

УДК 620.9

О. О. ЛИТВИН, інженер

Запорізька державна інженерна академія, м. Запоріжжя

Ю.В.КУРИС, канд. техн. наук, член-кореспондент Академії інженерних наук України

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, м. Київ

## **ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: "ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ"**

*В данной статье проведен анализ стремительно развиваемой солнечной энергетики, приведены доли стран на рынке солнечных батарей, а также количественный и ценовой анализ крупнейших производителей поликристаллического кремния - основного сырья для производства фотоэлектрических преобразователей света.*

*В даній статті проведений аналіз стрімко розвиваємої сонячної енергетики, наведені частки країн на ринку сонячних батарей, а також кількісний та ціновий аналіз найбільших виробників полікристалічного кремнію – основної сировини для виробництва фотоелектричних перетворювачів світла.*

### **Вступ**

Незворотне виснаження світових вуглеводневих запасів, зростаюча ціна на енергоносії, проблеми екологічного забруднення навколишнього середовища змушують більшість розвинених країн формувати свої енергетичні стратегії, спрямовані на розвиток альтернативної енергетики. Сектор сонячної енергетики в альтернативній енергетиці є одним з динамічно зростаючих. Привабливість даного виду енергетики забезпечує доступність сонячної енергії майже в кожному кутку нашої планети та його екологічність і невичерпність. Без шкоди для біосфери можна використати близько 3 % сонячного потоку, що надходить до Землі. Це дасть енергію потужністю 1000 млрд кВт, що у 100 раз перевищує сучасну потужність виробництва енергії у світі.

### **Основна частина**

Світовий ринок фотовольтаїки починаючи з 1999 року бурхливо розвивається. Середній щорічний темп зростання нових встановлених сонячних батарей в світі за останні 10 років склав 50,4 %. За даними Solarbuzz (Solar Market Research and Analysis), попит на ринку сонячної енергетики в 2010 році перевершив всі очікування. В цьому році було встановлено більше 18,2 ГВт сонячних електростанцій в усьому світі, що представляє зростання в 139 % порівняно з 2009 роком – 7,2 ГВт [1, 2].

Згідно з даними EPIA (the European Photovoltaic Industry Association), загальна кумулятивна потужність встановлених у світі сонячних батарей станом на 2010 рік становить 39,5 ГВт (рис. 1) [2, 3].

Майже половина всіх сонячних батарей (більше 40 %), встановлена в Німеччині 17,2 ГВт, яка продовжує залишатися найбільшим ринком – 7,4 ГВт в 2010 році. Успіх Німеччини пояснюється тим, що країна однією з перших розпочала масштабну федеральну програму підтримки альтернативної енергетики. Закон «Про поновлюваної енергії» (The German Renewable Energy Act, Erneuerbare – Furderzentrum – Gesetz, EEG) набув чинності в країні в 2000 році. Як результат, на початок 2011 року 17 % електроенергії і 8 % теплової енергії генеруються в країні на основі ВДЕ. На рис. 2 наведено частки країн на ринку сонячних батарей [2].

Друге місце за обсягом встановлених сонячних батарей в 2010 році зайняла Італія (2,3 ГВт нових потужностей і загальний фонд в 3,5 ГВт), третє – Чехія (1,5 і 1,9 ГВт відповідно).

Згідно з останньою інформацією, в 2011 році було встановлено 27,7 ГВт генеруючих потужностей. Кумулятивна потужність SE склала 67,4 ГВт за станом на 2011 рік.

Згідно з даними [4], в шести країнах (Італія, Німеччина, Китай, США, Франція і Японія) було встановлено більше 1 ГВт генеруючих потужностей за 2011 рік.

Згідно з даними [4], в шести країнах (Італія, Німеччина, Китай, США, Франція і Японія) було встановлено більше 1 ГВт генеруючих потужностей за 2011 рік.

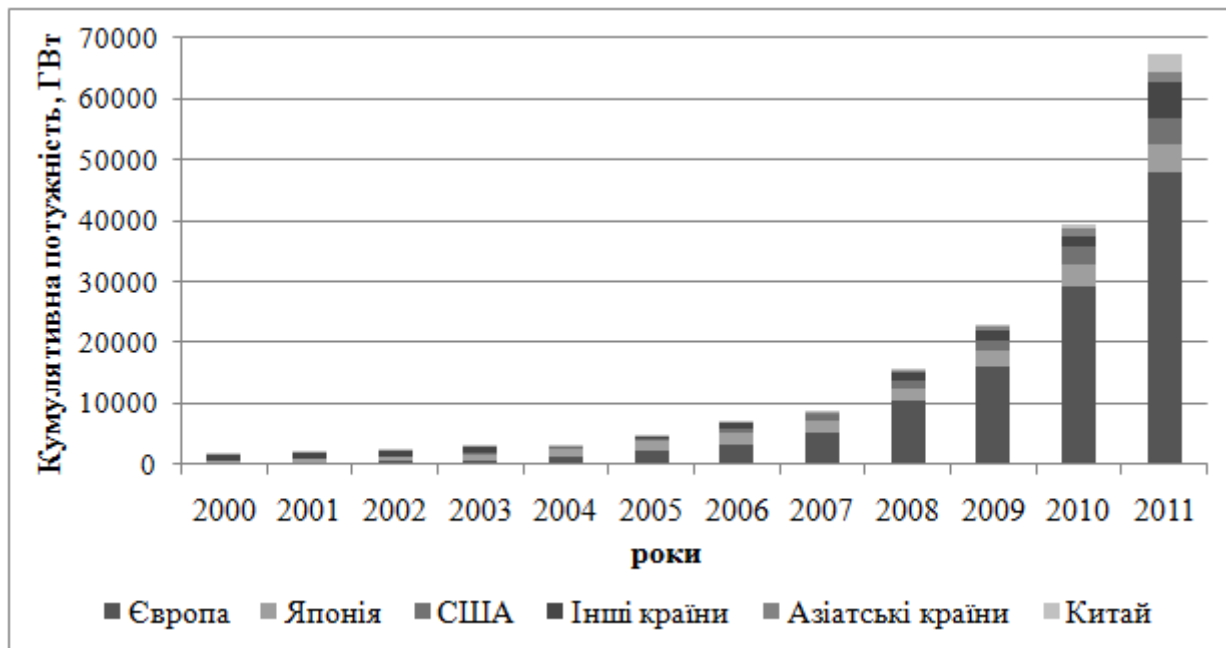


Рис. 1. Кумулятивна потужність встановлених сонячних батарей в світі в 2000...2011 рр.

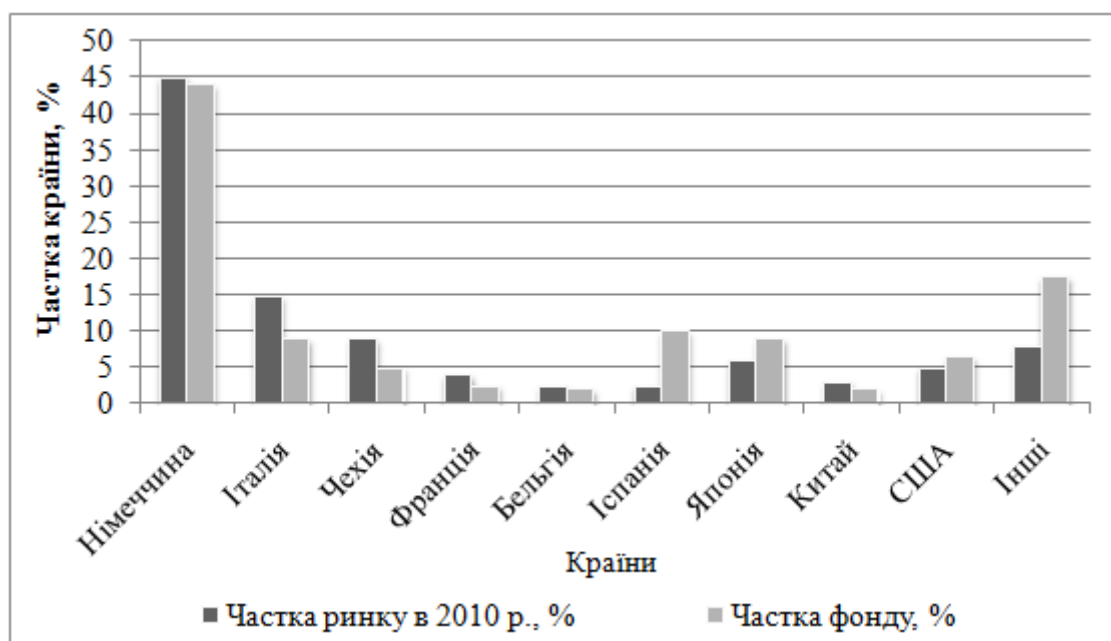


Рис. 2. Частки країн у загальному ринку і в загальному фонді сонячних батарей в 2010 р.

Всього в Європі встановлено понад 50 ГВт генеруючих потужностей, які будуть генерувати більше 60 мільярдів кВт·год на рік і забезпечать більше 15 мільйонів жителів необхідною електрикою.

Основні потужності з виробництва сонячних модулів у світі розташовуються в азіатському регіоні, який за останні декілька років завдяки активності китайських інвесторів, зумів обігнати Європу та Північну Америку. Найбільшим виробником модулів, за даними Photon International, в 2010 році компанія була Suntech Power (Китай, 1,6 ГВт); далі йшли JA Solar (Китай, 1,5 ГВт), First Solar (США, 1,4 ГВт), Trina Solar (Китай, 1,1 ГВт) і Q - Cells (1,0 ГВт). Серед 10 лідерів 8 представляють азіатський регіон [5].

Основною сировиною для виробництва сонячних батарей являється полікристалічний кремній. Загальноприйнято розрізняти наступні види полікристалічного кремнію (ПКК):

- технічний кремній (в закордонній літературі прийнято термін металургійний або MG – кремній (silicon of metallurgical gradation of quality)) – вміст кремнію 98–99 %;
- кремній «сонячного якості» - вміст домішок  $10^{-3}$  % (ат.);
- кремній електронного якості - вміст домішок  $10^{-6}$  % (ат.).

У перспективі приріст виробництва полікремнію в середньому очікується на рівні  $\sim 12$  % в рік. При цьому в сегменті напівпровідникового кремнію середньорічне зростання виробництва очікується на рівні 7 %, а сонячного – 30–35 %.

На рис. 3 приведено обсяг світового ринку полікремнію за останні 8 років.

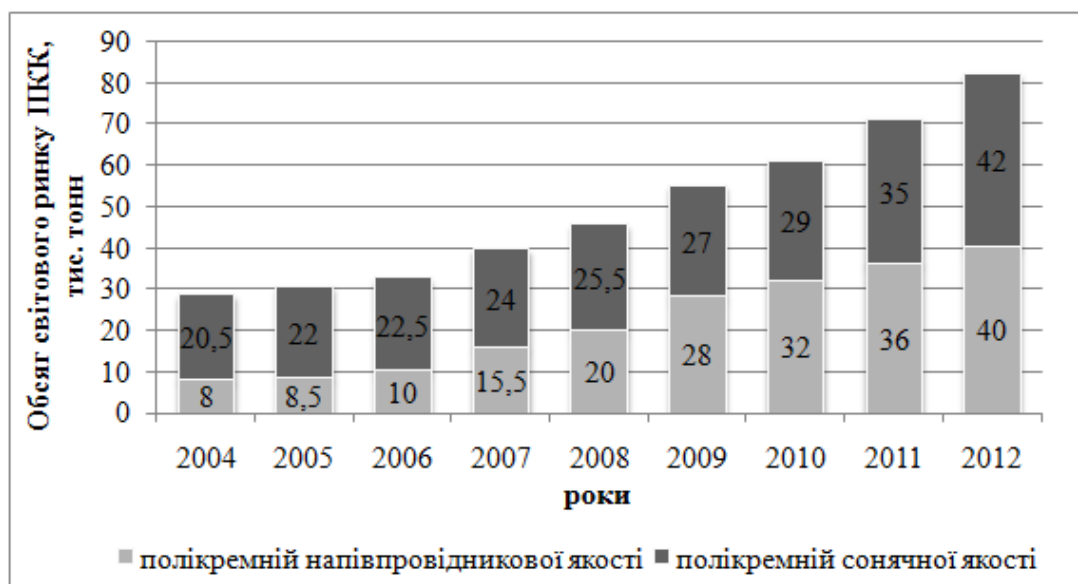


Рис. 3. Обсяг світового ринку полікремнію сонячної і напівпровідникової якості в 2004...2012 рр.

Всі великі обсяги споживаного полікремнію призвели до дефіциту матеріалу на ринку.

Становище на ринку ще більше посилюється тим, що 90...95 % реалізованого полікремнію поставлялося за довгостроковими контрактами, а на спотовому ринку були доступні лише 5...10 % вироблених обсягів (спот – ринок – угода при поставці протягом двох днів з негайною оплатою). Дефіцит полікремнію спровокував зростання цін на спотовому ринку з 50 долл./кг в 2000 році до 400 долл./кг в 2008 році з піком до 450 долл./кг. Для порівняння, за інформацією iSupply поставки за довгостроковими контрактами починаючи з 2004 року, ціна зросла з 30 до 80...100 долл./кг [5].

2008 рік став переломним для ринку полікремнію. Протягом року був запущений ряд нових виробництв, що дозволило одноразово подвоїти виробничу потужність і знизити ціни на полікремній (рис. 4).

Крім того, ще близько 60 компаній оголосили про плани організації власних виробництв. У разі їх реалізації, сумарна потужність виробників набагато перевищить світові потреби в полікремнію вже до 2011...2012 р.р. Це призведе до появи конкуренції серед постачальників

сировини, а також до зниження рентабельності їх виробництва.

Іншим негативним чинником для виробників полікремнію сонячного якості стало уповільнення динаміки попиту на сонячні елементи. У 2008 році приріст цього ринку становив лише 30 %, а сонячних батарей було вироблено в два рази більше, ніж встановлено.

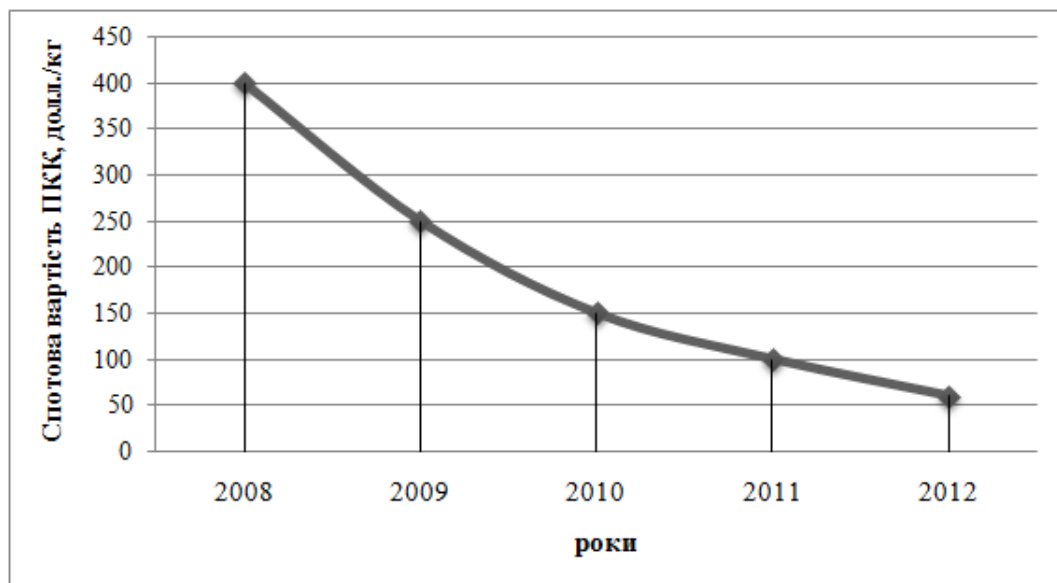


Рис. 4. Динаміка спотових цін на полікремній в 2008...2012 р.р.

Таким чином, в 2008 році в сонячній енергетиці спостерігається криза перевиробництва по всій виробничому ланцюжку: від виробництва полікремнію – до встановлення сонячних батарей.

Згідно із прогнозом iSupply, ці два фактори приведуть до зниження цін полікремнію на вільному ринку до 50 долл./кг до 2012 році, а встановлюваних сонячних елементів – з 4,2 долл./Вт в 2008 році до 2,5...2,75 долл./кг до кінця 2009 року.

Відновлення рентабельності виробництва сонячних батарей очікується після 2011 року. До цього часу зрівняються собівартості виробництва електроенергії сонячними батареями і з використанням традиційних видів палива в таких регіонах як південь США, на Балканах і в Центральній Європі. Починаючи з цього моменту ринок сонячної енергетики чекає лавиноподібне зростання попиту, який нарівні з низькими цінами на полікремній, дозволить виробникам монокремнію і продукції його подальшого переділу відновити рентабельність діяльності.

На рис. 5 наведено дані щодо обсягу випуску полікристалічного кремнію [5].

Навколо кожного виробника формується самостійний кластер, який об'єднує виробників монокремнію і продукції подальшого переділу: пластин, ФЕП, модулів і батарей для сонячної енергетики та підкладок і напівпровідникових пристроїв для мікроелектроніки.

Серед нових виробництв варто особливо відзначити китайські компанії. У 2008 році на території країни працювало вже 4 заводу полікремнію, їх сумарна продуктивність склала 8470 т, при обсязі виробництва в 2005 році лише 140 т. Попит на полікристалічний кремній в Китаї значно перевищує пропозицію, що пов'язано з державною підтримкою розвитку сонячної енергетики, а також з розміщенням заводів електроніки в країні.

### Висновки

Таким чином, виробництво полікристалічного кремнію для сонячної енергетики має значний потенціал і інвестиційну привабливість. При цьому, потрібно відзначити, що розвитку ринку фотовольтаїки сприяють державні програми, що до стимулювання використання

альтернативних джерел енергії. Так, у Німеччині поставлена мета досягти рівня 51,8 ГВт встановлених потужностей сонячних батарей до 2020 року, в Іспанії – 8,4 ГВт, в Китаї – 5,0 ГВт до 2015 року, в Індії – 22,0 ГВт до 2022 року.

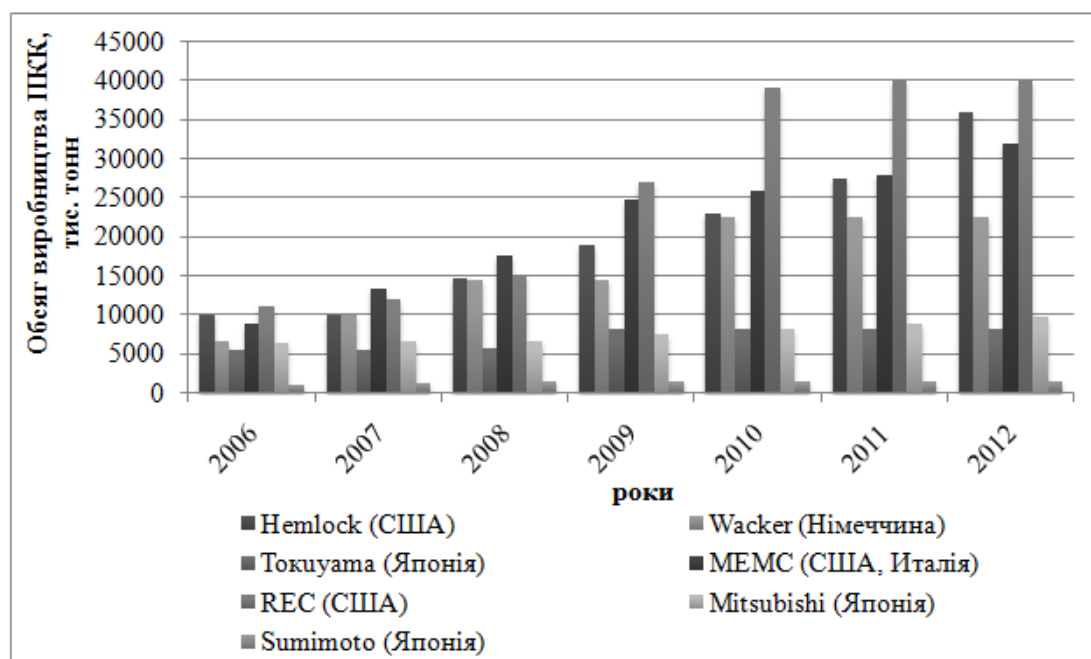


Рис. 5. Найважливіші виробники полікристалічного кремнію в 2006...2012 р.р.

#### Список літератури

1. PV installations reached 18.2 GW in 2010 - [http://www.pv-tech.org/news/solarbuzz\\_pv\\_installations\\_reached\\_18.2gw\\_in\\_2010](http://www.pv-tech.org/news/solarbuzz_pv_installations_reached_18.2gw_in_2010), 16 March 2011.
2. Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015 - [http://www.epia.org/index.php?eID=tx\\_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/EPIA\\_docs/publications/epia/EPIA-Global-Market-Outlook-for-Photovoltaics-until-2015.pdf&t=1327848976&hash=7ecd371bd3a93e112512d72bcecf4f89](http://www.epia.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/EPIA_docs/publications/epia/EPIA-Global-Market-Outlook-for-Photovoltaics-until-2015.pdf&t=1327848976&hash=7ecd371bd3a93e112512d72bcecf4f89), May 2011.
3. Market Outlook 2010 – [http://www.epia.org/index.php?eID=tx\\_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/EPIA\\_docs/publications/epia/Market\\_Outlook\\_2010\\_public.pdf&t=1327848976&hash=cdf22fbb2f8bbe9b34ef1bc06bc3b165](http://www.epia.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/EPIA_docs/publications/epia/Market_Outlook_2010_public.pdf&t=1327848976&hash=cdf22fbb2f8bbe9b34ef1bc06bc3b165), December 2010
4. EPIA, Market Report 2011 – [http://www.epia.org/index.php?eID=tx\\_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/EPIA\\_docs/publications/epia/EPIA-market-report-2011.pdf&t=1327848976&hash=dbca4e57a45477af9383d3e4b7ee457b](http://www.epia.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/EPIA_docs/publications/epia/EPIA-market-report-2011.pdf&t=1327848976&hash=dbca4e57a45477af9383d3e4b7ee457b) January 2012.
5. iSuppli warns over solar industry supply chain inventory build – [http://www.pvtech.org/news/\\_a/isuppli\\_warns\\_over\\_solar\\_industry\\_supply\\_chain\\_inventory\\_build](http://www.pvtech.org/news/_a/isuppli_warns_over_solar_industry_supply_chain_inventory_build), 28 July 2009.

## DEVELOPMENT OF THE WORLD MARKET OF SOLAR ENERGY

A. A. LITVIN, engineer, Ju. V. KURIS, Cand. Tech. Scie.

*In this article the analysis of the rapidly developed by solar energy, presents the proportion of countries in the market of solar batteries, as well as quantitative and analysis of the price of the largest producers of polycrystalline silicon is the main raw material for the production of photovoltaic converters.*

Поступила в редакцию 06.09 2012 г.