

РИНКОВІ ПЕРСПЕКТИВИ ГНУЧКИХ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ¹²

В. І. Вороненко,

Б. Л. Ковальов,

Д. В. Горобченко,

П. В. Кучеренко

Стаття присвячена питанням ринкових перспектив гнучких сонячних батарей. Розглянуто процес виробництва гнучких сонячних батарей та їх ефективність у порівнянні зі звичайними кремнієвими сонячними батареями. Проаналізовані споживчі переваги та недоліки гнучких сонячних батарей. Представлені результати аналізу ринку гнучких сонячних батарей за основними підприємствами і країнами, що їх виробляють. Розглянуто структуру світового ринку і виробництва сонячних батарей. Проаналізовано вітчизняний ринок сонячних батарей, його перспективи з урахуванням «зеленого тарифу». Розраховані середні терміни окупності гнучких сонячних батарей для різних вихідних умов. Зроблені прогнози щодо перспектив ринку гнучких сонячних батарей з огляду на новітні розробки, що дозволяють зменшити їх собівартість. Проаналізовано вплив економічної ефективності гнучких сонячних батарей на їх ринкову перспективу. Запропоновано методичку розрахунку середньої собівартості одиниці виробленої електричної енергії сонячними батареями протягом терміну їх експлуатації. Зроблені прогнози щодо можливих змін долі ринку гнучких сонячних батарей в короткостроковій та довгостроковій перспективі.

Ключові слова: сонячні батареї, ринок, виробництво, собівартість, прогнозування, зелений тариф, термін окупності, ефективність.

Постановка проблеми. Розташована на відстані у 150 млн км від Сонця, Земля 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 батареями, що здатні уловлювати сонячне світло і перетворювати його у

¹ Матеріал підготовлено в рамках Фундаментальної теми «Еколого-економічні механізми реалізації потенціалу енерго- та ресурсозбереження національної економіки» (№ д/р 0114U001764).

² Матеріал підготовлено в рамках НДР «Розроблення фундаментальних основ відтворювального механізму "зеленої" економіки в умовах інформаційного суспільства» (№ д/р 0115U000684), яка фінансується за рахунок державного бюджету України.

електроенергію. Сьогодні посилюється розвиток енергетики з альтернативних джерел і сонячна енергетика в цьому тримає першість та б'є рекорди по впровадженню.

Зараз переважна більшість фотоелектричних пристроїв на ринку – це звичайні сонячні батареї з кремнієвих фотоелектричних елементів. Ця технологія є зрілою і майже вичерпала свій потенціал до здешевлення. Треба зазначити, що у останні роки їх 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 батареї, 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 ринкових перспектив саме цієї технології представляє найбільший інтерес для науковців, особливо з точки зору забезпечення сталого розвитку суспільства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Часткове дослідження перспектив ринку сонячних батарей знайшло відображення у результатах вітчизняних та закордонних підходів до прогнозування ринкових процесів у сфері сонячної енергетики в контексті забезпечення сталого розвитку.

Питання перспектив ринку сонячних батарей розглядалися як вітчизняними, так і зарубіжними вченими, серед яких Т. МакКіббен, А. В. Макаров, В. А. Скришевський та ін. Наявні дослідження в основному стосуються перспектив використання та економічної доцільності звичайних твердих сонячних батарей на основі кремнієвих фотоелектричних елементів.

На підставі проведеного аналізу досліджень і публікацій встановлено, що науковці, які досліджували і досліджують зазначену проблематику, не в достатній мірі приділяють увагу економічним перспективам нового типу сонячних батарей – гнучким сонячним батареям на основі тонкоплівкових фотоелектричних елементів.

Постановка завдання. Мета даної роботи полягає в отриманні якісної картини перспектив ринку гнучких сонячних батарей на основі тонкоплівкових фотоелектричних елементів по відношенню до звичайних твердих сонячних батарей на основі кремнієвих фотоелектричних елементів, а також отримання інструментарію розрахунку собівартості електроенергії, що ними виробляється.

Виклад основного матеріалу дослідження. Тонкоплівкові фотоелектричні елементи гнучких сонячних батарей складаються з тонкої гнучкої підкладки і напиленого на неї шару напівпровідника товщиною приблизно 0,001 мм [1]. В якості напівпровідників

використовують аморфний кремній, теллуриди і сульфід кадмію, мідно-галієві і мідно-індієві діселеніди, деякі полімери та ін. Гнучкі сонячні батареї 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 батарей, 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 батареї з коефіцієнтом корисної дії приблизно 12-14% і більш дорогі монокристалічні батареї з коефіцієнтом корисної дії приблизно 14-16%. Тонкоплівкова технологія виробництва сонячних батарей принципово відрізняється від звичайної тим, що для прийняття сонячних променів використовується лише дуже тонкий шар напівпровідника, що значно знижує вартість сонячних панелей. Зараз вже існують технології нанесення напівпровідника товщиною в 1 атом, чого достатньо для створення фотоелектричних елементів.

Перелічимо найбільш поширені типи тонкоплівкових сонячних батарей. До них відносяться батареї на основі фотоелектричних елементів із аморфного кремнію. Цей тип батарей 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 батареї на основі фотоелектричних елементів із телуриду кадмію та сульфід кадмію. Це також поширений на ринку тип сонячних батарей з огляду на те, що технологія їх виробництва не дорога у порівнянні зі звичайними сонячними батареями, але вона дорожча ніж у тонкоплівкових батарей на основі аморфного кремнію. Коефіцієнт корисної дії кадмієвих батарей сягає 11%. Наступний найбільш поширений тип тонкоплівкових сонячних батарей – це батареї 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 батарей поступово призводить до переорієнтації ринку фотоелектричних модулів на користь цього різновиду [2]. Тонкоплівкова технологія не обов'язково використовується тільки при виробництві гнучких батарей, є також і виробництво тонкоплівкових батарей на жорсткій основі.

Ринкова перевага гнучких сонячних батарей в тому, що вони в умовах дощу, снігопаду, заходу сонця або похмурої погоди здатні видавати набагато більше енергії, ніж звичайні тверді сонячні батареї. 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 батареї. Технологія виробництва гнучких сонячних панелей робить їх несприйнятливими до зовнішніх впливів, таких як вода, сніг, удари [3]. Сам виробничий процес простий і технологічний, при якому відсутня сполучна пайка. Ці сонячні батареї мають виграв у продуктивності в умовах підвищених температур, тобто вони менш схильні до впливу нагрівання [4]. 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 [2].

На рівні з перевагами гнучких сонячних батареї існують і недоліки. Першим недоліком більшості представлених сьогодні на ринку гнучких сонячних батареї є те, що для отримання порівняної з твердою батареєю потужності, площа гнучкої повинна бути в півтора–два рази більше твердої батареї. Другим недоліком є те, що коефіцієнт корисної дії гнучких сонячних батареї у середньому нижче, ніж у твердих, що є причиною першого недоліку [5]. 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 батареї зменшується. Єдиного стандарту гнучких сонячних батареї поки що не існує, тому на світовому ринку зараз представлені батареї, у яких розміри, потужності і робочі напруги часто істотно відрізняються.

На ринку гнучких сонячних батареї домінують компанії зі США та Китаю. Лідером світового виробництва гнучких сонячних батареї є компанія Sun Charger (США), що випускає на сьогоднішній день найбільшу кількість гнучких сонячних батареї з аморфного кремнію. Великими виробниками також є: Sharp Solar (Японія), First Solar (США), Trina Solar (КНР), Yingli (КНР), Suntech (КНР) [6]. Крім перелічених, також 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 батареї. На світовому ринку продукцію європейських компаній представлено слабо через конкуренцію зі сторони китайських виробників. Виробники із КНР використовують інструмент демпінгу, що дозволяє їм 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 батареї в інші країни, особливо європейські [7]. В основному це стосується ринку звичайних твердих сонячних батареї. При цьому компанії-виробники з КНР не завжди мають офіційні представництва в інших країнах. 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 батарей перенесена у КНР. Тому на світовому ринку поки що домінують тверді сонячні батареї, їх доля за підсумками 2015 року складала близько 90%, в той час як гнучких – лише 10% [8]. Розподіл ринку і виробництва сонячних батарей у світі за підсумками 2015 року можна побачити на рисунку 1. З рисунку ми бачимо, що у 2015 році доля ринку для гнучких сонячних батарей складала 10%, а доля їх виробництва лише 7%. При цьому виробництво гнучких сонячних батарей в абсолютному вираженні збільшується щорічно. За допомогою методу екстраполяції ми прогнозували, що в короткостроковій перспективі тверді сонячні батареї будуть тримати свою долю ринку завдяки виробникам із КНР, але в довгостроковій перспективі при оптимістичному сценарії відбудеться зростання долі гнучких сонячних батарей. Також можливий песимістичний сценарій, при якому відбуватиметься зменшення долі гнучких батарей на ринку на 0,5-1% в рік у випадку подальшого зменшення собівартості виробництва твердих батарей і її збереження для гнучких.

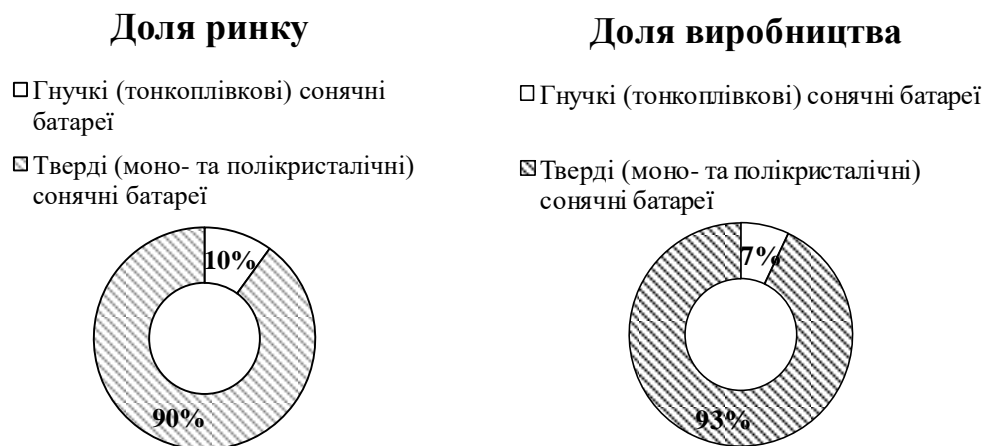


Рисунок 1 – Доля ринку та виробництва твердих і гнучких сонячних батарей за 2015 рік
(побудовано автором на основі даних [8] та [9])

За прогнозами у 2017 році відновлювальна енергетика залучить 243 млрд доларів США інвестицій і рекордсменом стане саме сонячна енергетика, яка приверне більше інвестицій, ніж вугільна, газова і ядерна разом узяті [10]. Що стосується України, то в ній наразі відсутні виробники гнучких сонячних батарей. Проте виробляються звичайні тверді сонячні батареї. Цим займається компанія Квазар (Київ), найбільший виробник сонячних батарей в Східній Європі. На українському ринку сонячних батарей дуже багато продукції представлено саме цією компанією. Попит на такі батареї в Україні є суттєвим, оскільки існує можливість продавати вироблену електроенергію з альтернативних джерел по так званому «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 [11, с. 122]. Зараз «зелений тариф» становить 20 євроцентів за 1 кВт*год, що складає приблизно 5 гривень. Внесенням змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії [12] Верховна Рада України цей тариф прив'язала до курсу євро. З 01.01.2020 р. тариф складе 16,3 євроцентів/кВт*год, а з 01.01.2025 р. – 14,5 євроцентів/кВт*год [13]. Термін окупності сонячних батарей для продавців електроенергії при діючому зеленому тарифі буде залежати від загальної потужності системи. Чим потужніше система сонячних батарей, 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 батарей в окремих випадках може окупитись за 5 років.

В Україні зелений тариф діє вже давно і є джерелом заробітку для багатьох підприємств-продавців електроенергії з альтернативних джерел. Але можна припустити ситуацію, що зелений тариф буде скасовано. В цьому випадку термін окупності системи сонячних батарей 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 0,9-1,7 гривень за 1 кВт*год [14], платити за якими наразі вигідніше, ніж купувати сонячні батареї для свого будинку. При цьому термін служби сонячних батарей складає в середньому 25 років [13], що означає вихід з ладу раніше, ніж установка встигне окупитися. Але потрібно враховувати, що ціни на електроенергію постійно зростають, а на сонячні панелі падають. При цьому через 5-10 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) [15]. 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 [16, с. 103]. Тому у випадку із сонячними батареями 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.

Якщо оцінювати сонячні установки за співвідношенням їх ціни до потужності, то 1 Вт потужності обох типів батарей 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 батареї мають більше переваг, ніж недоліків. Хоча слід зазначити, що на ринку вартість 1 Вт

звичайних твердих сонячних батарей 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 батарей. Для такого розрахунку ми пропонуємо наступну методику (розроблено авторами):

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

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

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

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

E_t – кількість виробленої електроенергії за рік t , Вт;

r – норматив дисконтування;

t – рік експлуатації;

n – термін експлуатації сонячних батарей.

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 батарей 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 батарей, що за коефіцієнтом корисної дії не поступаються твердим, при цьому їх можна буде використовувати як шпалери і штори [17]. Також знайдено новий спосіб створення сонячних елементів шляхом покриття практично будь-якій поверхні крихітними світлочутливими матеріалами за допомогою розпилювача [18]. В якості матеріалу, що наноситься, вчені використовують напівпровідникові нанокристали. Як альтернатива нанокристалам розглядається титанат кальцію [19]. 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 батареї досить ефективними на будь-якій поверхні. Важко недооцінити той вплив на ринок

сонячних батарей, 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 три роки вчені збираються випустити свою розробку на світовий ринок. Ця технологія може викликати революцію на ринку сонячних батарей: при масштабному виробництві створення одного квадратного метра сонячної плівки може обійтись лише в 7,42 доларів США [20], що можна порівняти з вартістю звичайної тканини.

Серед актуальних питань ринку гнучких сонячних батарей 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. Неefективна система відбраковується під впливом зовнішніх або внутрішніх факторів (природні умови, конкурентна боротьба, власні здібності системи: витривалість, стійкість та ін.) [21, с. 23]. Оскільки сама ефективність є відношенням чистого результату заходу до витрат, які пішли на здійснення цього заходу, ефективність сонячних батарей, 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 батарей їх коефіцієнт корисної дії виступає у виді коефіцієнта перетворення сонячної енергії у електричну. Тобто, яка частка сонячної енергії, що поступає на сонячну батарею, перетворюється в електричну. У цьому питанні гнучкі сонячні батареї програють твердим аналогам, оскільки їх коефіцієнт корисної дії у середньому нижче. Але з точки зору ваги, гнучкі сонячні батареї мають суттєву перевагу. Якщо ж розглядати перспективи ринку гнучких сонячних батарей, то їх майбутнє 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 батарей та їх здатність надавати економічний ефект. А по цим параметрам гнучкі сонячні батареї вже не поступаються звичайним кремнієвим і будуть вдосконалюватися, тому попит на них постійно зростатиме.

Висновки. В короткостроковій перспективі тверді сонячні батареї можливо і далі триматимуть свою долю ринку завдяки виробникам із КНР, на що вказують дані прогнозування. Але в довгостроковій перспективі ми допускаємо реалізацію оптимістичного сценарію, при якому буде зростання долі гнучких сонячних батарей. Питання в тому, яким чином це буде відбуватися. Якщо виправдаються надії випустити на ринок через три роки сонячні модулі, виготовлені методом друку на прозорій пластиковій плівці, то, як ми зазначали вище, ця технологія може викликати революцію на ринку сонячних батарей. В

іншому разі процес зростання долі гнучких сонячних батарей на ринку буде відбуватися поступово. Також можливий негативний сценарій у випадку подальшого зменшення собівартості виробництва твердих батарей при її збереженні для гнучких. При такому сценарії ми будемо мати зменшення долі гнучких батарей на ринку в межах 0,5-1% в рік. При цьому слід зазначити, що виробництво гнучких сонячних батарей в абсолютному вираженні збільшується щорічно. Завдяки своїм перевагам, попит на них зростає, що дозволяє виробникам щорічно збільшувати продажі. Особливою популярністю такі батареї користуються у споживачів, яким потрібна мобільність і невелика вага батареї. Тому можна зробити висновок, що розвиток технології виробництва гнучких сонячних батарей з часом призведе до переорієнтації ринку в бік цього типу батарей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Выбор и монтаж гибких солнечных панелей [Електронний ресурс] / Generator Volt, 2016. – Режим доступу : – <http://generatorvolt.ru/alternativnye-istochniki/vybor-i-montazh-gibkikh-solnechnykh-panelej.html>
2. Аморфные солнечные батареи [Електронний ресурс] / Солнечные батареи, 2017. – Режим доступу : – <http://www.solar-battery.com.ua/amorfnyie-solnechnyie-batarei/>
3. Преимущества и недостатки гибких солнечных панелей [Електронний ресурс] / ООО «Хотлайн», 2014. – Режим доступу : – <http://itc.ua/articles/obzor-gibkih-solnechnyih-paneley-powertec-usb-ptx-1200-i-usb-pt3/>
4. Солнечные батареи [Електронний ресурс] / Зеленый Пингвин, 2012. – Режим доступу : – <http://grepen.com.ua/articles/istochniki-energii/solnechnye-batarei>
5. Типы солнечных батарей [Електронний ресурс] / Солнечные батареи, 2017. – Режим доступу : – <http://www.solar-battery.com.ua/tipyi-solnechnyih-batarey/>
6. Гибкие солнечные батареи [Електронний ресурс] / Солнечные батареи, 2017. – Режим доступу : – <http://www.solar-battery.com.ua/gibkie-solnechnyie-batarei-obzor/>
7. Как европейские производители солнечных батарей проиграли китайцам [Електронний ресурс] / Коммерсант, 2017. – Режим доступу : – <http://www.kommersant.ru/doc/3296887>
8. Market Share By Technology [Електронний ресурс] / Solar Cell Central, 2016. – Режим доступу : – http://solarcellcentral.com/markets_page.html
9. Photovoltaics report [Електронний ресурс] / Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, 2016. – Режим доступу : – <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>

10. Солнечная энергетика позволит электрифицировать весь мир [Электронный ресурс] / АНО «Иннополис Медиа», 2017. – Режим доступа : – <https://m.hightech.fm/2017/05/19/solar-power>
11. 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.
12. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії від 20.11.2012 № 5485-VI [Электронный ресурс]. – Режим доступа : – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5485-17>
13. 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>
14. Тарифы на электроэнергию (с 01.03.2017) [Электронный ресурс] / Минфин, 2017. – Режим доступа : – <http://index.minfin.com.ua/tarif/electric/electric2017-03.php>
15. Украине угрожает энергетический голод [Электронный ресурс] / Информационно-аналитический портал «Хвиля», 2017. – Режим доступа : – <http://hvylya.net/analytics/economics/ukraine-ugrozaet-energeticheskiy-golod.html>
16. 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.
17. Созданы обои и жалюзи, способные вырабатывать солнечную энергию [Электронный ресурс] / Экономические известия, 2017. – Режим доступа : – http://news.eizvestia.com/news_technology/full/805-sozdany-obo-i-zhalyuzi-sposobnye-vyrabatyvat-solnechnuyu-energiyu
18. 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>
19. 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>

20. 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

21. Мельник Л.Г. Предпосылки прогрессивного развития экономических систем // «Актуальні проблеми економіки». – 2013, № 6(144). – С. 21-28.

Вороненко В. І.,

Ковальов Б. Л.,

Горобченко Д. В.,

Кучеренко П. В.

РИНКОВІ ПЕРСПЕКТИВИ ГНУЧКИХ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Стаття присвячена питанням ринкових перспектив гнучких сонячних батарей. Розглянуто процес виробництва гнучких сонячних батарей та їх ефективність у порівнянні зі звичайними кремнієвими сонячними батареями. Проаналізовані споживчі переваги та недоліки гнучких сонячних батарей. Представлені результати аналізу ринку гнучких сонячних батарей за основними підприємствами і країнами, що їх виробляють. Розглянуто структуру світового ринку і виробництва сонячних батарей. Проаналізовано вітчизняний ринок сонячних батарей, його перспективи з урахуванням «зеленого тарифу». Розраховані середні терміни окупності гнучких сонячних батарей для різних вихідних умов. Зроблені прогнози щодо перспектив ринку гнучких сонячних батарей з огляду на новітні розробки, що дозволяють зменшити їх собівартість. Проаналізовано вплив економічної ефективності гнучких сонячних батарей на їх ринкову перспективу. Запропоновано методіку розрахунку середньої собівартості одиниці виробленої електричної енергії сонячними батареями протягом терміну їх експлуатації. Зроблені прогнози щодо можливих змін долі ринку гнучких сонячних батарей в короткостроковій та довгостроковій перспективі.

Ключові слова: сонячні батареї, ринок, виробництво, собівартість, прогнозування, зелений тариф, термін окупності, ефективність.

Вороненко В. И.,

Ковалев Б. Л.,

Горобченко Д. В.,

Кучеренко П. В.

РЫНОЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ГИБКИХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Статья посвящена вопросам рыночных перспектив гибких солнечных батарей. Рассмотрен процесс производства гибких солнечных батарей и их эффективность по сравнению с обычными кремниевыми солнечными батареями. Проанализированы потребительские преимущества и недостатки гибких солнечных батарей. Представлены результаты анализа рынка гибких солнечных батарей по основным предприятиям и странам, которые их производят. Рассмотрена структура мирового рынка и производства солнечных батарей. Проанализированы отечественный рынок солнечных батарей, его перспективы с учетом «зеленого тарифа». Рассчитаны средние сроки окупаемости гибких солнечных батарей для различных исходных условий. Сделаны прогнозы относительно перспектив рынка гибких солнечных батарей, учитывая новейшие разработки, позволяющие уменьшить их себестоимость. Проанализировано влияние экономической эффективности гибких солнечных батарей на их рыночную перспективу. Предложена методика расчета средней себестоимости единицы электрической энергии солнечными батареями в течение срока их эксплуатации. Сделаны прогнозы относительно возможных изменений доли рынка гибких солнечных батарей в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: *солнечные батареи, рынок, производство, себестоимость, прогнозирование, зеленый тариф, срок окупаемости, эффективность.*

Voronenko V. I.,

Kovalov B. L.,

Gorobchenko D. V.,

Kucherenko P. V.

MARKET PERSPECTIVES OF THE THIN-FILM SOLAR CELLS

The article studies the future market perspectives of the thin-film solar cells. The process of manufacturing of thin-film solar cells and their efficiency in comparing with conventional silicon solar cells are considered. The consumer preferences and weaknesses of thin-film solar cells are analysed. The results of the market analysis of thin-film solar cells by major companies and countries that produce them are presented. The structures of the world market and the production of solar cells are considered. The domestic solar cells market with its prospects that are given by the "green rate" is analysed. The average payback periods of thin-film solar cells for different initial conditions are calculated. The forecasts regarding to the future of the thin-film solar cell market are made, taking into account the latest developments that allow reducing their production cost. The influence of the economic efficiency of thin-film solar cells on their market prospect is analysed. The method of calculating the average cost price of electricity produced by solar cells

during their lifetime is proposed. The predictions about the possible prospects of market share of thin-film solar cells in the short and long term are made.

Keywords: solar cells, market, production costs, forecasting, green rate, payback period, efficiency.

Ринкові перспективи гнучких сонячних батарей [Текст] / В.І. Вороненко, Б.А. Ковальов, Д.В. Горобченко, П.В. Кучеренко // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія « Економіка і менеджмент». - 2017. - №5 (79). - С. 191-195.