яка поставляється в електромережу, може бути чітко приписана на рахунки конкретних споживачів в короткий проміжок часу. Це означає, що розрахунок за всю вироблену і спожиту електроенергію може бути дуже точно проведений по змінним цінам. Електрика надходить до кінцевого споживача безпосередньо від найближчого виробника електроенергії. Загальнодоступна база даних дозволить точно налаштувати операції в мережі як на рівні розподілу, так і на рівні передачі електроенергії.

Впровадження смарт-контрактів в сонячній енергетиці може радикально змінити кон'юнктуру ринку, впроваджуючи такі властивості технології блокчейн:

1) прозорість – можливість спільного використання і відкритість при проведенні транзакцій, в яких беруть участь кілька організацій. Використання смарт-контрактів буде вкрай цінним для усіх зацікавлених сторін;

2) довіра – після того, як запис вноситься в блокчейн, змінити його практично неможливо. Така безповоротність змін зміцнює впевненість користувачів (в тому числі інвесторів) в достовірності даних і зменшує ймовірність шахрайства.

3) відмова від посередників – у блокчейні, завдяки однорангового алгоритму досягнення консенсусу, запис і верифікація транзакцій відбуваються в автоматичному режимі, прозоро і без залучення будь-якої третьої сторони. Це потенційно мінімізує витрати, затримки і загальні складності в роботі.

4) колаборація – смарт-контракт можна запрограмувати таким чином, щоб завершення одних транзакцій автоматично запускало б ініціалізацію інших. Завдяки цьому, різні сторони можуть без зайвого ризику залучатися до транзакції з множинними залежностями або в транзакції, запущені іншими учасниками.

5) безпека – блокчейн побудований на протоколі, який використовує криптографічний систему з відкритими і закритими ключами, тому безпека і конфіденційність транзакцій не піддаються сумніву. Зони довіри також можна встановлювати штучно і створювати, наприклад, відкриті публічні реєстри або контрольовані закриті локальні мережі, користування якими буде обмежено для певного кола учасників.

Завдяки блокчейну всі потоки електроенергії будуть забезпечені захистом від стороннього втручання. Це дозволить сертифікувати електрику, перевіряти фактичні показники генерації та споживання. Децентралізована технологія функціонує як база даних транзакцій, побудована на принципі розподіленого реєстру, тому за допомогою блокчейна можна створити універсальний архів для зберігання всіх даних за виставленими рахунками на електроенергію. Споживачі отримають розширені можливості контролю щодо своїх договорів на електропостачання (саме тут є широке поле для розвитку різноманітних смарт-контрактів), а також даних про

фактичне споживання електроенергії. Всі записи будуть зберігатися у відкритому доступі в блокчейн-реєстрі.

Однак, слід одразу зазначити, що через невизначеність юридичного статусу всієї крипто-індустрії, державні енергетичні компанії не можуть в повній мірі реалізувати проекти що використовують смарт-контракти в зв'язку з відсутністю нормативно-правової бази. Оскільки технологія блокчейн усуває потребу в послугах третьої сторони, що бере на себе наглядові функції за розподілом енергії, то існує дуже високий ризик відмови державного регулятора від впровадження прогресивних технологій у ринок електроенергії.

Використання смарт-контрактів має технічні можливості для створення диференційованого ринку електроенергії. В загальній електромережі можуть бути створені мікромережі – локальні угруповання споживачів та виробників приватних СЕС, об'єднаних в єдину мережу. Переваги такої системи наступні [43]:

- 1) розрахунок між виробниками та споживачами спрощується, оскільки вся інформація автоматично опрацьовується в блокчейні;
- 2) учасник такої мережі може бути і споживачем, і виробником, продаючи надлишки своєї електроенергії або купуючи її при недостатчі;
- 3) збільшується ефективність роботи сонячної станції, оскільки мінімізуються втрати електроенергії при передачі по ЛЕП за рахунок відсутності великих відстаней між виробником та споживачем.

В разі об'єднання окремих мікромережей, в майбутньому може з'явитися нова система енергетичних транзакцій і енергопостачання. Поставки електроенергії, виробленої на приватних та промислових СЕС будуть здійснюватися кінцевим споживачам по своїм локальним мережам. Обсяги виробленої і спожитої електроенергії вимірюються за допомогою інтегрованих в систему лічильників, а операції з торгівлі електроенергією та платежі будуть контролюватися за допомогою смарт-контрактів і виконуватися автоматично. Застосування цих механізмів на ринку створює можливість функціонування без залучення сторонніх брокерів. Існуюча

архітектура системи така, що електроенергія виробляється на генеруючих об'єктах з централізованим управлінням і поставляється промисловим і побутовим споживачам, операторами яких є електроенергетичні компанії.

Практика застосування смарт-контрактів в сонячній енергетиці існує в США, Нідерландах, Німеччині, Швеції та Саудівській Аравії. Завдяки широкому впровадженню програм енергоефективності та сонячній енергетики зокрема, в цих країнах розробку додатків на основі технології блокчейн ведуть електроенергетичні та IT-компанії. Прикладами енергетичних компаній є Consolidated Edison (США), RWE (Німеччина) та Vattenfall (Швеція).

Проект Brooklyn Microgrid розробляється в США з квітня 2016 року компанією TransactiveGrid, спільним підприємством, створеним компаніями LO3 Energy і ConsenSys за підтримки одного з лідерів енергетичного ринку США – Consolidated Edison. Мета проекту – протестувати, як смарт-контракти можуть використовуватись для проведення операцій з продажу електроенергії від сонячних панелей безпосередньо між сусідами. Компанія досліджує проблему інтеграції житлових будинків, обладнаних системами, які працюють від розподілених джерел генерування електричної енергії (в даному випадку від сонячних панелей), в децентралізовану електромережу, що діє за принципом рівноправних учасників. Всі обсяги електроенергії, які не використовуються безпосередньо самими будинками, продаються сусіднім домогосподарствам. Всі будівлі об'єднані в традиційну електромережу, а управління транзакціями і зберігання даних про них здійснюється з використанням блокчейну. Для реалізації проекту необхідне застосування технології «розумних лічильників» (лічильники електроенергії, інтегровані в блокчейн) і програмного забезпечення з функціоналом смарт-контрактів. Лічильники необхідні для реєстрації кількості виробленої електроенергії, а смарт-контракти відповідають за проведення та відображення цих транзакцій в автоматичному і захищеному режимі. Це приклад локального проекту, який може стати прикладом

для інших компаній ринку сонячної енергетики. Споживачі в такій системі виграють завдяки більш високому рівню прозорості та гнучкості.

Проекти типу Brooklyn Microgrid мають як позитивні фактори розвитку, так і несуть в собі набір певних ризиків. До нових можливостей напевно можна віднести зменшення операційних витрат завдяки відмови від залучення посередників. Також, теоретично можливе зменшення тарифу на електроенергію в результаті збільшення прозорості ринку за мінімізації операційних витрат. Для невеликих виробників електроенергії така система є стимулюючим фактором та легкою можливістю вийти на ринок.

Однак, ризики такого підходу не можна не враховувати. Спершу, для широкого функціонування мікромережі, потрібна достатня кількість учасників. Як правило, складні інноваційні технології лякають людей. Суспільство може не прийняти ідею локальних автономних СЕС. Наступною проблемою стануть вирішення спірних питань, оскільки централізованого регулятора немає, в разі збоїв або програмної помилки, неочевидно кому виставляти претензії. Також, новизна продукту несе ризик відсутності стандартизації. Стихійний розвиток локальних мікромереж може призвести до неможливості поєднання таких кластерів між собою.

Висновки до розділу 2

Сонячну енергетику вважають найбільш перспективним напрямком енергетичної галузі. В довгостроковій перспективі електроенергія, згенерована Сонцем, стане не просто рентабельною, а надприбутковою.

Географічне положення України є одним з головних факторів формування потенціалу для розвитку сонячної енергетики. Південні регіони (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Дніпропетровська області) є найбільш привабливими для розміщення СЕС. Західні регіони (Закарпатська, Чернівецька області) мають порівняно менший потенціал. За аналітичними оцінками, ВДЕ можуть покривати до

78% потреб електроенергії України. На даному етапі розвитку ВДЕ, їх частка у загальному виробництві електроенергії не перевищує 2%. Таким чином, розвиток сонячної енергетики, як складової частини ВДЕ, має дуже високий потенціал.

За даними американської компанії IB Centre Inc., капіталізація українського ринку сонячної енергетики за підсумками 2016 р перевищила 1,4 млрд. дол. США.

Стимулами розвитку проектів СЕС, окрім географічних та кліматичних умов, є державна підтримка розвитку ВДЕ у вигляді «зеленого» тарифу, наявність якого закріплено на законодавчому рівні до 2030 року. Позитивним фактором для залучення міжнародних інвестицій у сонячну енергетику України є фінансова підтримка таких структур, як ЄБРР, Міжнародна фінансова корпорація, «Укргазбанк».

Суттєвою перешкодою для інвесторів є загальне економічне та політичне становище України. Нестабільність нормативно-правової бази, військові дії на сході країни, високий рівень корупції та складність прогнозування тенденцій розвитку держави становлять загрозу для подальшого впровадження сонячної енергетики в Україні.

Також, було проаналізовано основні переваги та недоліки використання смарт-контрактів в проектах сонячної енергетики. З огляду на вже реалізовані проекти, можна стверджувати що смарт-контракти мають можливість створити диференційований ринок електроенергії, згенерованої на локальних СЕС. Перевагами такої системи можуть стати зменшення цін на електроенергію для споживача, створення стимулу для стрімкого розвитку ВДЕ та мінімізацією операційних витрат (обробка транзакцій, втрати частини енергії при передачі на довгі відстані по ЛЕП). В той же час, враховуючи фактор новизни технології, існує ряд невирішених проблем – регуляція спірних ситуацій, відсутність стандартизації, неприйняття суспільством нового підходу.

РОЗДІЛ 3.

ПОСИЛЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

3.1. Децентралізований аукціон як інструмент проведення тендерів на залучення міжнародних інвестицій

За думкою автора, для залучення іноземних інвестицій у сонячну енергетику, Україна повинна взяти курс на перехід від «зелених» тарифів для великих систем і перейти на аукціони, в яких покупець буде отримувати пропозиції від продавців. Це фундаментальний перехід від системи, заснованої виключно на державній стимуляції за допомогою «зеленого» тарифу.

Принцип переходу на аукціони полягає в тому, щоб міжнародні інвестори змагались за будівництво нових проектів, пропонуючи якомога нижчий тариф. Для кінцевого споживача такий підхід несе потенційні переваги у вигляді менших витрат на електроенергію, а для інвесторів створює конкурентне середовище. Таким чином, при розробці проекту СЕС, інвестор може розраховувати на широкий ринок збуту згенерованої електроенергії, в той час як поточна ситуація регулювання ринку залишає ризик відсутності інструментів управління збуту для оператора СЕС.

Аргументацією на користь концепції аукціонів є їх наступні особливості: гнучкість, прозорий механізм ціноутворення, можливість аудиту укладених угод.

Аукціони дають змогу об'єднувати та адаптувати різні умови для формування потрібних правил ведення торгів. Однією з сильних сторін такого механізму є незалежність від юрисдикції учасників, що дуже важливо при залученні різноманітних іноземних інвесторів.

Сильною стороною аукціонів є прозорість механізму ціноутворення. Достатній розвиток функціональності платформи проведення торгів виявляє реальну ціну лоту. Це має особливе значення в контексті підтримки відновлювальних джерел енергії,

оскільки ці технології все ще знаходяться на стадії розвитку, особливо з урахуванням рівня зрілості ринку.

Для держави як регулятора та гаранта, аукціони дозволяють контролювати динаміку цін, кількість та потужність об'єктів СЕС, забезпечуючи стабільні гарантії прибутку. Таким чином, як інвестори, так і держава отримує більшу впевненість у майбутніх результатах розвитку сектору сонячної енергетики.

Ще однією особливістю аукціонів є те, що вони стимулюють укладення контрактів між двома суб'єктами, які чітко визначають обов'язки та зобов'язання кожної зі сторін. Такий підхід може запропонувати інвесторам більшу регуляторну впевненість, мінімізуючи ймовірність того, що їхні прибутки будуть поставлені під сумнів у майбутньому, навіть в разі зміни політичної ситуації в Україні. Крім того, завдяки забезпеченню прозорого, справедливого, відкритого та своєчасного процесу закриття угод, аукціон мінімізує ризики маніпулювання ринком електроенергії.

Важливо пам'ятати про терміни завершення періоду окупності інвестиційного проекту. Якщо проект буде тривати довгі роки, учасники торгів будуть враховувати майбутні ціни. При введенні системи аукціонів, слід забезпечити підтримку проектів СЕС, які вже отримали всі дозволи та почали будівництво. Позитивним сигналом для залучення міжнародних інвестицій може бути встановлення м'якого перехідного періоду для вже функціонуючих об'єктів сонячної електрогенерації. Поєднання державної підтримки за рахунок «зеленого» тарифу та доступ до перших етапів впровадження аукціонів для операторів СЕС сформує привабливі умови для залучення нових інвестицій. Таким чином, держава підвищить рівень довіри та покращить свою репутацію на надійність в очах інвесторів. В умовах ймовірного подальшого зниження цін на обладнання для СЕС (в результаті росту цього сектору та інноваційних розробок з підвищення ККД сонячних панелей), з часом показники економічної доцільності інвестицій мають збільшитись.

Слід розглянути вплив крупного капіталу на конкурентоспроможність малих підприємств. Менші підприємства не зможуть ефективно конкурувати в рамках

аукціону, оскільки мають можливість виконати тільки один або кілька проектів. Іншими словами, вони не зможуть розподілити втрачений прибуток від невдалих лотів по декільком проектам, як це можуть зробити великі компанії. Тому слід диференціювати аукціони за потужністю об'єктів СЕС або за розміром компаній-учасників. В такій конфігурації всі учасники торгів зможуть боротись за реалізацію своїх проектів більш ефективно.

Технічний аспект реалізації такого роду системи аукціонів повинен мати високий рівень довіри як у регулятора в особі держави, так і міжнародних інвесторів. Саме тому ми пропонуємо використовувати децентралізований аукціон.

Децентралізований аукціон – це система з загальнодоступною децентралізованою базою даних, в якій з використанням технології блокчейн та мережі Інтернет в режимі реального часу безперервно і відкрито для необмеженого кола осіб здійснюється збір, візуалізація і зберігання інформації про об'єкти аукціонів, авторизація учасників аукціонів, а також надання, зіставлення і прийняття цінових пропозицій (ставок) учасників аукціонів.

Основними моделями класичних аукціонів є наступні:

Англійський аукціон – найбільш поширений формат аукціону. Товари продаються за найвищою пропозицією ціни. Торги відбуваються в порядку зростання.

Голландський аукціон – торги на такому аукціоні починаються з дуже високої стартової ціни і поступово опускаються до тих пір, поки покупець не зупиняє автоматичний годинник в момент, коли ціна опустилась до прийнятної. Іншими словами – перший, хто зупинить торги і вважається переможцем.

Слід відмітити, що в зазначених класичних типах аукціонів присутній ризик змови організатора та покупця. Крім того, можливі маніпулювання ціною задля штучної зміни цін.

Вирішуючи проблему потенційного маніпулювання цін, було прийнято рішення використовувати модель аукціону закритого типу. У цьому типі аукціону

всі учасники одночасно роблять свої ставки таким чином, що жоден учасник не знає пропозицію іншого учасника. Найвища або найменша пропозиція (в залежності від умов аукціону) оголошується переможцем.

Така модель виключає можливість змови організатора і покупця. Учасники не можуть штучно змінювати ціну лота, маніпулюючи фіктивними пропозиціями, оскільки не мають інформацію про кількість учасників та об'єм ринку.

Серед переваг також можна віднести неможливість підтасовки результатів торгів, оскільки формування рейтингу та винесення остаточного рішення щодо переможця автоматизовано. Таке рішення реалізоване за допомогою смарт-контракту.

Архітектура сервісу дуже добре масштабується. Зовнішня модерація заявок ніяким чином не впливає на автоматизовані процеси обробки пропозицій та формування рейтингів.

Регулювання допуску учасників до аукціону повинне містити державні перевірки. Електроенергія є важливою частиною безпеки країни, тому без перевірки зі сторони державних органів не обійтись. Процедура перевірки корпоративних документів потенційного учасника та його фінансової звітності повинна бути прозорою та зрозумілою. Цей етап є дуже показовим для інвесторів, оскільки має великий потенціал виникнення корупційної складової.

Наведемо алгоритм роботи децентралізованого аукціону:

- 1) учасник реєструється в системі та поповнює свій баланс;
- 2) організатори сповіщають учасників про список лотів та їх характеристики;
- 3) торги за лот проходить в один етап – всі покупці одночасно пропонують свою ціну;
- 4) після завершення терміну подачі заявок формується рейтинг учасників;
- 5) в залежності від специфіки лоту виграє учасник, який запропонував найбільшу або найменшу ціну;

6) якщо таких учасників виявилось декілька, то проводиться другий етап торгів лише серед цих учасників;

7) після виявлення переможця, всі учасники сповіщаються відповідним повідомленням. Переможець узгоджує з організаторами аукціону подальші дії.

Алгоритм роботи такого аукціону можна представити в формі блок-схеми (рис. 3.1).

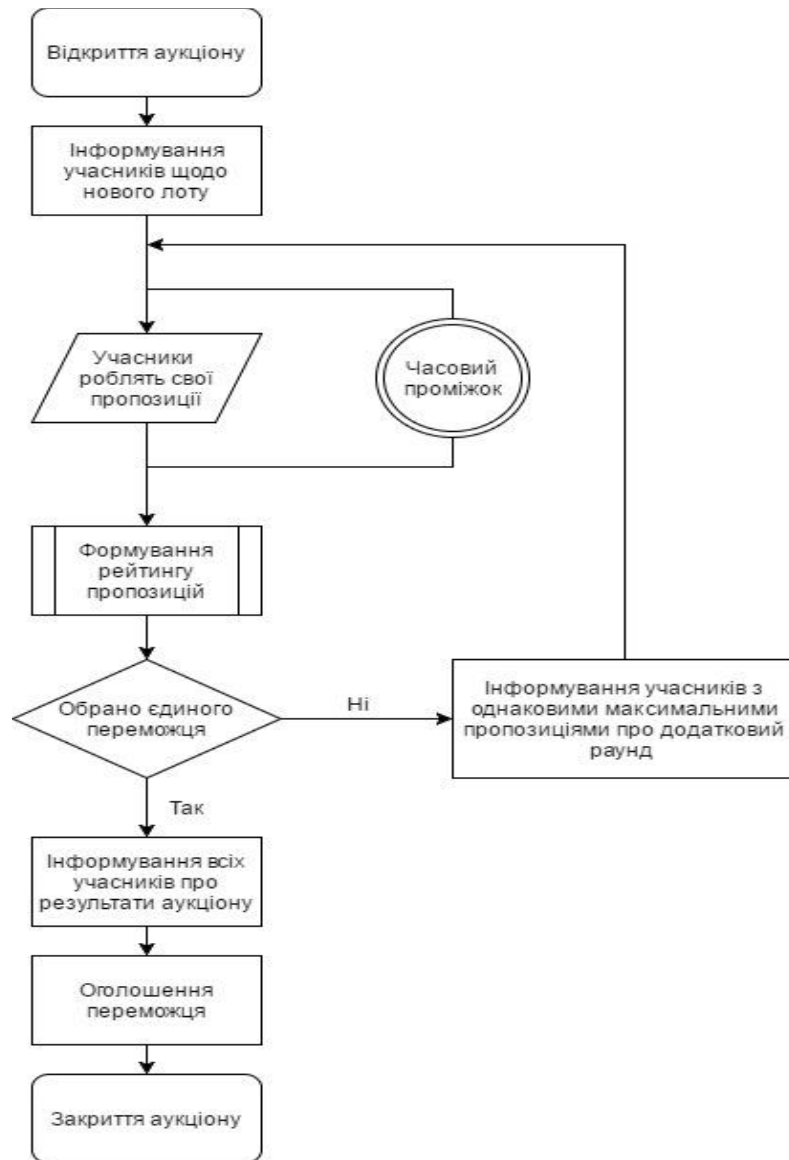


Рис. 3.1. Блок-схема проведення аукціону на основі технології блокчейн (розроблено автором)

Технологією реалізації децентралізованого аукціону, на нашу думку, повинна бути платформа Ethereum (побудована на принципах блокчейну), що підтримує інструментарій смарт-контрактів:

- 1) Заявка з ціною лоту оформлюється як звичайний переказ коштів (або еквівалент у токенах);
- 2) Прийняття рішення по лоту автоматизується на програмному рівні смарт-контрактом організатора (рис. 3.2).

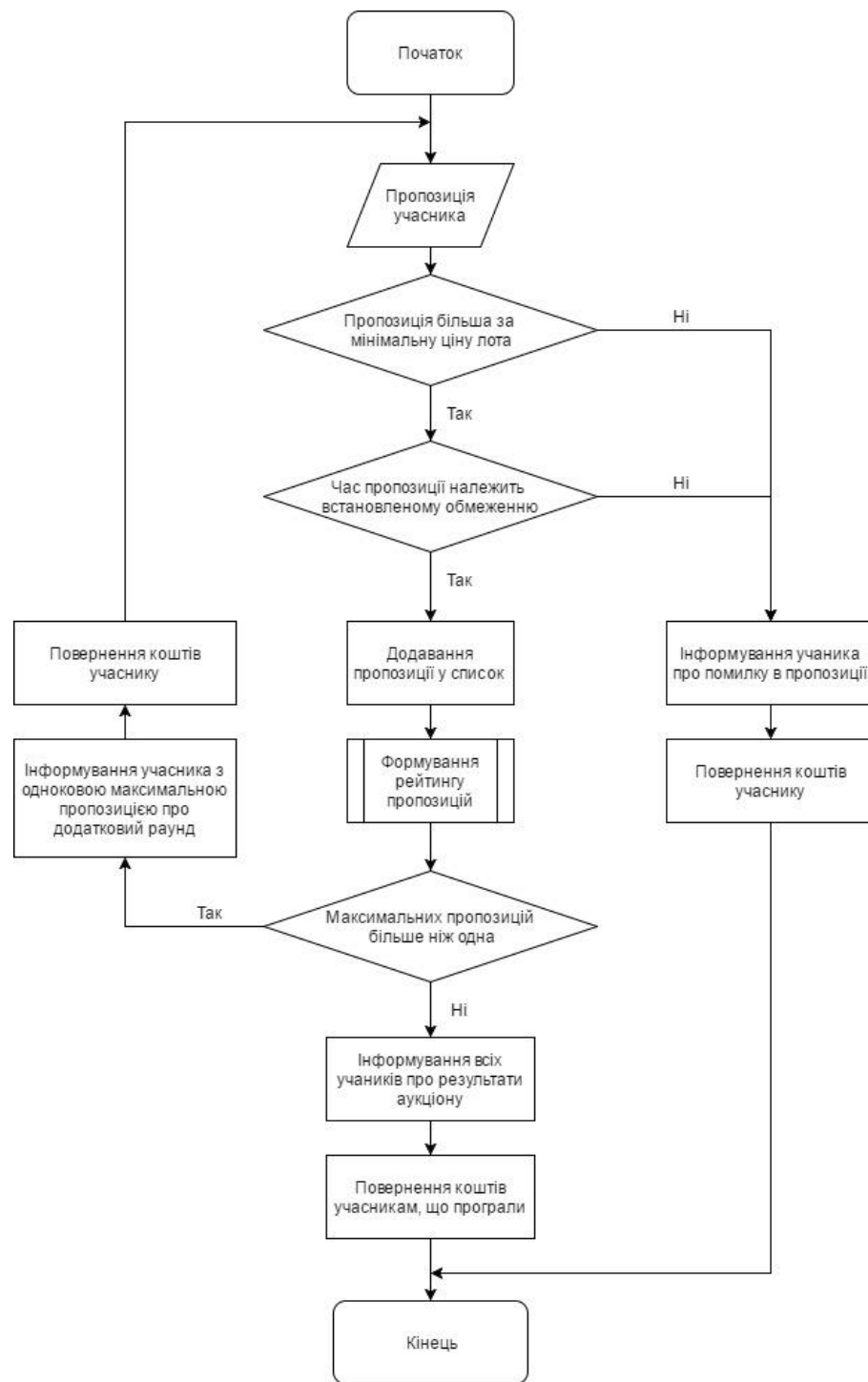


Рис. 3.2. Алгоритм роботи смарт-контракту на проведення аукціону (розроблено автором)

Наведений алгоритм смарт-контракту реалізує наступний набір функцій:

- 1) перевірка заявки відносно граничного значення ціни лоту;
- 2) перевірка заявки на належність часовому проміжку торгів;

3) формування рейтингу заявок і визначення переможця (в залежності від специфіки лоту максимальну чи мінімальну заявку);

4) відправлення відповідних повідомлень усім учасникам, що приймали участь в торгах. Учасникам, що програли торги, повертаються їх кошти (токени).

Децентралізоване зберігання всіх даних про транзакції в блокчейні дозволить забезпечити надійне зберігання інформації про всі торги та укладені договори на основі використання розподіленого реєстру. Договори та їх статуси будуть документально оформлені й забезпечені захистом від стороннього втручання.

Для реалізації програми залучення міжнародних інвестицій, державі необхідно створити нормативно-правову базу для функціонування децентралізованого аукціону в чинному законодавстві.

3.2. Технологічні та нормативні рекомендації для поліпшення умов співпраці з міжнародними інвесторами у сфері сонячної енергетики

В Україні діє національний режим інвестиційної діяльності для міжнародних інвесторів. Це означає, що умови інвестиційної діяльності внутрішнім і зовнішнім інвесторам надано рівні. Також, іноземні інвестиції в Україні захищені від націоналізації.

Вектор розвитку енергоефективності в Україні тісно пов'язаний з інвестиціями у розвиток ВДЕ загалом та сонячної енергетики зокрема. Для доведення частки ВДЕ понад 10% у виробництві електроенергії в Україні, потрібно поліпшувати інвестиційну привабливість нашої країни.

Державне управління у сфері енергозбереження та енергоефективності в нашій країні здійснює Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективність). Конкретними завданнями для досягнення енергоефективності є:

- 1) визначення шляхів і створення умов для безпечного, надійного та сталого функціонування енергетики та її максимально ефективного розвитку;
- 2) забезпечення енергетичної безпеки держави;
- 3) зменшення техногенного навантаження на довкілля та забезпечення цивільного захисту у сфері техногенної безпеки ПЕК;
- 4) скорочення втрат енергії при генерації та ефективне споживання енергетичних продуктів шляхом впровадження енергозберігаючих технологій та обладнання, раціоналізація структури державних виробничих потужностей та скорочення залежності від енергоємних технологій;
- 5) інтеграція об'єднаної енергетичної системи України до європейської енергетичної системи та постійне збільшення обсягів імпорту електроенергії, що зміцнить позицію України як країни-транзитера нафти та газу.

Нижче наводимо органи державної влади, на які покладені відповідні завдання і які тому прямо або опосередковано впливають на енергетику України.

Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ є основним органом, на який покладено функцію формування та забезпечення реалізації державної регіональної політики, в тому числі і в таких сферах:

- 1) енергоефективність;
- 2) відновлювана енергетика та альтернативні види палива;
- 3) наземна фототопографічна зйомка та картографія;
- 4) землеустрій та землекористування;
- 5) охорона земель (окрім використання та охорони земель сільськогосподарського призначення);
- 6) надання послуг геодезії, картографії та кадастру через підпорядковану міністерству державну службу геодезії, картографії та кадастру.

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) є державним колегіальним органом, підпорядкованим Президентові України і підзвітним Верховній Раді України. До

2014 року цей орган мав назву Національна комісія регулювання електроенергетики (НКРЕ). Основними сферами нагляду з боку НКРЕКП є:

7) регулювання діяльності суб'єктів природних монополій та суб'єктів господарювання, що провадять діяльність у сферах електроенергетики, включаючи електростанції всіх типів;

8) здійснення нагляду на ринках природного газу, включаючи об'єкти видобутку нафтового (попутного) газу, газу (метану) вугільних родовищ та газу сланцевих тощо;

9) проведення цінової і тарифної політики у сферах енергетики, включаючи зелений тариф;

10) перероблення та захоронення побутових відходів.

Міністерство енергетики та вугільної промисловості України через підпорядковане йому державне підприємство «Укренерго» забезпечує технічні умови та укладає угоди на підключення об'єктів відновлюваної енергетики до електромереж.

Міністерство екології та природних ресурсів України здійснює перегляд планів будівництва об'єктів відновлюваної енергетики на предмет врахування екологічних міркувань та затверджує їх.

Нижче наводимо закони, кодекси та директиви, рішення та нормативні акти, які також регулюють питання енергетики в Україні.

1) Закон України «Про альтернативні види палива» визначає правові, соціальні, економічні, екологічні та організаційні засади виробництва та використання альтернативних видів палива, а також стимулювання збільшення його використання [67].

2) Закон України «Про альтернативні джерела енергії» визначає правові, соціальні, економічні, екологічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії, а також стимулювання збільшення їхнього використання [3].

3) Закон України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу» визначає правові засади для підвищення ефективності використання палива в процесах виробництва енергії або інших технологічних процесах, розвитку та застосування технологій комбінованого виробництва електричної і теплової енергії, підвищення надійності та безпеки енергопостачання на регіональному рівні, залучення інвестицій у будівництво когенераційних установок [68].

4) Закон України «Про електроенергетику» визначає правові, економічні та організаційні засади діяльності в електроенергетиці і регулює відносини, пов'язані з виробництвом, передачею, розподілом, постачанням і використанням енергії, забезпеченням енергетичної безпеки України, конкуренцією та захистом прав споживачів і працівників галузі [50].

5) Постанова Кабінету Міністрів України «Про прийняття державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2015 роки» визначає умови зменшення рівня енергоспоживання у відсотках від ВВП на період 2010 – 2015 рр. на 4% щорічно, всього на 20% і підвищення частки енергії з відновлюваних джерел та альтернативних видів палива у структурі паливного балансу України [69].

6) Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2030 року». До цього документу довгострокового планування нещодавно внесені зміни, які були затверджені 24.07.2013. На меті Стратегії – забезпечити збільшення частки енергії з відновлюваних джерел у структурі енергоспоживання країни, що є одним зі шляхів до підвищення енергетичної безпеки та скорочення негативного впливу на навколишнє середовище, пов'язаного з енергоспоживанням [70].

7) Розпорядження Кабінету Міністрів України від 03.09.2014 №791-р «Про затвердження Плану заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту

та Ради 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 р. Про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії та якою вносяться зміни до, а в подальшому скасовуються Директиви 2001/77/ЄС та 2003/30/ЄС» [10].

Розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.10.2014 № 1014-р «Про затвердження плану коротко- та середньострокових заходів щодо скорочення обсягу споживання природного газу на період до 2017 року» [71].

В Україні вже створена система відповідних фінансових пільг для стимулювання енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії і прописана у Податковому та Митному Кодексах та Законі України «Про електроенергетику», а саме:

- 1) введений «зелений» тариф;
- 2) зменшені податки для підприємств відновлюваної енергетики;
- 3) звільнено від сплати податку на прибуток:
- 4) прибуток від виробництва електроенергії з відновлюваних джерел;
- 5) прибуток від додаткової діяльності, пов'язаної з імпортуванням певних типів обладнання для відновлюваної енергетики;
- 6) певні типи обладнання для відновлюваної енергетики звільнені від сплати мита на імпорт при імпортуванні.

На нашу думку, для поліпшення умов співпраці України з міжнародними інвесторами у сфері сонячної енергетики необхідно, перш за все, здійснити наступні кроки, а саме:

1. Запровадити використання аукціонів на основі технології блокчейну з використанням смарт-контрактів для прямої взаємодії як зі споживачами, так і з державним регулятором.

2. Встановити можливість застосування фіксованих мінімальних ставок «зеленого» тарифу в разі одночасного використання традиційних і відновлюваних джерел енергії (тариф повинен застосовуватися пропорційно до використаної частки ВДЕ).

3. Гарантія встановлення «зеленого» тарифу (за умови дотримання вимог законодавства) повинна надаватися на початкових етапах будівництва електростанцій, що використовують сонячну енергію. Наприклад, надання гарантії може поширюватися на проекти, щодо яких видано технічні умови на будівництво або приєднання до мережі.

4. Скасувати зниження ставок «зеленого» тарифу в разі істотної модернізації або будівництва додаткових потужностей на сонячних електростанціях.

5. Змінити роль ДП «Енергоринок» з монополіста-посередника між виробником електроенергії та кінцевим споживачем на роль аудитора на регулятора ринку (рис. 3.2).

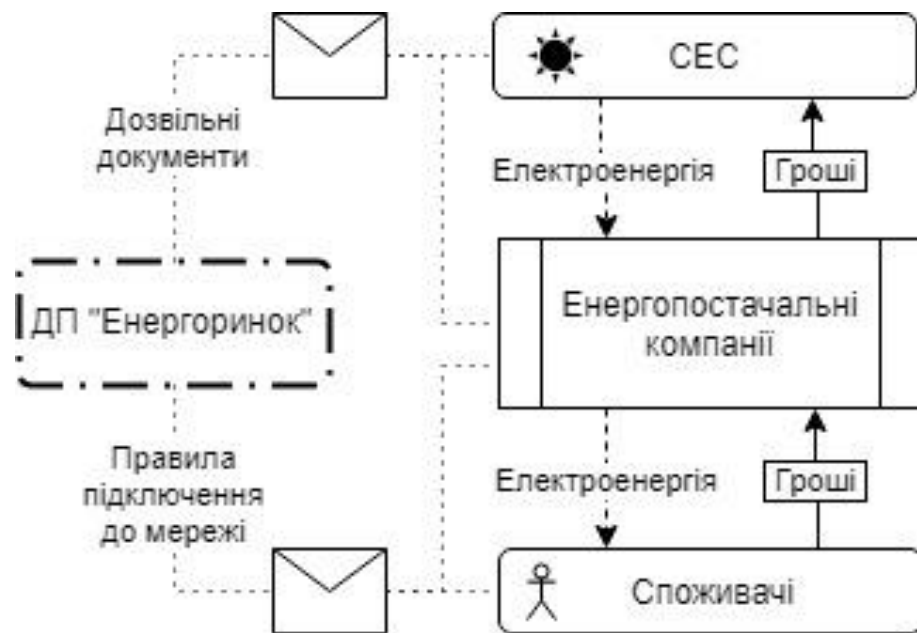


Рис. 3.2. Роль ДП «Енергоринок» в якості регулятору ринку електроенергії.

Створено автором

На нашу думку, в перспективі Україна має рухатись у сторону укладання прямих договорів між споживачами та безпосередньо з виробниками електроенергії на конкурентній основі. Це дозволить операторам СЕС здійснювати конкурентну цінову політику. Технічна реалізація такої моделі полягає у впровадженні мікромереж на базі технології блокчейн. В такому випадку стане також значущим фактор мобільності СЕС. Як очікується, такий розвиток не тільки стимулюватиме

введення нових сонячних електростанцій українськими операторами, але й допоможе залучити в Україну операторів СЕС з інших країн, особливо якщо держава не обмежить їх можливості виходу на місцевий енергоринок.

6. Знизити рівень бюрократії при отриманні дозвільних документів. Надати можливість одночасного одержання ліцензії та «зеленого» тарифу за процедурою «єдиного» вікна або зменшити кількість дозвільних документів (наприклад, звільнити від ліцензування осіб, яким встановлено «зелений» тариф).

Потенціал підвищення енергоефективності необхідно розглядати як перспективний ринок збуту, який має дати імпульс розвитку українських технологій у сфері енергозбереження та енергоефективності. Наявність суттєвого потенціалу енергозбереження в українській економіці – шанс для модернізаційного та інноваційного розвитку. При цьому важливо уникнути найбільш простого сценарію механічного залучення в Україну закордонних застарілих технологій енергозбереження, при якому Україна виступає лише у ролі споживача. Бажано мінімізувати ймовірність появи ситуації, коли на національному ринку енергозберігаючого обладнання більш вигідним є не впровадження нових інноваційних технологій, а перенесення вже існуючих.

Висновки до розділу 3

Альтернативою «зеленого» тарифу як інструменту залучення міжнародних інвестицій у сферу сонячної енергетики є аукціони. Масштабуючись від рівня взаємовідносин між державою та інвестором, до рівня операторів СЕС та кінцевих споживачів, аукціон має ряд привабливих характеристик, що можуть покращити інвестиційну привабливість України.

Поступовий перехід від тарифного стимулювання розвитку сонячної енергетики до створення відкритого конкурентного ринку електроенергії СЕС може

принести користь всім зацікавленим суб'єктам – державі, інвесторам, операторам СЕС та кінцевим споживачам.

Реалізацію переходу до аукціонної системи доцільно реалізувати за допомогою технології блокчейн та смарт-контрактів. Автором розроблена блок-схема роботи аукціону та алгоритм роботи смарт-контракту. Виходячи з технологічних особливостей, забезпечується захист від маніпулюваннями ціною лота, зменшення витрат на аудит енергомережі та обробку транзакцій (у випадку локальних аукціонних торгів на рівні СЕС та споживачів), збільшується прозорість ціноутворення, автоматизується процес заключення договорів.

Для залучення міжнародних інвестицій у сектор сонячної енергетики, Україні потрібно проводити реформи. Автором запропоновано ряд кроків, які можуть поліпшити умови співпраці з іноземними інвесторами. Головним чином, рекомендовано зберегти існуючі стимули («зелений» тариф), знизити рівень бюрократизації та послабити вплив ДП «Енергоринок» на користь прямих відносин між виробниками сонячної електроенергії та кінцевими споживачами.

Полегшення умов входу на ринок сонячної енергетики в Україні нових підприємств, в тому числі і з залученням іноземних інвестицій, можуть дати потужний імпульс для розвитку «зеленої» енергетики та підтримати політику енергоефективності та енергозбереження.

ВИСНОВКИ

На основі встановленої мети та поставлених відповідно до неї завдань за підсумками дослідження можна зробити наступні висновки.

1. В процесі дослідження сутності поняття альтернативних джерел енергії встановлено, що під терміном «альтернативні джерела енергії» слід розуміти сукупність таких складових, як сонячна, вітрова, аеротермічна, геотермальна, гідротермальна енергія, енергія приливів та відливів, хвильова енергія океанів та морів, енергія твердої біомаси та тваринних продуктів, газу очисних станцій, енергія промислових відходів. На основі аналізу наукової літератури класифіковано види альтернативних джерел енергії за природою енергоносія, визначено їх характерні ознаки, а також визначено та проаналізовано коефіцієнти ефективності перетворення енергії в механічну роботу.

2. Визначаючи місце альтернативної енергетики в загальній системі виробництва електроенергії, була встановлена впевнена тенденція зростання потужностей відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в світі. Аналізуючи річні звіти аналітичних агенцій було встановлено, що частка ВДЕ у світовому виробництві електроенергії сягає 25-27%. В Україні цей показник не перевищує 2%. Темпи зростання потужностей ВДЕ у світі визначено на рівні 8,3% в рік. Встановлено, що найбільшими темпами розвивається сектор сонячної енергетики.

3. Оцінюючи потенціал сонячної енергетики в Україні було визначено найбільш сприятливі регіони розміщення сонячних електростанцій – Одеська, Миколаївська, Херсонська та Дніпропетровська області. Географічне положення та кліматичні умови південних регіонів є основними факторами, що формують потенціал розвитку сонячної енергетики, а збільшення частки сонячної енергетики до середньосвітового рівня є досяжним завданням.

4. Аналізуючи ризики, пов'язані з інвестуванням у проекти сонячних електростанцій, була проведена їх категоризація за напрямками впливу – політичні

та регуляторні, фінансові, кліматичні та географічні, технічні ризики та ризики співробітництва з підрядниками. В результаті дослідження політичні та регуляторних ризиків, було встановлено, що страхування є ефективним інструментом мінімізації потенційних збитків. Фактор політичної нестабільності визначено найбільш вагомим для України.

5. За результатами дослідження, визначено переваги впровадження децентралізованих аукціонів для залучення міжнародних інвестицій в сектор сонячної енергетики України. Встановлено, що завдяки технічним особливостям, децентралізовані аукціони підвищують рівень довірчих відносин між інвестором та державним регулятором, збільшують прозорість механізму ціноутворення, створюють умови конкурентного середовища, які формують додатковий ринок збуту та збільшують впевненість інвестора у майбутніх результатах окупності проекту сонячної електростанції.

6. Досліджуючи інструменти тарифного стимулювання розвитку сонячної енергетики в Україні було встановлено, що поточні ставки «зеленого» тарифу створюють умови для успішної реалізації проектів СЕС, значно скорочуючи терміни окупності. Поточна державна регуляторна політика спрямована на поступове зниження ставки «зеленого» тарифу, стимулюючи пришвидшувати операторів СЕС вводити нові потужності.

7. Проаналізувавши фактори стимулювання залучення інвестицій, було запропоновано використання технології блокчейн у проектах сонячної енергетики. Доцільність використання цієї технології обумовлені потребами оптимізації роботи ринку електроенергії. Функціональність технології блокчейн забезпечує автоматизацію багатьох процесів регуляції ринку електроенергії. Встановлено, що в результаті впровадження розподілених реєстрів, збільшується гнучкість системи, її прозорість для аудиту, зменшується час обробки транзакцій та підвищується їх безпека.

8. На основі аналізу функціональних можливостей технології блокчейн було визначено переваги та недоліки використання інструменту смарт-контрактів в роботі сонячних електростанцій. Для стимулювання розвитку мікромереж, визначено наступні переваги смарт-контрактів – зменшення операційних витрат, можливість заключення прямих угод між споживачами та виробником електроенергії, потенційне зменшення тарифу. Недоліками, а з тим і перешкодами для широкого впровадження смарт-контрактів є відсутність нормативно-правової бази для їх функціонування, проблема вирішення спірних ситуацій при появі програмних помилок та наразі не розроблена система стандартизації.

9. Проаналізувавши існуючу систему функціонування ринку електроенергії, ризики інвестування у сонячну енергетику та переваги технології блокчейн у проектах СЕС, були розроблені практичні рекомендації щодо поліпшення інноваційного клімату в Україні у сфері сонячної енергетики. Рекомендовано реформувати систему відносин між виробниками «зеленої» енергії та кінцевими споживачами за рахунок впровадження прямих угод між ними (з впровадженням смарт-контрактів та створенням мікромереж), прибрати посередника в особі ДП «Енергоринок», надавши йому функції аудитора та регулятора ринку електроенергії. Запропоновано збереження діючого інструменту «зеленого» тарифу в силу важливості цього фактору для досягнення окупності СЕС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабієв Г. М. Перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. // Г. М. Бабієв, Д. В. Дероган, А. Р. Щокін // Електричний журн. – 1998. – № 1. – С.63–64.
2. Дероган Д. В. Перспективи використання енергії та палива в Україні з нетрадиційних та відновлюваних джерел // Д. В. Дероган, А. Р. Щокін // Бюл. "Новітні технології в сфері нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії: бюл. – 1999. – № 2. – С. 30–38.
3. “Про альтернативні джерела енергії”: закон України // Відомості Верховної Ради – України // – 2003. – № 24. – С. 155.
4. REN21. Renewables 2018 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf.
5. Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: КноРус, 2010. - 227 с.
6. Міжнародна енергетична агенція (IEA). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iea.org/>.
7. Лукутин Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении: монография / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова., Е.Б. Шандарова. – М.:Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.
8. М. М. Кузьміна. Поняття та види енергії з альтернативних джерел // Вісник Національного університету «Юридична академія України імені Ярослава Мудрого» № 3 (14) 2013.
9. Білоцький С. Д. Теоретичні проблеми міжнародно-правового регулювання альтернативної енергетики / С. Д. Білоцький // Альтернативна енергетика і енергетична безпека в міжнародному і національному праві: зб. матер. Міжнар. наук. конф. «Роль міжнародного права в розвитку екологічної альтернативи сучасній

енергетиці», 25 квіт. 2012 р., Київ. ун-т ім. Т. Шевченка / ред. О. В. Задорожній; В. І. Олещенко. — К. : Фенікс, 2012. — 297 с.

10. Директива європейського парламенту та ради 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 року про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://saee.gov.ua/documents/dyrektyva_2009_28.pdf.

11. Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA). [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.irena.org/>.

12. The International Renewable Energy Agency (IRENA): Renewable Energy Statistics 2018 yearbook. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2018.pdf.

13. IRENA: GLOBAL ENERGY TRANSFORMATION: A Roadmap to 2050 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2018_summary_EN.pdf.

14. Види сонячних електростанцій. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://ishop.sutem.com.ua/articles/topics/solar_energy/SES.

15. Як заробляти на сонці та отримати енергетичну незалежність власного дому. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://tech4home.in.ua/solar-energy>.

16. Is Solar Power Production Environmentally Friendly? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://alternativeenergy.procon.org/view.answers.php?questionID=001274>.

17. Sutardja Center, Berkley Engineering “BLOCKCHAIN TECHNOLOGY”. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/BlockchainPaper.pdf>.

18. A. Narayanan, J. Bonneau, E. Felten, A. Miller, S. Goldfeder “Bitcoin and Cryptocurrency Technologies” – Princeton University. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://l0pp.net/pdf/princeton_bitcoin_book.pdf.
19. Blockchain. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.bitcoin.it/wiki/Block_chain.
20. Blockchain Venture Capital. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.coindesk.com/bitcoin-venture-capital/>.
21. ЕУ «Блокчейн: цепная реакция». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-blockchain-tom-rus/\\$File/EY-blockchain-tom-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-blockchain-tom-rus/$File/EY-blockchain-tom-rus.pdf).
22. Distributed Ledger Technology: beyond block chain, A report by the UK Government Chief Scientific Adviser. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/492972/gs-16-1-distributed-ledger-technology.pdf.
23. R3 CEV представляет проект Corda вместо "собственного блокчейна". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bits.media/r3-cev-predstavlyayet-proekt-corda-vmesto-sobstvennogo-blokcheyna/>
24. Алексей Халезов: Блокчейн и энергетика: 4 главных тренда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medium.com/@khalezov/%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D1%87%D0%B5%D0%B9%D0%BD-%D0%B8-%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0-4-%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D1%85-%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B0-ed55f113188a>
25. Energy Sector Invests \$300 Million In Blockchain In Past Year. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ccn.com/energy-sector-invests-300-million-in-blockchain-in-past-year/>

26. Blockchain for Energy 2018: Companies & Applications for Distributed Ledger Technologies on the Grid. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.woodmac.com/reports/power-markets-blockchain-for-energy-2018-companies-and-applications-for-distributed-ledger-technologies-on-the-grid-58115325>
27. GTM: 4 Predictions for Blockchain in Energy in 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/four-predictions-for-blockchain-in-energy-in-2018#gs.35K987Q>
28. Energy Web Foundation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energyweb.org/>
29. TenneT. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tennet.eu/>
30. Ponton. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://enerchain.ponton.de/>
31. Power Ledger. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://powerledger.io/>
32. Grid+ <http://gridplus.io/>
33. Л.В. Дмитренко, С.Л. Барандіч оцінка кліматичних ресурсів сонячної енергії в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uhmi.org.ua/pub/np/256/9_Dmytrenko_Barand.pdf
34. Кудря С.О. та ін. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України // НАН України; Ін-т електродинаміки та ін. Київ, 2001. 41 с.
35. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України // Альтернативна енергетика. Енергія Сонця. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>
36. Андреев, В.М. Оптимизация параметров солнечных модулей на основе линзовых концентраторов излучения и каскадных фотоэлектрических преобразователей / В. А. Андреев, Н. Ю. Давидюк, Е. А. ИONOва, П. В. Покровский, В. Д. Румянцев, Н. А. Садчиков // Журнал технической физики – 2010г. – Т. 80. – Вып. 2. – С.118-125.

37. Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/514-19>
38. Госэнергоэффективности: За 4 года в Украине инвестировали 1,1 млрд евро в ВИЭ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elektrovesti.net/62031_zh-4-goda-v-ukraine-investirovali-11-mlrd-evro-v-vie-gosenergoeffektivnosti?preview=1
39. Kreston GCG. How to make money in the Sun? Overview of the solar energy market. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kreston-gcg.com/wp-content/uploads/2018/01/How_to_make_money_in_the_sun_overview_of_the_solar_energy_market.pdf
41. Державне підприємство «Енергоринок». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.er.gov.ua/doc.php?f=2608>
42. ТОВ «ДТЕК»: Інтегрований звіт 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dtek.com/content/files/dtek_ar_2017_ru1.pdf
43. Програма фінансування альтернативної енергетики України (USELF). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/USELF_UA_13_06_2014.pdf
44. Децентрализованная электроэнергетика: чем поможет блокчейн? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bitnovosti.com/2017/04/24/power-on-blockchain/>
45. 2010-2016 гг – Solar Magazine, 2017 – експертна оцінка Energytrend. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kreston-gcg.com/wp-content/uploads/2018/01>
46. Закон України Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії, документ 514-VIII від 04.06.2015. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/514-19>

47. IEA (2014b), Energy Policies of IEA Countries: European Union. OECD/IEA, Paris. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.oecd-ilibrary.org/energy-policy-review-spain-2015_5jrxt3g70xr0.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F9789264239241-en&mimeType=pdf
48. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change(2007), Summary for Policymakers, Climate Change 2007: Mitigation, Fourth Assessment Report, IPCC, Cambridge University Press, Cambridge and New York. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-spm.pdf
49. IRENA (2014b), Global bioenergy supply and demand projections – A working paper for REmap 2030. September 2014. IRENA, Abu Dhabi. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_2030_Biomass_paper_2014.pdf
50. Korniyush, S. (2012), Power system of Ukraine. Electricity Stakeholder Event on Transit and Cross-Border Cooperation. Energy Charter Secretariat, 28 March 2012. Brussels. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.encharter.org/fileadmin/user_upload/Conferences/2012_March/Power_System_of_Ukraine.pdf
51. Закон України Про внесення зміни до Закону України "Про електроенергетику" щодо коефіцієнтів "зеленого" тарифу для електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1804-19>
52. IRENA REMAP – 2030 Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні до 2030 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://saee.gov.ua/sites/default/files/UKR%20IRENA%20REMAP%20_%202015.pdf
53. ЄБРР допоможе Україні з енергоефективністю. – Слово і Діло, 24 лютого 2016р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://www.slovoidilo.ua/2016/02/24/novyna/finansy/yebrr-dopomozhe-ukrayini-z-enerhoefektyvnistyu>

54. IFC та “Укргазбанк” спростять “зеленим” компаніям доступ до фінансування. – РБК-Україна, 17 травня 2016р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rbc.ua/ukr/news/ifc-ukrgazbank-uprostyat-zelenym-kompaniyam-1463491344.html>

55. Кредитування “зелених” проектів для малого та середнього бізнесу стає доступнішим – Держенергоефективності. – Урядовий портал, 21 червня 2016р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=249132877&cat_id=244277212

56. Яковлева Н. Енергоспівтовариство вважає неприпустимим зворотний перегляд тарифів для СЕС в Україні. – Ecotown, 8 листопада 2016р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ecotown.com.ua/news/Enerhospivtovarystvo-vvazhaeye-neprypustymym-zvorotnyuperehlyad-taryfiv-dlya-SES-v-Ukrayini>

57. BDO INTERNATIONAL BUSINESS COMPASS 2018 Update and Subject Focus: Energy and resource consumption. T. Friederiszick, M. Stapke, A. Wolf – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bdo.global/getattachment/Insights/BDO-GERMANY/BDO-International-Business-compass/BDO_IBC_2018_EN_20180524_v4.pdf.aspx?lang=en-GB&ext=.pdf&disposition=attachment

58. The Institute for Economics & Peace. Global terrorism index – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://visionofhumanity.org/app/uploads/2018/12/Global-Terrorism-Index-2018-1.pdf>

59. World Justice Project. Rule of Law Index. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://data.worldjusticeproject.org/#/groups/UKR>

60. The Heritage Foundation. Index of Economic Freedom – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.heritage.org/index/country/ukraine>

61. A World Bank Group Flagship Report. Doing Business 2018 – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.doingbusiness.org/content/dam/doingBusiness/media/Annual-Reports/English/DB2018-Full-Report.pdf>
62. Flanders Investment & Trade. The Energy Market in Ukraine – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/sites/trade/files/market_studies/Ukrainian%20Energy%20Market.pdf
63. Transparency International. Corruption Perceptions Index – 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.transparency.org/news/feature/corruption_perceptions_index_2017#table
64. The World Bank. The Logistics Performance Index – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lpi.worldbank.org/international/global>
65. Карта розподілу сонячної радіації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rent techno.ua/assets/images/blog/pvgis-eu-2012.png>
66. УНІАН. Держпідприємство "СЕТАМ" провело перший у світі аукціон на технології блокчейн. – 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://economics.unian.ua/other/2119499-derjpidpriemstvo-setam-provelo-pershiy-u-sviti-auksion-na-tehnologiji-blokcheyn.html>
67. Інформація щодо співпраці з інвесторами в рамках реалізації Національних проєктів. Державний агентство з інвестицій та управління національними проєктами. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrproject.gov.ua/page/nazva-rozdilu-z-dokumentami>.
68. Закон України Про альтернативні види палива, Документ 1391-XIV від 21.05.2009. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>
69. Закон України Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу, Документ 2509-IV.

Редакція від 26.11.2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2509-15>

70. Постанова Кабінету Міністрів України Про прийняття державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2015 роки, Документ 243-2010-п. Редакція від 07.11.2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF>

71. Розпорядження Кабінету Міністрів України Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2030 року, Документ 605-2017-р. Редакція від 17.08.2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>

72. Розпорядження Кабінету Міністрів України Про затвердження плану коротко- та середньострокових заходів щодо скорочення обсягу споживання природного газу на період до 2017 року, Документ № 1014-р від 16.10.2014. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1014-2014-%D1%80>