

УДК 631.361:635.6

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ І ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ ТА УКРАЇНСЬКОЇ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Maksym Melnychuk*, Valeriy Dubrovin*, Eugeniusz Krasowski**,
Victor Polischuk*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony Str. 15, Kiev, 03041, Ukraine

**Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences
Branch in Lublin
Wielkopolska Str. 62, Lublin, Poland

Анотація. Проаналізовані енергетичні проблеми людства та шляхи їх вирішення. Проведений аналіз сучасного стану та перспектив розвитку сонячної енергетики в світі та в Україні.

Ключові слова: сонце, сонячна башта, геліостат, фотоелемент, сонячна електростанція, сонячний колектор.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Людина з моменту своєї появи потребувала енергетичних ресурсів. На ранньому етапі розвитку вона задовольняла цю потребу через їжу. Але з розвитком людства зростали його енергетичні потреби і розширювалися можливості їх задоволення. На сьогодні енергетика – це основа промисловості всього світового господарства. Однак базується вона головним чином на викопних ресурсах. Разом з тим, розвіданих запасів нафти людству вистачить на 50-100 років видобування, природного газу – 150-200 років. Запаси вугілля дещо більші, однак основні його поклади зосереджені на великій глибині (понад 1000 м), що часто призводить до нещасних випадків та збільшує вартість його видобування. Крім того, спалювання викопних палив погіршує екологічну ситуацію на планеті та призводить до виникнення глобального потепління. Тому людство шукає інші, альтернативні джерела енергії. Одним із таких джерел енергії є енергія вітру.

Метою наших досліджень є проведення аналізу сучасного стану та визначення перспектив застосування енергії Сонця.

РЕЗУЛЬТАТИ І ДИСКУСІЯ

За даними European Photovoltaic Industry Association (Європейської асоціації фотоелектричної промисловості), світовими лідерами з розвитку сонячної енергетики є США та Японія. Японія поставила перед собою завдання – досягти до 2020 р. 28 ГВт встановлених потужностей сонячних систем, а до 2030 р. – 53 ГВт. Багатообіцяючими виглядають плани США, Індії, Канади, Австралії, ПАР, Бразилії, Мексики, Єгипту, Ізраїлю і Марокко.

Планується, що щорічний приріст світового обсягу виробництва сонячної електроенергії у 2020-2030 рр. становитиме 25%.

У зв'язку із стрімкими темпами зростання виробництва сонячної електроенергії всі високорозвинені країни світу прагнуть мати власні виробництва спеціального технологічного обладнання, надчистих функціональних матеріалів та сировинної бази для їх отримання, оскільки вони носять стратегічний характер. В 2005 р. світове виробництво кремнієвих перетворювачів сонячної енергії досягло 1,8 ГВт, а в 2030 р. Європа планує освоїти виробництво 200 ГВт сонячних модулів із значним зниженням вартості виробленої електроенергії [6]. Разом з тим, існує проблема забезпечення електронних підприємств сировиною для виробництва фотоелектричних перетворювачів (ФЕП). Основним матеріалом

виробництва ФЕП є монокристалічний кремній. До 2020 р. тільки для задоволення потреб сонячної енергетики у світі необхідно буде виробляти 500 тис. т (на \$75 млрд.) монокристалічного кремнію на рік (на даний момент часу потужність його виробництва в світі становить 25 тис. т/рік). Для цього знадобиться додатково 50 тис. одиниць спеціального технологічного обладнання – установок отримання полікристалічного кремнію та вирощування монокристалічного кремнію [5]. Крім того, ККД фотоелементів, що виробляються в промислових масштабах, низький (в середньому, 16%, у кращих зразків сягає 20%) [10]. При промисловій генерації електроенергії за допомогою фотоелементів ціна за МВт·год складає 250-450 [7].

Світові потужності сонячних електростанцій з концентраторами менші, ніж на фотоелементах. З 1984 р. до 1991 р. в Каліфорнії було побудовано дев'ять електростанцій з параболоциліндричними концентраторами загальною потужністю 354 МВт. У Внутрішній Монголії (Китай) німецька компанія Solar Millennium AG будує сонячну електростанцію, оснащену параболоциліндричними концентраторами. Потужність першої черги по проекту складе 50 МВт, а загальна потужність електростанції до 2020 р. досягне 1 ГВт. У 2006 р. в Іспанії була побудована перша термальна сонячна електростанція потужністю 50 МВт, оснащена параболоциліндричними концентраторами. Аналогічні електростанції будуються також в Мексиці, Марокко, Алжирі, Єгипті та Ірані.

Установки з параболічними концентраторами на сьогодні будуються переважно потужністю 9-25 кВт. Компанія Stirling Solar Energy розробляє більш потужні сонячні колектори – до 150 кВт з двигунами Стірлінга, на основі яких будує в Каліфорнії найбільшу в світі сонячну електростанцію. Проектна сумарна потужність електростанції буде становити 850 МВт.

У 2001 р. вартість електроенергії, отриманої на сонячних колекторах з концентраторами складала 0,09-0,12 \$/кВт·год. Департамент енергетики США прогнозує, що вартість електроенергії, виробленої сонячними концентраторами, до 2015-2020 рр. знизиться до 0,04-0,07 \$/кВт·год [4].

Сонячних електростанцій баштового типу в світі побудовано лише декілька. Так у США з 1981 до 1999 рр. в пустелі Мохаве (Каліфорнія) функціонували демонстраційні сонячні станції проекту Solar One - Solar Two. Потужність станції Solar One становила 10 МВт, Solar Two – 100 МВт. В якості теплоносія в станції Solar One використовували мінеральне масло, в Solar Two – розплавлену суміш солей (нітрату натрію та нітрату калію). В 1999 р. Solar Two була перепрофільована в гігантський детектор космічного випромінювання з метою вивчення дії космічних променів на атмосферу.

У 2007 р. в Андалузії (Іспанія) була введена в експлуатацію перша комерційна термальна сонячна електростанція баштового типу PS10 потужністю 11 МВт. Її 624 геліостати площею по 120 м² кожне направляють світло на сонячну башту заввишки 115 м. Електростанція PS10 здатна генерувати до 24,3 ГВт·год. електроенергії в рік. Собівартість виробленої електроенергії становить 0,15 \$/кВт·год.

В Іспанії за проектом Solar Tres повинна бути побудована сонячна термальна електростанція потужністю 15 МВт. Проект передбачає спорудження високої сонячної башти, оточеної 2493 геліостатами по 96 м² кожне, загальною площею 240 тис. м². Містке сховище розплавленої солі (нагрітої до температури 565°C) зможе забезпечувати роботу парогенераторів протягом 16 годин після заходу Сонця. Отже, влітку генератори станції не зупинятимуться ні вдень ні вночі [9].

Сонячні колектори на сучасному етапі застосовуються переважно для опалювання промислових і побутових приміщень, для гарячого водопостачання виробничих процесів і побутових потреб. Найбільша кількість виробничих процесів, в яких використовується тепла і гаряча вода (30-90° С), проходять в харчовій і текстильній промисловості, які, таким чином, мають найвищий потенціал для використання сонячних колекторів. У Європі в 2000 р. загальна площа сонячних колекторів складала 14,89 млн. м², а в усьому світі – 71,34 млн. м² [4]. У 2003 р. сумарна площа колекторів в світовій сонячній теплоенергетиці виросла більш ніж на 20 % в порівнянні з попереднім роком. На думку експертів, повільніший розвиток світової сонячної теплоенергетики в порівнянні з сонячною електроенергетикою обумовлений тією обставиною, що основним завданням державного субсидування в промислово розвинутих країнах поки що є сонячна електроенергетика. Тому потенційні інвестори віддають перевагу

об'єктам сонячної електроенергетики, а не більш ефективним об'єктам сонячної теплоенергетики. Крім того, поки недостатньо відпрацьованими залишаються технології, що використовуються в сонячній теплоенергетиці [13].

Системи підігрівання води з використанням сонячної енергії в Європі коштують близько 2500-6000 євро залежно від розміру і місця розташування (1-2 \$/Вт потужності), при цьому вартість отримуваної енергії варіюється залежно від місця розташування і кількості сонячних годин в році. Системи охолодження з використанням сонячної енергії коштують в 1,5-3 рази дорожче в порівнянні із звичайними системами. Проведення наукових досліджень в області сонячних колекторів мають на меті зниження вартості енергії систем нагрівання води з використанням сонячної енергії потужністю 2500 кВт·год/рік до рівня 40 \$/МВт·год [8].

Провідні позиції в світовій сонячній теплоенергетиці займають країни Азії (перш за все, КНР), а також Європи; в кінці 2003 р. на КНР доводилося приблизно 60% площ колекторів у вказаній галузі, а доля європейських країн складала 22%. У 2003 р. за масштабами установки нових сонячних колекторів лідували Ізраїль (52,3 м²/1000 жителів), Австрія (20,5), Греція (15,1), ФРН (9,1), Австралія (8,5), КНР (7,4), Туреччина (6,1), Швейцарія (3,7), Данія (3,5) і Японія (2,2).

На думку експертів, вельми примітним є той факт, що в КНР (на відміну від найбільших промислових розвинених країн) майже повністю відсутня державна підтримка сонячної теплоенергетики.

В найближчій перспективі вироблення електричного струму на крупних установках сонячної теплоенергетики стане привабливішим з цінової точки зору. Існуюча собівартість електроенергії з крупних об'єктів сонячної теплоенергетики на початку ХХ ст. складала 0,15-0,2 \$/кВт·год, а в найближчих 15-20 років цей показник в країнах з інтенсивним сонячним випромінюванням, згідно прогнозу, знизиться до 0,04-0,07 \$/кВт·год. Лише у таких країнах доцільно створювати крупні дзеркальних комплекси для отримання пари з температурою до 600° С і приведення в дію парових турбін [13].

В даний час ведуться інтенсивні роботи по використанню сонячної енергії для приводу автомобілів і літальних апаратів. Так, у Швейцарії був створений літак на сонячних батареях Solar Impulse. Розмах крил створеного літака на сонячних батареях порівняний з розмахом крил Airbus A340, а вся верхня частина його корпусу покрита сонячними батареями. Всього їх налічується 12 тис. Роботу літака підтримують чотири двигуни. Повітряному судну вдалося пролетіти 270 км через всю територію країни на висоті 150-300 м із швидкістю 50 км/год. В майбутньому планується 24-годинний безпосадовий переліт виключно за рахунок енергії, що генерується сонячними батареями. Однак тут є одна проблема: політ вночі. Конструктори повинні забезпечити літак ємкими і водночас легкими акумуляторами, аби без сонця літак рухався за рахунок накопиченої вдень енергії. [1].

В Україні за часів Радянського Союзу перша промислова сонячна електростанція баштового типу СЕС-5 була побудована ще в 1985 р. в Криму, недалеко від міста Щолкіно. СЕС-5 мала пікову потужність 5 МВт [12]. За 10 років роботи вона виробила всього 2 млн. кВт·год електроенергії, проте її вартість виявилася досить високою і в середині 90-х років СЕС-5 закрили [4].

Разом з тим в Україні технічний потенціал сонячного випромінювання, придатний для виробництва електроенергії, оцінюється в 16 ТВт·год/рік. Для цього необхідно близько 3,3 м² фотоелектричних батарей на одного мешканця з виробництвом 100 кВт·год/м²/рік. Навіть якщо житлові будинки оснащені сучасними енергоощадними побутовими приладами, такий обсяг енергії може забезпечити життєво важливі побутові потреби [7]. Україна входить у першу п'ятірку держав світу (Україна, США, Японія, Німеччина, Китай), що володіють найпотужнішим науково-виробничим потенціалом для створення і випуску необхідного обладнання та устаткування, здатного вийти на світовий ринок із тривалою експортною перспективою. Наша країна володіє також технологіями промислового виробництва полікремнію – сировини для монокристалічного кремнію, попит на який на світовому ринку практично необмежений [5]. Декілька українських компаній виробляли фотоелектричні панелі ще для космічних програм Радянського Союзу. Підприємство "Квазар" у Києві виготовляє до 2 МВт фотоелектричних систем щорічно та близько 120 МВт фотоелектричних кремнієвих панелей [7]. Інститут відновлюваної енергетики НАНУ випускає фотоелектричну установку ФЕУ-02 потужністю 0,2 кВт [14]. Більшість фотоелектричних панелей, які виготовляються в Україні,

експортуються до Європи [7]. В 2010-2011 рр. в Україні (в Криму) введені в дію 5 фотоелектричних сонячних електростанцій загальною потужністю 7,5 МВт [2]. Разом з тим прогнозується, що в 2030 р. виробництво електроенергії сонячними фотоелектричними установками становитиме 2 ТВт·год/рік, а в 2050 р. досягне 9 ТВт·год/рік [3].

Першим етапом для заохочення в Україні до виробництва сонячної (як і іншої відновлюваної) електроенергії є введення щорічно поновлюваних "зелених тарифів". Для сонячних електростанцій, розміщених на дахах будівель в 2010 році, "зелений тариф" був встановлений у розмірі 484,05 коп за кВт/год без ПДВ, якщо потужність станції не перевищувала 100 кВт; якщо потужність станції понад 100 кВт, то "зелений тариф" складав 463,00 коп за кВт/год без ПДВ. Для об'єктів фотовольтаїки, розміщених на відкритих майданчиках, був встановлений найвищий тариф – 505,09 коп за кВт/год без ПДВ. Отже, в 2010 р. наземні об'єкти сонячної електроенергетики в Україні могли отримувати "зелений тариф" на рівні 5,06 грн. за кВт (з ПДВ), або близько 60 євроцентів за кВт. При цьому, що ринок вважається "цікавим" при величині тарифу понад 28 євроцентів [11].

В наших кліматичних умовах сонячну енергію можна використовувати також для створення цілорічних систем теплопостачання. Такі технічні рішення реалізовані в багатьох країнах, розташованих значно північніше України. Використовуючи сонячні колектори з розрахунку 3,9 м² на людину та за річного виробництва 400 кВт·год з 1 м² сонячного колектора, потенціал використання енергії сонця становитиме майже 75 ТВт·год/рік. Можна очікувати, що в 2050-му році сонячні колектори будуть виробляти 23 ТВт·год/рік теплової енергії, що становитиме лише 30% від технічно доступного потенціалу [3].

ВИСНОВКИ

1. Найбільш поширеними сонячними електростанціями в світі є електростанції на фотоелементах. Потужності сонячних електростанцій з концентраторами дещо менші.

2. Проблема розвитку сонячних фотоелектричних станцій полягає в відсутності потрібної кількості монокристалічного кремнію та потужностей для його виробництва.

3. На початку ХХ ст. собівартість сонячної електроенергії була найдорожчою (для сонячних колекторів з концентраторами – 0,09-0,12 \$/кВт·год, для фотоелектричних станцій – 0,25-0,45 \$/кВт·год). Разом з тим прогнозується, що вартість сонячної електроенергії до 2015-2020 рр. знизиться до 0,04-0,07 \$/кВт·год.

4. Сонячна електроенергетика в Україні знаходиться лише на стадії становлення. На 2011 р. працювали 5 фотоелектричних сонячних електростанцій загальною потужністю 7,5 МВт. Стимулюючим фактором використання сонячної енергетики в Україні є висока собівартість сонячної електроенергії. Стимулом розвитку сонячної електроенергетики є введення "зелених тарифів".

ЛІТЕРАТУРА

1. В Швейцарии был создан самолет на солнечных батареях Solar Impulse // Новая энергия. – 2010. – №4. – С. 18–19.
2. Ввод в эксплуатацию солнечной электростанции в Криму планируется осенью // Новая энергия. – 2010. – №3. – С. 20–21.
3. Гелетука Г. Энергозабезпечення України. Погляд у 2050 рік / Георгій Гелетука, Тетяна Железна, Микола Жовмір, Андрій Конеченков, Юрій Матвеев // Зелена енергетика. – 2003. – №4. – С. 4–6.
4. Энергобиотехнология: [курс лекцій для студ. сільськогосп. вузів] / В.Г. Мироненко, В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, С.В. Драгнев, І.В. Свистунова. – К.: Холтех, 2010. – 248 с.
5. Козик В.В. Інноваційний розвиток електронного машинобудування – передумова становлення сонячної енергетики України / В.В. Козик, О.Л. Політанська // Економічний простір. – 2008. – №9. – С. 191–197.

6. Могилко О.В. Аналіз перспектив розвитку сонячної енергетики та інших альтернативних джерел енергії України / О.В. Могилко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2010. – №30. – С. 51–53.
7. Огляд відновлюваних джерел енергії в сільському та лісовому господарстві України / [Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Голубовська-Онисімова Т.М., Конеченков А.С.]. – К.: Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2006. – 58 с.
8. Перспективы энергетических технологий. В поддержку Плана действий "Группы восьми". Сценарии и стратегии до 2050 г. ОЭСР/МЭА, WWF России (перевод на русский язык, ред. часть 1. – А. Кокорин, часть 2. – Т. Муратова. – М.: 2007. – 586 с.
9. Петров Л. Солнечная башня пожинает лучи с зеркальных полей / Леонид Петров / [Электронный ресурс] / Интернет-журнал "Membrana". – 2007. – 1 июня // Режим доступа до журн : <http://www.membrana.ru/articles/technic/2007/06/01/111200.html>.
10. Рынок альтернативной энергетики: аналитический обзор. – М.: РосБизнесКонсалтинг, 2008. – 154 с.
11. Солнечная энергетика Украины начнет развиваться с приходом на рынок новых компаний // Новая энергия. – 2010. – №2. – С. 11–12.
12. Солнечные электрические станции / [Ахметов Р.Б., И.В. Баум, В.А. Пожарнов, В.М. Чаховский]. – М.: ВИНТИ, 1986. – 120 с. – (Серия "Гелиоэнергетика". Итоги науки и техники ВИНТИ).
13. Тарараева Е.М. Современное состояние и перспективі солнечной энергетики в мире / Е.М. Тарараева // Альтернативная энергетика и экология. – 2006. – №10 (42). – С. 60–61.
14. Технології та обладнання для використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві / За ред. В.І. Кравчука, В.О. Дубровіна. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2010. – 184 с.

ANALYSIS OF THE MODERN STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF WORLD AND UKRAINIAN SUN ENERGY

Summary. The power problems of humanity and way of their decision are analysed. The analysis of the modern state and prospects of development of sun energy is conducted in the world and in Ukraine.

Key words: sun, sun tower, heliostat, photocell, sun power-station, sun collector.