

УДК 621.311.243:621.039.75(043.2)
UDC 621.311.243: 621.039.75 (043.2)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЇ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ
Трофімов І.Л., к.т.н., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, troffi@ukr.net,
ID ORCID: 0000-0001-5539-1166
Гетьманенко О.О., студентка, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна,
penka3315@gmail.com, ID ORCID: 0000-0003-1907-4141

RESEARCH OF SOLAR BATTERY USE AND UTILIZATION PROBLEM
Trofimov Igor, PhD, National aviation university, Kiev, Ukraine, troffi@ukr.net, ID ORCID: 0000-0001-5539-1166
Hetmanenko Elena, student, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, penka3315@gmail.com, ORCID
ID: 0000-0003-1907-4141

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ солнечных батарей
Трофимов И.Л., к.т.н., Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина, troffi@ukr.net,
ID ORCID: 0000-0001-5539-1166
Гетьманенко Е. А., студентка, Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина.,
Penka3315@gmail.com, ID ORCID: 0000-0003-1907-4141

1. Вступ

Дослідження наведені у цій статті відносяться до енергетичної галузі та захисту навколишнього природного середовища.

Ефективне використання енергетичного потенціалу виступає основою подальшого економічного розвитку країни, що безпосередньо впливає на рівень добробуту громадян, є запорукою її незалежності, суспільно-політичної стабільності, спроможне реально сприяти інтегруванню України до європейської та світової спільноти, слугувати захисту її національних інтересів. Тобто енергетична безпека є однією з найважливіших складових національної безпеки держави.

На територію України за рік потрапляє така кількість енергії Сонця, яка переважає нинішній рівень її споживання більше чим в п'ятсот разів. Тобто, достатньо використовувати лише 0,5% енергії Сонця, яка досягає поверхні України, щоб задовольнити енергетичні потреби українців.

Головними перевагами використання сонячної енергії є: екологічна чистота, надійність та можливість довготривалої експлуатації, безпека (наявність автоматичного захисту від короткого замикання, перегріву, перевантажень приладів, розряджання акумуляторів), простота монтажування і розбирання, стійкість до впливу природних факторів [1, с 123].

Теоретично визнана екологічна безпека сонячних батарей збільшує число потенційних споживачів сонячної енергії, особливо серед прихильників «зелених» технологій. Але слід відзначити, що у виробництві фотоелементів, а також в додатковому обладнанні для сонячних електростанцій (акумуляторах) найчастіше використовуються токсичні речовини.

Сонячні батареї практично не зношуються, оскільки не містять рухомих частин і вкрай рідко виходять з ладу.

Тривалий термін служби без погіршення експлуатаційних характеристик - 25 років і більше, що підтверджено багаторічною практикою використання.

Функціонування сонячних батарей не залежить від технічних неполадок енергопостачальників.

Сонячним батареям не потрібне паливо, що дає можливість не залежати ні від цін на нього, ні від проблем з транспортуванням.

Крім того, сонячні батареї безшумні, ніж вигідно відрізняються від вітрових систем.

Енергія, що генерується сонячними батареями фактично є безкоштовною (одне «але» - все це тільки після того, як в сонячну енергосистему вже були вкладений початковий капітал і вона окупилася) [1, с 188]

На сьогодні у світі, зокрема в Україні, виникла істотна небезпека забруднення літосфери, атмосфери і гідросфери побутовими та промисловими відходами. У разі проведення досліджень, пов'язаних з вивченням проблеми забруднення побутовими відходами значна увага приділяється джерелам небезпеки промислового походження. При цьому роль негативного впливу відходів від виробництва та утилізації сонячних елементів на екологічний стан України у формуванні рівня екологічної небезпеки вивчена недостатньо.

На сьогодні у ЗМІ дуже багато інформації щодо користі та економічної доцільності використання сонячних елементів і майже відсутня інформація відносно їх утилізації після строку експлуатації. Актуальність цієї роботи зумовлена необхідністю дослідження впливу відходів виробництва та утилізації сонячних елементів на екологічний стан України. Проблеми подальшого розвитку сонячної енергетики полягають в необхідності удосконалення існуючої техніки і технологій, в розробці нових матеріалів та зменшення негативного впливу відходів утилізації сонячних батарей.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій і постановка проблеми

За джерелом [2] використані сонячні модулі, традиційно відносяться регуляторами до категорії електронного сміття (e-waste).

Річний світовий обсяг електронного сміття у 2015 становив 43,8 мільйона тонн. За оцінками експертів у 2018 році цей показник зріс до **50 млн тонн**. Фотоелектричні панелі сьогодні - це всього лише частки відсотка світового обсягу електронних відходів. Так, сонячна енергетика - молода галузь і поки не встигла сильно насмітити, але ця галузь стрімко розвивається. Лише за 2017 рік у світі було введено в експлуатацію близько 100 ГВт сонячних електростанцій. Глобальна встановлена потужність зростає експоненціально. Тому через 10-15 років проблема утилізації сонячних панелей може буде надзвичайно гострою.

У зв'язку з тим, що ціни на компоненти сонячних електростанцій постійно знижуються, витрати на демонтаж об'єктів можуть надавати все більший вплив на економіку проєктів, просто з тієї причини, що їх частка у витратах життєвого циклу буде підвищуватися. Тому ефективний підхід до утилізації сонячних панелей важливий і з цієї точки зору.

У 2016 році опубліковано спільну роботу IRENA (Міжнародного агентства відновлюваної енергетики) і MEA (Міжнародного енергетичного агентства) «End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels», в якій детально описуються технології і стратегії утилізації фотоелектричних модулів. Ця досить об'ємна (100 сторінок) доповідь може розглядатися в якості керівництва по нашій сьогоднішній темі.

В роботі вказано, що до 2030 року в світі утвориться 1,7-8 млн тонн відходів фотовольтаїки залежно від розглянутих сценаріїв (regular loss - використання модулів протягом 30-річного терміну служби, early loss - раннє закінчення року служби з різних причин, наприклад, заміна морально застарілого обладнання на більш сучасне). Така кількість «сонячного сміття» відповідає 3-16% сьогоденного річного обсягу електронних відходів. До 2050 обсяги сонячних панелей, які відслужили свій термін, зростуть - до 60-78 млн тонн.

IRENA вважає, що річний обсяг відходів відпрацьованих сонячних панелей у 2050 році (5 млн тонн) буде відповідати приблизно 10% всього електронного сміття, утвореного на землі в 2014 році. Тобто прогнозований обсяг «сонячних відходів» значний, але він все-таки буде складати лише незначну процентну частку всіх електронних відходів (e-waste).

У 2008-му році Управління енергоефективністю та поновлювальними джерелами енергії (EERE) на своєму сайті в блоці «Чому так важлива сонячна енергетика» розмістило наступний матеріал: «Малі електричні підстанції наносять незначний збиток навколишньому середовищу, так само як і сонячні батареї. Дивно, але так запросто виробляючи потрібну людині електричну енергію, сонячні батареї не забруднюють навколишнє середовище, не виробляють ризиковані для фауни і флори викиди і відходи. Це виробництво енергії не вимагає ні рідкого, ні газоподібного палива, його не треба ні транспортувати, ні спалювати» [3, с 256].

Як відомо, компанія «PV-Cycle» обслуговує 89 приймальних пунктів відпрацьованих сонячних панелей в Німеччині. Засновник компанії «PVCycle» стверджує, що прийом відпрацьованих панелей проводиться тими ж компаніями, які встановили даний сонячний модуль. Але, що стосується великогабаритного обладнання, навіть компанія PV-Cycle немає умов для його переробки.

«PV-Cycle» - загальноєвропейська система, яка пропонує послуги з управління відходами сонячної енергетики. Дані об'єкти сонячної енергетики, які потребують утилізації, відповідають «Директиві щодо відпрацьованого електричного й електронного обладнання». [3, с 260]

У Сполучених Штатах утилізація панелей регулюється Законом про збереження та відновлення ресурсів (Resource Conservation and Recovery Act), який є правовою основою для управління небезпечними та безпечними відходами. У 2016 році Асоціація сонячної енергетики США (SEIA) в партнерстві з виробниками сонячних модулів і монтажними організаціями запустила національну програму добровільної утилізації панелей, яка спрямована на те, щоб зробити ефективні рішення по переробці більш доступними для споживачів [2].

В Японії відпрацьовані сонячні панелі підпадають під загальні регламенти з управління відходами (Waste Management and Public Cleansing Act). У 2015 році розроблено дорожню карту для просування схеми збору, переробки та належного поводження з обладнанням відновлюваної енергетики з вичерпаним терміном експлуатації. У 2017 році японська Асоціація сонячної енергетики (Japan Photovoltaic Energy Association - JPEA) опублікувала керівництво щодо належного поводження з сонячними модулями після закінчення терміну їх служби (документ має рекомендаційний характер).

У Китаї поки немає спеціальних правил по утилізації сонячних модулів. В рамках Національної науково-технічної програми протягом 12-ої п'ятирічки фінансувалися дослідження і розробки в галузі поводження з «сонячними відходами».

В Індії відходи фотоелектричної енергетики управляються Міністерством навколишнього середовища, лісів і зміни клімату відповідно до Правил поводження з твердими відходами 2016 року і Правилами небезпечними і іншими відходів (управління і транскордонне переміщення).

На міжнародному рівні новий стандарт лідерства в області екологічної стійкості для фотоелектричних модулів (NSF 457 - Sustainability Leadership of Photovoltaic Modules) включає в себе критерії управління цими виробами після закінчення терміну їх експлуатації.

Не варто забувати про зростання потужності сонячної енергетики. Деякі джерела вказують, що потужності в сфері сонячної енергетики складуть 4500 ГВт до 2050 року (зараз цей показник становить 400 ГВт).

На території Європейського союзу утилізацію фотоелектричних модулів регулює Директива про відходи електричного та електронного устаткування [5, с 125].

Сонячне випромінювання є загальнодоступним і невичерпним джерелом енергії. Теоретично сонячна енергетика вирізняється повною безпечністю для навколишнього середовища (якщо не брати до уваги наявність отруйних речовин у фотоелементах).

Утилізація значних обсягів сонячних модулів на конкретній території призводить до збільшення ризику для місцевої флори, фауни і для здоров'я людей. Витік хімічних реагентів з утилізованих модулів дає можливість зараження місцевого ґрунту і поверхневих вод.

3. Мета статті (постановка завдання)

Мета статті полягала в дослідженні проблеми відходів виробництва та утилізації сонячних батарей.

4. Виклад основного матеріалу

З джерела [6, с. 168] відомо, що для сонячної енергетики потрібне використання великих земельних площ під електростанції (наприклад, для СЕС потужністю 1 ГВт це може бути декілька десятків квадратних кілометрів). Але цей недолік не такий значний наприклад, гідроенергетика виводить з користування значно більші ділянки землі.

До того ж фотоелектричні елементи на великих СЕС встановлюються на висоті 1,8-2,5 м, що дозволяє використовувати землі під електростанціями для сільськогосподарських потреб, наприклад, для випасу худоби. Такі електростанції не працюють вночі і недостатньо ефективно працюють у ранкових та вечірніх сутінках. При цьому пік споживання електроенергії припадає саме на вечірні години.

Крім того, потужність електростанції може стрімко і несподівано коливатися внаслідок змін погоди. Для подолання цих недоліків потрібно або використовувати ефективні електричні акумулятори, або будувати гідроакумулюючі станції, які теж займають велику територію, або використовувати концепцію водневої енергетики, яка також поки далека від економічної ефективності [7, с. 458].

Проблема залежності потужності сонячної електростанції від часу доби і погодних умов може бути вирішена спорудженням сонячних аеростатних електростанцій. Ще один шлях вирішення проблеми будівництво гібридних електростанцій, тобто вдень електроенергія виробляється параболічними концентраторами, а вночі з природного газу.

Сонячні фотоелементи високовартісні. Ймовірно, з розвитком технології цей недолік буде подолано. Протягом 1990-2005 років ціни на фотоелементи знижувалися у середньому на 4 % щороку. [8, с. 348].

Одним з недоліком є недостатній ККД сонячних елементів (ймовірно, незабаром цю проблему буде вирішено). Крім того, поверхню фотоелектричних панелей періодично потрібно очищувати від

пилу та інших забруднень. Зважаючи на те, що їх площа досягає декількох квадратних кілометрів, це також можна вважати серйозним недоліком.

Ефективність фотоелектричних елементів значно знижується при їх нагріванні, тому виникає необхідність в установці систем охолодження, зазвичай водяних. Знижується вона також і через 30 років експлуатації, що теж належить до проблемних питань.

Незважаючи на екологічну чистоту отримуваної енергії, самі фотоелементи містять отруйні речовини, наприклад, свинець, кадмій, галій, миш'як. Сучасні фотоелементи мають обмежений термін експлуатації (30-50 років), їх активне застосування передбачатиме виникнення проблеми їх утилізації. Тому останнім часом починає активно розвиватися виробництво тонкоплівкових фотоелементів, у складі яких міститься близько 1 % кремнію, завдяки чому вони дешевші у виробництві, але поки мають меншу ефективність.

Переробка фотоелектричних модулів – це нова сфера промисловості України, яка тільки саме набирає обертів. У майбутньому кількість відходів сонячної енергетики буде стрімко зростати.

Загальновідомо, що найбільший відсоток відходів, близько 90 %, становить скло. Меншу частку становлять кабелі і напівпровідники з цінних металів, які обмотані з усіх боків пластиком [9].

Компанії застосовують для переробки таких матеріалів теплові або механічні методи. Наприклад, щоб отримати бажану сировину, на підприємствах широко застосовуються подрібнювачі і дробарки.

Іншою проблемою є те, що зі збільшенням виробництва електроенергії з використанням фотоелектричних установок, зростає попит на рідкісні метали – наприклад, телур і індій, які використовуються в платах сонячних модулів.

В результаті цього запаси руди будуть знижуватись, тому необхідно буде освоювати нові глибини для видобутку рідкісних металів.

На сучасному етапі розвитку «сонячних» технологій під час виготовлення батарей використовуються шкідливі речовини, які тим чи іншим чином можуть нашкодити природі. Вже готові зразки (фотоелементи) містять отруйні речовини, такі як свинець, кадмій, галій, миш'як [9].

На сьогодні, більшість частин сонячного модуля можуть бути перероблені. Це, насамперед, напівпровідникові матеріали або скло, а також велика кількість чорних і кольорових металів.

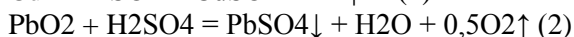
Переробка сонячних батарей є процесом з відновлення та експлуатації тих матеріалів, з яких вони виготовлені. Під час цього процесу є можливість витягувати метали, які потім вдруге включатимуться до складу нових виробів. Метою такого процесу є збереження сировини.

Переробка подібних виробів сприяє збереженню навколишнього середовища для здорової життєдіяльності людини.

Свинцево-кадмієві гальванічні елементи містять в своєму складі свинець та кадмій, які можна за допомогою ресурсозберігаючої й екологічно безпечної технології повернути у сферу виробництва з урахуванням їх екологічних стандартів, а також поліпшити екологію довкілля. Дану технологію переробки можна використати і для витягування свинцю і кадмію із сонячних батарей в процесі їх утилізації [8].

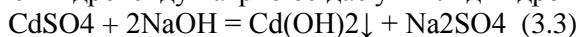
Для переробки сонячних модулів пропонується реагентний спосіб, заснований на різній здатності кадмію, свинцю та їх сполук до комплексоутворення, відношення до кислот, лугів і розчинності.

Відпрацьовані сонячні панелі спочатку треба подрібнити і розділити різні фракції. Фракції, що містять свинець та кадмій, потрібно розчинити в 60 % сірчаній кислоті. При цьому відбудуться наступні реакції (1, 2):



Використання сірчаної кислоти з концентрацією понад 60 % недоцільне, оскільки знижується розчинність сульфату кадмію. У результаті цих процесів утворюється змішаний розчин сульфатів кадмію і свинцю та 26 газоподібна суміш водню і кисню (останні надалі можна використовувати для різних технічних цілей).

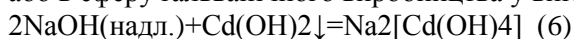
Для розділення кадмію і свинцю розчин сульфатів цих металів фільтрують і отримують осад сульфату свинцю, в розчині залишається сульфат кадмію, який після стехіометричної обробки розчином гідроксиду натрію осідає у вигляді гідроксиду кадмію (3) [10, с 320].



Осад фільтрують і отримують розчин сульфату натрію, який випаровують, кристалізують і сушать. Кадмій з осаду його гідроксиду повертають у сферу виробництва ХДС (хімічних джерел струму) у вигляді металевого кадмію по реакціях (4, 5):

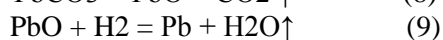
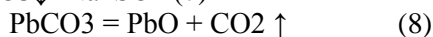
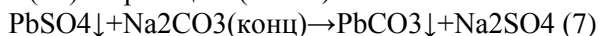


або в сферу гальванічного виробництва у вигляді електроліту $\text{Na}_2[\text{Cd(OH)}_4]$ (6):



Альтернативним реагентом для виділення кадмію є 25 %-й водний розчин гідроксиду амонію, з яким кадмій утворює амонійний комплекс $[\text{Cd(NH}_3)_4](\text{OH})_2$, котрий використовують у гальванічному виробництві [9, с. 323].

З осаду сульфату свинцю отримують товарні продукти – свинець у вільному вигляді або оксид свинцю (IV) по реакціях (7 – 10):



5. Висновки

Досліджено проблему відходів виробництва і утилізації сонячних батарей та шляхи її вирішення. Встановлено, що на сьогодні для України є доцільним створювати спеціалізовані підприємства з переробки та утилізації сонячних елементів.

Встановлено, що для повторного використання витягується близько 70 відсотків компонентів панелей, які підлягають утилізації. Крім того, міжнародні Директиви регламентують дотримання вимог вмісту небезпечних елементів у вторинній сировині (кадмій і селен – не більше 1 мг на кілограм для кремнієвих панелей і не більше 10 мг – для не кремнієвих, свинець – не більше 100 мг в сухій речовині).

Встановлено, що рентабельність переробки фотоелектричних модулів піддається сумнівам. Однак, міжнародне законодавство жорстко контролює цей процес. Зниження вартості сонячного обладнання відкриває можливості для збільшення потоку інвестицій в сферу утилізації фотоелектричних панелей.

6. Перспективи подальших досліджень

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкту дослідження – розвиток сонячної енергетики, збільшення кількості сонячних елементів, у разі відсутності раціональної утилізації – різке збільшення забруднення навколишнього середовища відходами сонячних елементів.

Дослідження показують, що загальний кінцевий попит на енергію буде зростати з помірними темпами близько 1,3% в рік, на відміну від сьогоднішніх тенденцій, коли загальний попит зменшується. Першим наслідком може бути те, що загальне використання поновлюваних джерел енергії також зростатиме повільними темпами, слідуючи загальному попиту.

Оскільки в Україні відсутня єдина система приймання відпрацьованих сонячних панелей на завод-виготовлювач, розвиток ринку переробки тільки починається.

Результати цієї парці можуть бути використані для оцінки розвитку сонячної енергетики в Україні з точки зору її впливу на навколишнє середовище. Також результати досліджень можуть бути застосовані фахівцями екологами у сфері захисту навколишнього середовища та фахівцями у сфері виробництва й експлуатації сонячних елементів (батарей).

Література

1. Андрушків Б.М. Ресурсономіка: теоретичні та прикладні аспекти [Текст] / Б.М. Андрушків, Ю.Я. Вовк, І.П. Вовк, В.А. Паляниця, І.І. Стойко. – Монографія. – Тернопіль, 2012. – 452с.
2. <http://eco-ua.org/news/10105>
utyilizacija_sonjachnykh_moduliv_problemy_reguljuvannja_perspektyva [Electronic resource].
3. Андреев В.М. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения [Текст] / В.М. Андреев, В.А. Грилихес, В.Д. Румянцев В.Д. – Л.: Наука, 1996. – 310 с.
4. Мхитарян Н. М., Мачулин В. Ф. // Проблемы развития энергетики Украины. Возобновляемая и нетрадиционная энергетика [Текст] / Н.М. Мхитарян, В.Ф. Мачулин // Наука та інновації. – 2006. – Т 2. – No 2.С. 63–75.
5. Дмитриков В. П. Переробка відпрацьованих свинцево-кадмієвих гальванічних елементів; Повідомлення 1: Принципи і процеси переробки [Текст] / В.П. Дмитриков, В.В. Падалка, О.В. Проценко, В.І. // ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії. - Полтава, 2013. – Вип. 2. – С. 123-126.
6. Олійник Я.Б. Основи екології: підручник [Текст] / Я. Б. Олійник, П. Г. Шищенко, О. П. Гавриленко. – К. : Знання, 2012. – 558 с.

7. Бекіров Е.А. Автономні джерела електроживлення на базі сонячних батарей [Текст] / Е.А. Бекіров. – Сімферополь: ВД «АРИАЛ», 2011. – 484 с.
8. Atmosfera: Сонячні електростанції – Використання сонячних електростанцій [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.atmosfera.ua/uk/sonyachni-elektrostantsii/vikoristannya-sonyachnix-elektrostantsij/>
9. Юрій Носенко. Сучасні сонячні технології [Текст] / Ю. Носенко. – Життєве середовище. – No18(241), вересень 2012.
10. Адаменко О.М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії [Текст] / О.М. Адаменко, В.О. Височанський, В. А. Лютко, М.М. Михайлів. – Монографія. – Івано-Франківськ: ІМЕ, 2001. – 432с.

Referenses

1. Andrushkov VM, Vovk Yu.Ya., Vovk I.P., Palyanitsa VA, Stoyko I.I. (2012). Resursonomika: teoretichni ta prikladni aspekti [Resourceonomy: Theoretical and Applied Aspects]. - Monograph. - Ternopil, 2012. – 452p [in Ukrainian].
2. http://eco-ua.org/news/10105_utilization_sonjachnykh_moduliv_problemy_reguljuvannya_perspective
3. Andreev VM, Grilyhez VA, Rumyantsev V.D. (1996). Fotoelektricheskoe preobrazovanie kontsentririvannogo solnechnogo izlucheniya [Photovoltaic transformation of concentrated solar radiation]. - L. : Nauka, 1996. - 310 p. [in Russian].
4. Mkhitaryan N. M., Machulin V. F. (2006). Problemy razvitiya energetiki Ukrainyi. Vozobnovlyayemaya i netraditsionnaya energetika [Problems of power engineering development in Ukraine. Renewable and non-traditional energy] / Science and Innovation. - 2006. - Т 2. - No 2.С. 63-75. [in Russian].
5. Dmitrikov VP, Padalka VV, Protsenko O. V., Kolomejev V.I. (2013). Pererobka vIdpratsovanih svintsevo-kadmiEvih GalvanIchnih elementIv; PovIdomlennya 1: Printsipi I protsesi pererobki [Processing of waste lead-cadmium electrophoresis; Message 1: Principles and Processes of Processing] / Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy. - Poltava, 2013. - Bip. 2. - P. 123-126 [in Ukrainian].
6. Oliynyk Ya.B. (2012). Osnovi ekologiyi: pIdruchnik [Fundamentals of Ecology: Textbook] / Ya.B. Oliynyk, PG Shishchenko, O.P. Gavrilenko. - K.: Knowledge, 2012. - 558 p. [in Ukrainian].
7. Bekirova E.A. (2011). Avtonomni dzhерela elektrozhivlennya na bazi sonyachnih batarey [Independent solar power supplies]. - Simferopol: VD "ARIAL", 2011. - 484 p [in Ukrainian].
8. Atmosfera: Solar Power Plants - Using Solar Power Plants [Electronic Resource] / Access Mode: <http://www.atmosfera.ua/uk/sonyachni-elektrostantsii/vikoristannya-sonyachnix-elektrostantsij/>
9. Yuriy Nosenko. (2012). Suchasni sonyachni tehnologiyi [Modern Solar Technologies] / Yu. Nosenko. - Living environment. - No18 (241), September 2012 [in Ukrainian].
10. Adamenko O.M., Vysochansky V., Lyotko V., Mikhailov M. (2001). Alternativni paliva ta Inshi netraditsyni dzhерela energiyi [Alternate fuels and other non-traditional energy sources]. Monograph. - Ivano-Frankivsk: ІМЕ, 2001. - 432ср [in Ukrainian].