

Розділ монографії 7: Наукове обґрунтування напрямів розвитку і практичних механізмів реалізації розбудови відновлювальної енергетики та зростання енергоефективності економіки України.

В. І. Вороненко

Обґрунтування напрямів розвитку сонячної енергетики для України

Планета Земля, що розташована на відстані 150 млн км від Сонця, отримує лише одну мільярдну долю від його колосального випромінювання. Але навіть ця доля у свою чергу колосальна для жителів нашої планети і має величезний потенціал для використання.

Величезне випромінювання Сонця і проблеми викидів вуглецевих газів змусили вчених всіх країн протягом десятиріч шукати можливості використання сонячного світла для отримання електричної енергії. Так винайшли фотоелектричні пристрої, які ми називаємо сонячними панелями, що здатні уловлювати сонячне світло і перетворювати його у електроенергію. На сьогоднішній день енергетика з альтернативних джерел розвивається значними темпами і сонячна енергетика в цьому тримає першість по впровадженню.

Зараз переважна більшість фотоелектричних пристроїв на ринку України та світу – це звичайні тверді сонячні панелі з кремнієвих фотоелектричних елементів. Ця технологія є зрілою і майже вичерпала свій потенціал здешевлення. Треба зазначити, що у останні роки здешевлення було дуже значним і в цілому собівартість кремнієвих фотоелектричних елементів зменшилась у декілька разів. Крім того, виробникам вдалося значно підвищити їх коефіцієнт корисної дії. Але серед наукових проривів фігурують фотоелектричні елементи іншого класу – тонкоплівкові. Тонкоплівкова технологія включає в себе гнучкі сонячні панелі, які складаються з тонкоплівкових фотоелектричних елементів на гнучкій підкладці. Ця технологія має величезний потенціал до здешевлення та одночасно до

підвищення коефіцієнту корисної дії, тому дослідження розвитку цього напрямку представляє великий інтерес, особливо з точки зору зростання енергоефективності економіки.

Існуючі дослідження перспектив ринку сонячних панелей знайшли відображення у результатах прогнозування ринкових процесів у сфері сонячної енергетики в контексті забезпечення сталого розвитку. Поточні дослідження в основному стосуються перспектив використання та економічної доцільності звичайних (твердих) сонячних панелей на основі кремнієвих фотоелектричних елементів. При цьому не в достатній мірі приділяється увага економічним перспективам гнучким сонячним панелям на основі тонкоплівкових фотоелектричних елементів.

Тонкоплівкові фотоелектричні елементи гнучких сонячних панелей складаються з тонкої гнучкої підкладки і напиленого на неї шару напівпровідника товщиною приблизно 0,001 мм (Выбор, 2016). В якості напівпровідників використовують аморфний кремній, теллуриди і сульфід кадмію, мідно-галієві і мідно-індієві діселеніди, деякі полімери та ін. Гнучкі сонячні панелі можна згортати, згинати і навіть складати. В якості гнучкої основи дуже часто використовують високоефективний спінений каучук та фторопласт-40, фторовмісний полімер, що відноситься до групи конструкційних пластиків. Звичайна технологія виробництва кремнієвих сонячних панелей, які зараз найбільш поширені, базується на використанні полікристалічних або монокристалічних фотоелектричних елементів. Для виробництва цих елементів використовують кремній на твердій основі. В результаті на ринку представлені полікристалічні сонячні панелі з коефіцієнтом корисної дії приблизно 12-14% і більш дорогі монокристалічні панелі з коефіцієнтом корисної дії приблизно 14-16%. Тонкоплівкова технологія виробництва сонячних панелей принципово відрізняється від звичайної тим, що для прийняття сонячних променів використовується лише дуже тонкий шар напівпровідника, що значно знижує їх вартість. Зараз вже існують технології

нанесення напівпровідника товщиною в 1 атом, чого достатньо для створення фотоелектричних елементів.

До найбільш поширених типів тонкоплівкових сонячних панелей відносяться панелі на основі фотоелектричних елементів із аморфного кремнію. Цей тип панелей на ринку має невисоку ціну через дешеву технологію виробництва, але і при цьому коефіцієнт корисної дії цього типу в межах 6-8%. Наступний тип – сонячні панелі на основі фотоелектричних елементів із телуриду кадмію та сульфїду кадмію. Це також поширений на ринку тип сонячних панелей з огляду на те, що технологія їх виробництва не дорога у порівнянні зі звичайними сонячними панелями, але вона дорожча ніж у тонкоплівкових панелей на основі аморфного кремнію. Коефіцієнт корисної дії кадмієвих панелей сягає 11%. Наступний поширений тип тонкоплівкових сонячних панелей – це панелі на основі фотоелектричних елементів із напівпровідника, що включає мідь, галій, індій та селен. Технологія виробництва цього типу сонячних елементів найбільш дорога серед перелічених, але при цьому коефіцієнт корисної дії може сягати 15%. Розвиток технології виробництва тонкоплівкових панелей поступово призводить до переорієнтації ринку фотоелектричних модулів на користь цього різновиду (Аморфные, 2017). Тонкоплівкова технологія не обов'язково використовується тільки при виробництві тільки гнучких панелей. Є також виробництво тонкоплівкових панелей на жорсткій основі.

Ринкова перевага гнучких сонячних панелей в тому, що вони в умовах дощу, снігопаду, заходу сонця або похмурої погоди здатні видавати набагато більше енергії, ніж звичайні тверді сонячні панелі. Також споживачі віддають їм перевагу через те, що вони істотно легше своїх твердих аналогів. В середньому, при порівняльній потужності, їх вага на 30% менше, ніж у монокристалічних панелей. Технологія виробництва гнучких сонячних панелей робить їх несприйнятливими до зовнішніх впливів, таких як вода, сніг, удари (Преимущества, 2014). Сам виробничий процес простий і технологічний, при якому відсутня сполучна пайка. Ці сонячні панелі мають виграш у

продуктивності в умовах підвищених температур, тобто вони менш схильні до впливу нагрівання (Солнечные, 2012). Їх незначна товщина і підвищена гнучкість спрощують установку, заміну і обслуговування. На них менше впливає затінення, забруднення, обмерзання та засніженість. Також вони можуть бути прозорими до 20%, але при цьому вони втрачають відповідний прозорості відсоток енергії (Аморфные, 2017).

На рівні з перевагами гнучких сонячних панелей існують і недоліки. Першим недоліком більшості представлених сьогодні на ринку гнучких сонячних панелей є те, що для отримання порівняної потужності, площа гнучкої повинна бути в півтора–два рази більше твердої панелі. Другим недоліком є те, що коефіцієнт корисної дії гнучких сонячних панелей у середньому нижче, ніж у твердих, що є причиною першого недоліку (Типы, 2017). Тобто їх потужність нижче у перерахунку на площу, хоча і більше у перерахунку на одиницю ваги. Проте, за середнім значенням коефіцієнта корисної дії, в умовах практичного застосування перевага твердих панелей зменшується. Єдиного стандарту гнучких сонячних панелей поки що не існує, тому на світовому ринку зараз представлені панелі, у яких розміри, потужності і робочі напруги часто істотно відрізняються.

На світовому і українському ринку гнучких сонячних панелей домінують компанії зі США та Китаю. Лідером світового виробництва гнучких сонячних панелей є компанія Sun Charger (США), що випускає на сьогоднішній день найбільшу кількість гнучких сонячних панелей з аморфного кремнію. Великими виробниками також є Sharp Solar (Японія), First Solar (США), Trina Solar (КНР), Yingli (КНР), Suntech (КНР) (Гибкие, 2017). Крім перелічених, достатньо значними є наступні виробники: Sunpower (США), Allpowers (КНР), Powertec (Франція). Компанія Powertec, на відміну від материнської американської компанії Impact Group, займається тільки випуском гнучких сонячних панелей. На світовому ринку продукцію європейських компаній представлено недостатньо через конкуренцію зі сторони китайських виробників. Вони використовують інструмент демпінгу, що дозволяє поки що

вигравати конкурентну боротьбу. Європейські виробники банкрутують, складності виникають і у американських виробників. Причинами цих процесів є насиченість місцевого ринку в КНР і властиві йому складності, в тому числі відсутність достатньої передавальної енергетичної інфраструктури, що підштовхує китайських виробників активніше експортувати сонячні панелі в інші країни, особливо європейські (Как европейские, 2017). В основному це стосується ринку звичайних твердих сонячних панелей. При цьому компанії-виробники з КНР не завжди мають офіційні представництва в інших країнах та Україні. Чи іноді буває лише один офіс на велику групу країн. Виробники з КНР змогли зменшити і свої виробничі витрати, що дозволило знизити рівень ринкових цін. Через це переважна більшість виробничих потужностей виробництва сонячних панелей перенесена у КНР. Тому на світовому і українському ринку поки що домінують тверді сонячні панелі, їх доля за підсумками 2015 року складала близько 90%, в той час як гнучких – лише 10% (Market, 2016). При цьому виробництво гнучких сонячних панелей в абсолютному вираженні збільшується щорічно. В короткостроковій перспективі тверді сонячні панелі будуть тримати свою долю ринку завдяки виробникам із КНР, але в довгостроковій перспективі при оптимістичному сценарії відбудеться зростання долі гнучких сонячних панелей. Також можливий песимістичний сценарій, при якому відбуватиметься зменшення долі гнучких панелей на ринку на 0,5-1% в рік у випадку подальшого зменшення собівартості виробництва твердих панелей і її збереження для гнучких.

За підсумками 2017 року, відновлювальна енергетика залучила 243 млрд доларів США інвестицій і рекордсменом стала сонячна енергетика, яка привернула більше інвестицій, ніж вугільна, газова і ядерна разом узяті (Солнечная, 2017). Що стосується України, то в ній наразі відсутні виробники гнучких сонячних панелей. Проте виробляються звичайні сонячні панелі. Цим займається компанія Квазар (Київ), найбільший виробник сонячних панелей в Східній Європі. На українському ринку сонячних панелей дуже багато продукції представлено саме цією компанією. Попит на такі панелі в Україні є

суттєвим, оскільки існує можливість продавати вироблену електроенергію з альтернативних джерел по зеленому тарифу. За підсумком кожного місяця, якщо домогосподарство використовувало менше енергії, ніж було вироблено установкою, надлишки електроенергії купує по зеленому тарифу місцева компанія-постачальник електроенергії, з якої був укладений договір (Сотник та ін., 2016, с. 122). Зараз зелений тариф становить 18 євроцентів за 1 кВт*год, що складає приблизно 5,4 гривень для сонячних електростанцій потужністю до 30 кВт. У Законі України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії (Про внесення, 2012) Верховна Рада України цей тариф був прив'язаний до курсу євро. З 01.01.2020 р. тариф повинен бути 16,3 євроцентів/кВт*год, а з 01.01.2025 р. – 14,5 євроцентів/кВт*год (Реально, 2015). Але в 2019 році вступив в дію закон №8449-д щодо нової системи підтримки відновлюваних джерел. Згідно з ним, з 2020 року планується знизити зелений тариф для сонячних електростанцій на 10% («Зелений», 2019). Пов'язано це з тим, що зелений тариф в Україні зараз є одним з найвищих у Європі. Він на даний момент не відображає реальну вартість інвестицій в будівництво сонячної чи вітрової станції і є завищеним.

Для порівняння, малі електростанції потужністю до 100 кВт в Німеччині підтримуються пільговими тарифами що переглядаються кожні три місяці в залежності від виробітку електроенергії. Останні опубліковані цифри були такі: 10,61-12,20 євроцентів за кВт*год будуть виплачувати власникам сонячних електростанцій, які встановлені на даху, в залежності від потужності станції. 8,44 євроцента – фіксований пільговий тариф для власників інших сонячних електростанцій до 100 кВт. Що стосується вітрових електростанцій у Німеччині, то пільговий тариф для них становить 8-10 євроцентів за 1 кВт*год в залежності від того, коли вітряк був введений в експлуатацію. Тариф для населення становить 30 євроцентів за 1 кВт*год. Інший приклад – Австралія, де з 1 липня 2018 року власники сонячних електростанцій зможуть вибрати один з тарифів, за якими вони будуть отримувати виплати за зеленим тарифом. Це або

єдина тарифна ставка 9,9 центів за кВт*год, або часові тарифи в залежності від часу доби: від 7,2 центу до 29 центів за кВт*год («Зелений тариф», 2018).

В Україні зелений тариф діє з 2008 року і є джерелом заробітку для багатьох виробників електроенергії з альтернативних джерел. Термін окупності сонячних панелей для таких виробників при діючому зеленому тарифі буде залежати від загальної потужності установки. Чим потужніше система сонячних панелей, тим коротший термін окупності. В загальному випадку середній термін окупності системи в залежності від виробника установки і її вартості може складати від 7 до 10 років. Потужна система сонячних панелей в окремих випадках може окупитись за 5 років. Але можна припустити ситуацію, що зелений тариф буде з 2020 року взагалі скасовано. В цьому випадку термін окупності системи сонячних панелей може зрости до більше ніж 20 років. А якщо розглядати систему як джерело забезпечення лише власних потреб у електроенергії, то термін окупності у середньому складе близько 30 років. Це пов'язано з тим, що діючі тарифи на електроенергію для побутових споживачів складають 0,9-1,68 гривень за 1 кВт*год (Тарифы, 2019), платити за якими наразі вигідніше, ніж купувати сонячні панелі для свого будинку. При цьому термін служби сонячних панелей складає в середньому 25 років (Реально, 2015), що означає вихід з ладу раніше, ніж установка встигне окупитися. Але потрібно враховувати, що ціни на електроенергію схильні до зростання, а на сонячні панелі вони зараз падають. Введений в дію в 2019 році Закон України «Про ринок електричної енергії» покликаний прибрати диспропорції у цінах на електроенергію для споживачів. Бурхливий розвиток сонячної енергетики і велика кількість приватних сонячних електростанцій свідчать про вигідність зеленого тарифу. Проте, нововведенням закону є закладений перехід від зеленого тарифу до аукціонів на постачання енергії з відновлювальних джерел. Критерій визначення переможця на аукціоні – найнижча запропонована ціна на енергію. Такий підхід суттєво переформує ринок електроенергетики України. Крім того, держава скасувала зелений тариф для нових домашніх сонячних електростанцій розташованих на землі в рамках регуляції ринку

електроенергетики. Нова умова отримання зеленого тарифу для сонячних електростанцій потужністю до 30 кВт – установлення їх на дахах, фасадах будівель та інших капітальних спорудах. На практиці це призведе до того, що мало хто з домогосподарств зможе поставити сонячну електростанцію більше ніж на 10 кВт, оскільки на дахах не поміститься об'єкт більшої потужності (Рада, 2019). Закон № 8449-д прямо забороняє розташовувати нові домашні сонячні електростанції на землі.

В світі здійснення нововведень потрібно обережно виходити з того, що приблизно через 10 років Україна може зіткнутися з дефіцитом електроенергії у зв'язку із закінченням нормативного терміну служби атомних і теплових електростанцій (якщо не почати вирішувати проблему зараз) (Україне, 2017). Так, практично всі атомні електростанції в Україні були побудовані у 80-х роках ХХ ст. і до 2020 року приблизно у 10 з 15-ти енергоблоків країни закінчується проектний термін роботи (Сотник та ін., 2015, с. 103). Крім того, середній вік об'єктів теплової генерації становить 48 років («Зелений», 2019). Тому у випадку із сонячними панелями мова йде не стільки про окупність, скільки про енергонезалежність. А це питання зараз для України має вирішальне значення, як і для багатьох інших країн. Ефект енергетичної незалежності може викликати мультиплікативний ефект, що дасть можливість зробити якісний крок уперед у плані розвитку держави. Отже, інвестиції в сучасні енергетичні технології та інновації, включаючи більш високу ефективність фотоелектричних модулів і більш потужні вітрові турбіни, відіграють важливу роль у прискоренні модернізації енергетичного сектору («Зелений», 2019).

Україна наразі є однією з країн, де сонячна енергетика набула значного розвитку за останні декілька років. За 2015-2017 роки було залучено близько 1 млрд дол. інвестицій та введено 958 МВт потужностей відновлюваної енергетики («Зелений», 2019). У 2018 році інвестиції у цю галузь становили близько 500 млн дол. Із таблиці 1 можна побачити, як зростала кількість спожитої електроенергії в Україні, отриманої із сонячної енергії (разом із

вітровою). Суттєве зростання енергоспоживання сонячної та вітрової енергії почалось приблизно з 2012 року. Саме в цьому році споживання зросло у 5 разів, порівняно із попереднім роком, що говорить про суттєве підвищення генерації у цей період. У 2013 році споживання зросло в 2 рази в порівнянні з 2012 роком і в 10 разів у порівнянні з 2011 роком, що є також значним зростанням.

Таблиця 1

Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел за 2007-2017 роки¹
(Енергоспоживання, 2019)

	од.	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Сонячна та вітрова енергія	тис. т.н.е.	4	4	4	4	10	53	104	134	134	124	149
у % до підсумку всієї енергії з відновних джерел	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

¹2014-2017 рр. без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м.Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

Відносний приріст установленної потужності сонячних електростанцій в Україні на кінець 2018 року порівняно з 2017 роком склав 66% (таблиця 2). Це великий крок уперед і є найбільшим показником зростання за всю історію України. Такі темпи зростання дозволять в майбутньому закрити проблему виходу із служби атомних і теплових електростанцій. Але в державі повинен бути продуманий підхід до комплексного вирішення цієї проблеми, оскільки стратегічно цим ще в Україні не займались. Нові закони в цій сфері дозволяють вирішити деякі проблеми, але при цьому вони можуть призводити і до виникнення нових проблем. Як наприклад заборона будівництва нових домашніх електростанцій на землі. Такий крок може суттєво уповільнити темпи зростання генерації енергії з сонячних електростанцій. Це у свою чергу може вплинути на стратегічні перспективи України щодо відмови від традиційних джерел електроенергії.

Установлена потужність і відпуск електроенергії сонячних електростанцій
(Постачання, 2019)

Типи генеруючих підприємств	Установлена потужність електростанцій на кінець року, тис. кВт		Відпуск електроенергії, млн. кВт·год	
	2017	2018	2017	2018
Сонячні електростанції	722	1201	758	1103

Що стосується приросту за 2017-2018 роки відпуску електроенергії, то він склав 45,6%. Це логічно, оскільки потужність електростанцій зростала, що дозволило споживати більше альтернативної енергії. Загальну структуру установленної потужності станом на кінець 2018 року за джерелами постачання енергії в Україні можна побачити на рисунку 1.

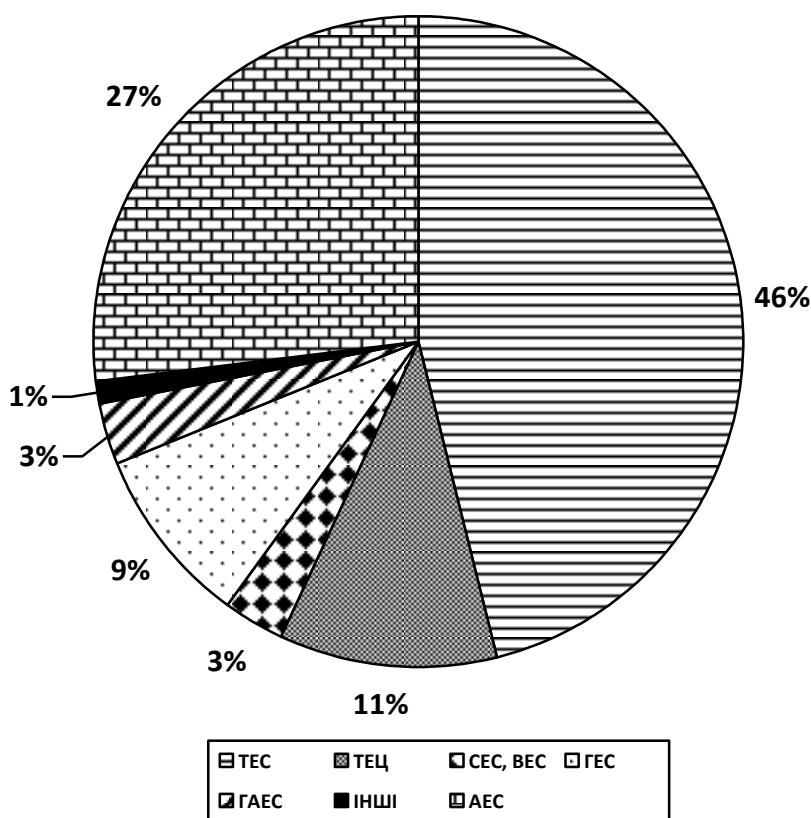


Рис. 1 - Установлена електрична потужність електростанцій України у 2018 році (Постачання, 2019)

Як бачимо з рис. 1, сонячні електростанції (разом із вітровими) наразі становлять 3% від загальної потужності електростанцій України. Це поки що мала величина, тому держава повинна приділяти розвитку сонячної енергетики більшу увагу. При цьому Енергетична стратегія «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» передбачає збільшення використання відновлюваних джерел енергії в Україні до 2035 року до 25% від обсягів загального первинного постачання енергії («Зелений», 2019). Базисом такого переходу повинна стати приватна індивідуальна сонячна генерація. Оскільки покладатися завжди на можливості держави та інвесторів не виправдано виходячи із попереднього досвіду, саме приватні індивідуальні сонячні електростанції можуть стати рятівним фактором для України. Серед основних напрямів розвитку сонячної приватної енергетики є шлях широкого використання гнучких сонячних панелей замість звичайних твердих.

Якщо оцінювати тверді та гнучкі сонячні установки за співвідношенням їх ціни до потужності, то 1 Вт потужності обох типів панелей буде коштувати на ринку в середньому приблизно однаково і складе 2,7 доларів США за 1 Вт, або приблизно 71 гривню. При цьому гнучкі сонячні панелі мають більше переваг, ніж недоліків. Хоча слід зазначити, що на ринку вартість 1 Вт звичайних твердих сонячних панелей починається від 1,4 доларів США (приблизно 37 гривень), в той час як у гнучких – від 1,6 доларів США (приблизно 42 гривні). Зрозуміло, що така оцінка підходить лише для первинного аналізу. Для більш детального аналізу необхідно знати середню собівартість виробленого 1 Вт електроенергії протягом терміну експлуатації панелей. Для такого розрахунку пропонується наступна методика (авторська розробка):

$$C_c = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n E_t}, \quad (1)$$

де C_c – середня собівартість 1 Вт виробленої електричної енергії сонячними панелями протягом терміну їх експлуатації;

I_t – повні витрати на придбання сонячних панелей та допоміжного обладнання;

B_t – витрати на експлуатацію і технічне обслуговування сонячних панелей та допоміжного обладнання;

E_t – кількість виробленої електроенергії за рік t , Вт;

r – норматив дисконтування;

t – рік експлуатації;

n – термін експлуатації сонячних панелей.

Виразивши у формулі 1 кількість виробленої електроенергії у вартісному вираженні і розділивши на коефіцієнт приведення коштів, можна отримати термін окупності вкладень у сонячну установку.

На майбутнє зниження вартості сонячних панелей на ринку, головним чином гнучких, вказує багато фактів. Найголовнішою причиною стане постійне здешевлення технології виробництва гнучких сонячних панелей. Хоча нові дешеві технології ще не впровадили у масове виробництво, це питання найближчого майбутнього. Вже зараз вчені розробили дешеву технологію виробництва гнучких панелей, що за коефіцієнтом корисної дії не поступаються твердим, при цьому їх можна буде використовувати як шпалери і штори (Созданы, 2017). Також знайдено новий спосіб створення сонячних елементів шляхом покриття практично будь-якої поверхні крихтливими світлочувливими матеріалами за допомогою розпилювача (Вместо, 2017). В якості матеріалу, що наноситься, вчені використовують напівпровідникові нанокристали. Як альтернатива нанокристалам розглядається титанат кальцію (Слой, 2017). Ця технологія дозволить наносити необхідний матеріал безпосередньо на гнучкі поверхні, такі як плівка або пластик, подібно до того, як видавці друкують газети, використовуючи чорнило і рулонний папір. Спосіб напилення буде не тільки недорогим, але і зробить сонячні панелі досить ефективними на будь-якій поверхні. Важко недооцінити той вплив на ринок сонячних панелей, який здійснить нова технологія їх виробництва шляхом напилення напівпровідника. Крім напилення також створена технологія, яка

дозволяє друкувати сонячні модулі на прозорій пластиковій плівці. Для цього використовується звичайний метод друку та електронне чорнило. Через рік вчені збираються випустити свою розробку на світовий ринок. Ця технологія може викликати революцію на ринку сонячних панелей: при масштабному виробництві створення одного квадратного метра сонячної плівки може обійтись лише в 7,42 доларів США (Исследователи, 2017), що можна порівняти з вартістю звичайної тканини.

Серед актуальних питань ринку гнучких сонячних панелей стоїть питання їх ефективності. За думкою Л.Г. Мельника, підвищення ефективності є магістральним напрямом розвитку системи. Висока ефективність є запорукою успіху системи у відборі, який невинно здійснює природа. Неефективна система відбраковується під впливом зовнішніх або внутрішніх факторів (природні умови, конкурентна боротьба, власні здібності системи: витривалість, стійкість та ін.) (Мельник, 2013, с. 23).

Оскільки сама ефективність є відношенням чистого результату заходу до витрат, які пішли на здійснення цього заходу, ефективність сонячних панелей, як технічних пристроїв розглядається з точки зору їх коефіцієнту корисної дії. Коефіцієнт корисної дії технічних пристроїв у загальному випадку є відношенням корисно використаної енергії до сумарної кількості енергії, отриманої пристроями.

Для сонячних панелей їх коефіцієнт корисної дії виступає у виді коефіцієнта перетворення сонячної енергії у електричну. Тобто, яка частка сонячної енергії, що поступає на сонячну панель, перетворюється в електричну. У цьому питанні гнучкі сонячні панелі програють твердим аналогам, оскільки їх коефіцієнт корисної дії у середньому нижче. Але з точки зору ваги, гнучкі сонячні панелі мають суттєву перевагу. Якщо ж розглядати майбутнє сонячної енергетики України та світу, то майбутнє гнучких сонячних панелей в ній виглядає перспективніше через економічну ефективність. Оскільки економічна ефективність – це вид ефективності, що характеризує результативність діяльності економічних систем, то на перше місце виходить не коефіцієнт

корисної дії, а вартість сонячних панелей та їх здатність надавати економічний ефект. А по цих параметрам гнучкі сонячні панелі вже не поступаються звичайним кремнієвим і будуть вдосконалюватися, тому сонячна енергетика буде розвиватися в цьому напрямку.

У підсумку можна сказати, що в короткостроковій перспективі тверді сонячні панелі можливо і далі триматимуть свою долю в сонячній енергетиці завдяки виробникам із КНР, на що вказує прогнозування. Але в довгостроковій перспективі допускається реалізація сценарію, при якому буде зростання долі гнучких сонячних панелей. Питання в тому, яким чином це буде відбуватися. Якщо виправдаються надії випустити на ринок сонячні модулі, виготовлені методом друку на прозорій пластиковій плівці, то, як зазначалося вище, ця технологія може викликати революцію в сонячній енергетиці. В іншому разі процес зростання долі гнучких сонячних панелей буде відбуватися поступово. Також можливий негативний сценарій у випадку подальшого зменшення собівартості виробництва твердих панелей при її збереженні для гнучких. При такому сценарії будемо мати зменшення долі гнучких панелей на ринку в межах 0,5-1% в рік. При цьому слід зазначити, що виробництво гнучких сонячних панелей в абсолютному вираженні збільшується щорічно. Завдяки своїм перевагам, попит на них зростає, що дозволяє виробникам щорічно збільшувати продажі. Особливою популярністю такі панелі користуються у споживачів, яким потрібна мобільність і невелика вага панелі. Цей факт вказує на те, що в Україні на дахах можна розмістити установки більшої потужності у зв'язку із заборонаю наземних домашніх електростанцій. Їх невелика вага є вирішальним фактором. При цьому потрібно буде вирішувати проблему з необхідністю більшої площі під гнучкі сонячні панелі. Зараз існує кілька пропозицій щодо розміщення таких панелей на дахах, що дозволить не порушувати нові українські закони. Тому можна зробити висновок, що розвиток технології виробництва гнучких сонячних панелей з часом призведе до переорієнтації сонячної енергетики світу та України в бік цього типу панелей. Разом з тим, проблема виходу із терміну служби існуючих атомних і

теплових електростанцій матиме реальний розв'язок, що відповідатиме глобальним цілям сталого розвитку.

Список використаних джерел

1. Аморфные солнечные батареи [Электронный ресурс] / Солнечные батареи, 2017. – Режим доступа : – <http://www.solar-battery.com.ua/amorfnyie-solnechnyie-batarei/>
2. Вместо солнечных панелей будут использовать спрей [Электронный ресурс] / Хроника мировых событий, 2017. – Режим доступа : – <http://hronika.info/tehnologii/41767-vmesto-solnechnyh-paneley-budut-ispolzovat-sprey.html>
3. Выбор и монтаж гибких солнечных панелей [Электронный ресурс] / Generator Volt, 2016. – Режим доступа : – <http://generatorvolt.ru/alternativnye-istochniki/vybor-i-montazh-gibkikh-solnechnykh-panelej.html>
4. Гибкие солнечные батареи [Электронный ресурс] / Солнечные батареи, 2017. – Режим доступа : – <http://www.solar-battery.com.ua/gibkie-solnechnyie-batarei-obzor/>
5. Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел за 2007 - 2017 роки [Электронный ресурс] / Державна служба статистики України, 2019. – Режим доступа : – <http://www.ukrstat.gov.ua>
6. «Зелений» тариф. Кінець ери дорогої енергетики для України [Электронный ресурс] / Економічна правда, 2019. – Режим доступа : – <https://www.epravda.com.ua/publications/2019/03/13/645847/>
7. «Зелений тариф» в Украине и других странах мира [Электронный ресурс]. Режим доступа : – <https://altshop.in.ua/zeleniy-tarif-v-ukrayini-ta-inshih-krayinah-svitu>
8. Исследователи создали бюджетные солнечные панели для крыш [Электронный ресурс] / Экономические известия, 2017. – Режим доступа : – http://news.eizvestia.com/news_technology/full/2705-issledovateli-sozdali-byudzhetye-solnechnye-paneli-dlya-krysh-video

9. Как европейские производители солнечных батарей проиграли китайцам [Электронный ресурс] / Коммерсант, 2017. – Режим доступа : – <http://www.kommersant.ru/doc/3296887>
10. Мельник Л. Г. Предпосылки прогрессивного развития экономических систем // «Актуальні проблеми економіки». – 2013, № 6(144). – С. 21-28.
11. Постачання та використання енергії [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України, 2019. – Режим доступа : – <http://www.ukrstat.gov.ua/>
12. Преимущества и недостатки гибких солнечных панелей [Электронный ресурс] / ООО «Хотлайн», 2014. – Режим доступа : – <http://itc.ua/articles/obzor-gibkih-solnechnyih-paneley-powertec-usb-ptx-1200-i-usb-pt3/>
13. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії від 20.11.2012 № 5485-VI / [Електронний ресурс]. – Режим доступа : – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5485-17>
14. Рада все ж заборонила встановлення домашніх сонячних електростанцій на землі [Електронний ресурс] / Економічна правда, 2019. – Режим доступа : – <https://www.epravda.com.ua/news/2019/04/25/647406/>
15. Реально ли перейти на энергию от солнечных батарей [Электронный ресурс] / ЧАО «Сегодня Мультимедиа», 2015. – Режим доступа : – <http://www.segodnya.ua/economics/gkh/realno-li-pereyti-na-energiyu-poluchennuyu-ot-solnechnyh-batarey-640088.html>
16. Слой напыления позволит создать на любой поверхности солнечную батарею [Электронный ресурс] / Хроника мировых событий, 2017. – Режим доступа : – <http://hronika.info/tehnologii/29807-sloy-napyleniya-pozvolit-sozdat-na-lyuboy-poverhnosti-solnechnuyu-batareyu.html>
17. Созданы обои и жалюзи, способные вырабатывать солнечную энергию [Электронный ресурс] / Экономические известия, 2017. – Режим

доступу : – http://news.eizvestia.com/news_technology/full/805-sozdany-obo-i-zhalyuzi-sposobnye-vyrabatyvat-solnechnuyu-energiyu

18. Солнечная энергетика позволит электрифицировать весь мир [Электронный ресурс] / АНО «Иннополис Медиа», 2017. – Режим доступа : – <https://m.hightech.fm/2017/05/19/solar-power>

19. Солнечные батареи [Электронный ресурс] / Зеленый Пингвин, 2012. – Режим доступа : – <http://grepen.com.ua/articles/istochniki-energii/solnechnye-batarei>

20. Сотник И. Н. Атомная электроэнергетика Украины: задачи и проблемы развития / И. Н. Сотник, М. А. Сокольникова // Економічні проблеми сталого розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції імені проф. Балацького О. Ф., м. Суми, 27 травня 2015 р. / За заг. ред. О.В. Прокопенко, М.М. Петрушенка. – Суми: СумДУ, 2015. – С. 103-105.

21. Сотник И. Н. Экономическое обоснование установки солнечных батарей для частных потребителей электроэнергии / И.Н. Сотник, В.А. Мандрыка // Економічні проблеми сталого розвитку : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції імені проф. Балацького О.Ф., м. Суми, 11-12 травня 2016 р.: у 2-х т. / За заг. ред. О. В. Прокопенко. – Суми : СумДУ, 2016. – Т.1. – С. 122-123.

22. Тарифы на электроэнергию в 2019 году [Электронный ресурс] / Минфин, 2019. – Режим доступа : – <https://index.minfin.com.ua/tariff/electric/>

23. Типы солнечных батарей [Электронный ресурс] / Солнечные батареи, 2017. – Режим доступа : – <http://www.solar-battery.com.ua/tipyi-solnechnyih-batarey/>

24. Украине угрожает энергетический голод [Электронный ресурс] / Информационно-аналитический портал «Хвиля», 2017. – Режим доступа : – <http://hvylya.net/analytics/economics/ukraine-ugrozhaet-energeticheskiy-golod.html>