



КУДРЯ

Степан Олександрович — доктор технічних наук, виконувач обов'язків директора Інституту відновлюваної енергетики НАН України

УДК 620.97

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

За матеріалами наукової доповіді на засіданні
Президії НАН України 7 жовтня 2015 року

Доповідь присвячено розвитку використання відновлюваних джерел енергії як одного з основних пріоритетів світової енергетики. Наявність в Україні значного енергетичного потенціалу (вітрова, сонячна, геотермальна енергія, енергія малих річок, біомаси, довкілля), науково-технічної та промислової бази створює всі передумови для масштабного освоєння в нашій країні технологій на основі відновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: відновлювана енергетика, відновлювані джерела енергії, енергоефективність, енергія вітру, енергія сонця, геотермальна енергія, енергія малих річок, біомаса, енергія довкілля.

*Сжигать нефть — все равно,
что топить печку ассигнациями.*

Д.І. Менделеев

Вступ

Сьогодні одним з основних пріоритетів розвитку енергетики в більшості розвинених країн світу є використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Зокрема, США, Німеччина, Іспанія, Швеція, Данія, Японія планують у першій половині ХХІ ст. довести частку ВДЕ у власному загальному енергобалансі до 50%. У 2009 р. країни — члени Європейського енергетичного співтовариства досягли згоди щодо імплементації Директиви ЄС 2009/28/ЕС з розвитку відновлюваної енергетики, згідно з якою спільною метою є досягнення 20% енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії в Європейському Союзі до 2020 року. При цьому рівень викидів парникових газів має знизитися щонайменше на 20% порівняно з 1990 р., ефективність використання енергії — зрости на 20%, а частку біопалива в загальному споживанні транспортного палива планується довести до 10%. Цей план виглядає реаліс-

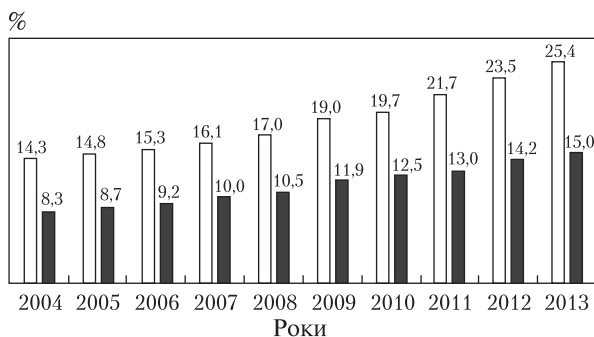


Рис. 1. Частка енергії з відновлюваних джерел у загальному споживанні енергії, виробленої в країнах ЄС: □ — електроенергія; ■ — теплова + електрична енергія

тичним з огляду на динаміку зростання частки споживання енергії (і теплової, і електричної), виробленої в країнах ЄС з ВДЕ (рис. 1). На кінець 2013 р. загальне споживання енергії з відновлюваних джерел становило 15%, а електричної енергії — 25,4%.

Україна як член Європейського енергетичного співтовариства також взяла на себе зобов'язання до 2020 року досягти частки енергії, що генерується відновлюваними джерелами, в розмірі 11% загального енергоспоживання (рис. 2).

Загалом у світі на кінець 2014 р. з використанням відновлюваних джерел енергії було вироблено близько 23% електроенергії, з яких 16,6% припадає на гідроенергетику, 3,1% — на вітрові електростанції, 1,8% — на використання біоенергетичних технологій, 0,9% — на фотоелектричні станції [1]. За даними на кінець 2014 р., частка енергії з відновлюваних джерел у загальному кінцевому світовому споживанні становила 19,1%; частка атомної енергетики — 2,6%; решта (78,3%) — викопне паливо. За прогнозами фахівців Всесвітньої енергетичної ради, загальна встановлена потужність електричних станцій у світі зросте з 4000 ГВт у 2006 р. до 10 000 ГВт у 2030 р., при цьому встановлена потужність електростанцій на основі ВДЕ збільшиться вдвічі. Станом на кінець 2014 р. загальна встановлена потужність відновлюваної енергетики у світі досягла 1700 ГВт (з урахуванням «великих» ГЕС).

Розвиток відновлюваної енергетики у світі

Міжнародна організація REN21 спільно з Агенцією з розвитку відновлюваної енергетики IRENA щороку публікує показники розвитку світової відновлюваної енергетики. Згідно з цими даними, на кінець 2014 р. загальні інвестиції у відновлювану енергетику становили близько 214 млрд дол. США. Ця цифра є дещо меншою, ніж у 2013 р. (249,5 млрд дол. США), що пояснюється поступовим здешевленням технологій у цій галузі [1]. У цілому світова практика переконливо свідчить про привабливість інвестицій у відновлювану енергетику. За прогнозом фахівців Міжнародного енергетичного агентства, у період 2014—2035 рр. близько 75% інвестицій в енергетичний сектор Європейського Союзу, що відповідає 1188 млрд дол. США, спрямовуватимуться саме у відновлювану енергетику.

Розглянемо детальніше розвиток електроенергетики у країнах ЄС. За період 2000—2014 рр. найбільше зростання встановленої потужності електростанцій продемонстрували такі види відновлюваної енергетики, як вітрова та сонячна — загальна встановлена потужність за 14 років становила 116 та 88 ГВт відповідно [2]. При цьому спостерігається стійка тенденція до виведення з експлуатації технологій традиційної енергетики з використанням викопного палива. Так встановлені потужності в атомній енергетиці за 14 років знизилися на 13,2 ГВт; вугільних ТЕС — на 24,7 ГВт; ТЕС, що працюють на мазуті, — на 25,2 ГВт. Виняток становлять хіба що електростанції з використанням газу, встановлені потужності яких збільшилися на 101,2 ГВт. Лише впродовж 2014 р. в ЄС було введено в експлуатацію 11,7 ГВт потужностей вітрових електростанцій і 8 ГВт фотоелектричних систем. Причому співвідношення капітальних затрат на будівництво електростанцій різних типів і вартості виробленої електроенергії (Levelized cost of energy — LCOE) для ВДЕ практично зрівнялося з цим показником для теплових станцій, а в разі вітроенергетики подекуди навіть є нижчим [3].

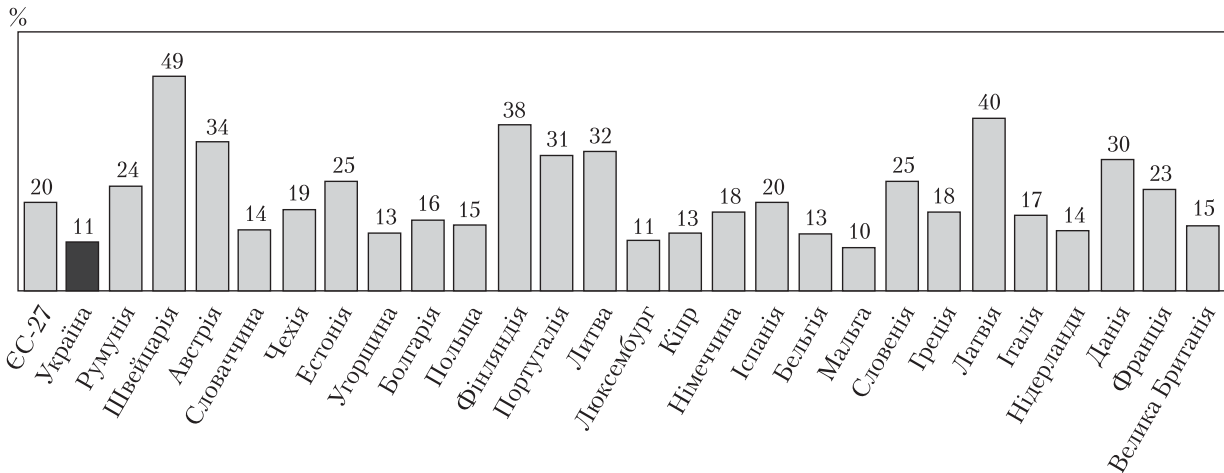


Рис. 2. Зобов'язання країн – членів Європейського енергетичного співтовариства з досягнення певної частки енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії до 2020 року

У липні 2015 р. у деяких штатах США вартість електроенергії вітрових електростанцій знизилася до рекордних 2,5 центів за 1 кВт·год.

Найбільш швидкий розвиток у світі спостерігається в галузі вітрової енергетики. На кінець 2014 р. встановлена потужність вітроелектричних станцій (ВЕС) становила 369 ГВт. Тільки в 2014 р. було введено в експлуатацію 51 ГВт нових ВЕС. Лідерами в цій галузі є Китай (114,6 ГВт), США (65,9 ГВт), Німеччина (39,1 ГВт), Іспанія (22,9 ГВт), Індія (22,4 ГВт). Стрімко розвивається вітроенергетика у Франції – 9,2 ГВт встановленої потужності, що відповідає близько 7% загальної потужності електростанцій у цій країні [1].

Що стосується розвитку сонячних фотоелектричних систем (ФЕС) у світі, то з 2004 р. встановлені потужності ФЕС зросли в 52 рази і на кінець 2014 р. становили 177 ГВт, а за прогнозами Міжнародного енергетичного агентства, на кінець 2015 р. мають досягти 234 ГВт [3]. Лідерами в цій галузі є Німеччина – 38,2 ГВт; Китай – 28,1 ГВт; Японія – 23,3 ГВт; Італія – 18,5 ГВт; США – 18,3 ГВт. Так, у Німеччині в липні 2014 р. за допомогою фотоелектричних систем було вироблено стільки ж електроенергії, скільки й на атомних електростанціях. Окремо слід звернути увагу на Францію, традиційно «атомну» державу, в якій

загальна потужність ФЕС становить 5,6 ГВт. Завдяки чому спостерігається таке стрімке зростання кількості фотоелектричних систем? Головним фактором є значне падіння світових цін на кристалічний кремній – з 475 у 2008 р. до 17 \$/кг у 2014 р., а також зниження вартості сонячних модулів – з 76 у 1977 р. до 0,3 \$/Вт у 2014 р. [4].

На кінець 2013 р. у світі було встановлено 326 ГВт різних типів геліосистем для гарячого водопостачання [1]. Лідером з використання сонячних теплових систем є Китай – 67% загальних світових потужностей теплових сонячних систем. У цьому аспекті слід також відзначити Ізраїль, оскільки на цю невелику країну припадає 1% усіх потужностей теплових геліосистем світу. Успішний розвиток цієї галузі в Ізраїлі зумовлений передусім чинними законодавчими нормами щодо використання геліосистем при будівництві нового житла.

Динамічно зростає у світі й виробництво пелет [1]. Так, на кінець 2013 р. його обсяги становили 23,6 млн т/рік. Найбільшими світовими виробниками пелет є країни ЄС, США, Канада, Росія і Китай. Починаючи з 2005 р. спостерігається бурхливий розвиток світового виробництва біоетанолу та біодизелю. За 8 років його обсяги зросли майже в 30 разів, досягнувши 115,5 млрд л/рік у 2013 р. Позитив-

ну динаміку демонструє і такий показник, як кількість робочих місць у галузі відновлюваної енергетики. На кінець 2014 р. у цій сфері було задіяно 7,7 млн чоловік.

Розвиток відновлюваної енергетики в Україні

В Україні є всі передумови для масштабного освоєння технологій на основі відновлюваних джерел енергії. Насамперед це наявність значного енергетичного потенціалу (вітрова, сонячна енергія, енергія малих річок, біомаси, геотермальна енергія і енергія доквілля), а також розвинена науково-технічна і промислова база. Крім того, ключовими факторами розвитку ВДЕ в Україні є необхідність поліпшення екологічної ситуації; вичерпність традиційних паливно-енергетичних ресурсів; нагальна потреба в подоланні залежності від імпорту енергоносіїв; міжнародні зобов'язання; необхідність термінової реновації основних фондів енергетичного обладнання в країні. Ця галузь є однією з найпривабливіших для інвестування, оскільки відновлювана енергетика — досить «деполітизована» сфера електроенергетики, завдяки екологічній чистоті вона позитивно сприймається місцевими громадами, має кращі економічні показники, ніж атомна енергетика, цілком спроможна становити економічну конкуренцію ТЕС і, що найголовніше, дає змогу Україні позбавитися імпортозалежності в енергетиці.

Держава певною мірою підтримує розвиток відновлюваної енергетики, переважно через запровадження низки нормативно-правових актів. Зокрема, в 2009 р., згідно зі змінами до Закону України «Про електроенергетику», в Україні було введено систему стимулювання розвитку відновлюваної енергетики завдяки так званім «зеленим тарифам». У 2015 р. ці тарифи було скориговано з метою запобігання корупційним схемам та збалансування наявної тарифної системи.

Серед країн колишнього СРСР Україна демонструє рекордний розвиток відновлюваної енергетики. Встановлена потужність електро-

станцій на основі ВДЕ з 2010 р. зросла в 10 разів і на кінець 2014 р. становила 1462,2 МВт, що відповідає 2,7% загальної встановленої потужності електростанцій в Україні. З них сонячна енергетика — 818,9 МВт, вітроенергетика — 513,9 МВт, малі ГЕС — 80,3 МВт, станції на біомасі — 35,2 МВт, на біогазі — 13,9 МВт. Загалом за 2014 р. на станціях, що працюють на основі ВДЕ, було вироблено 2 млрд кВт·год електроенергії.

Внесок НАН України у розвиток відновлюваної енергетики

Національна академія наук України приділяє значну увагу дослідженням з відновлюваної енергетики. У грудні 2003 р. з метою подальшого розвитку і координації досліджень у галузі відновлюваної енергетики у складі Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України було створено Інститут відновлюваної енергетики НАН України. До структури Інституту входять 6 наукових відділів, Міжгалузевий науково-технічний центр вітроенергетики, Кримський центр енергозбереження та відновлюваної енергетики і філія кафедри відновлюваної енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Основними науковими напрямками діяльності Інституту є розроблення технологій та систем комплексного використання відновлюваних джерел енергії, фізико-технічних основ процесів перетворення і використання сонячної енергії, наукових основ перетворення і використання енергії вітру, теплофізичних основ використання геотермальної енергії, наукових основ процесів перетворення і використання енергії малих річок та морів, наукових основ перетворення і використання відновлюваних органічних енергоносіїв. Інститут здійснює фундаментальні та прикладні дослідження в галузі фізико-технічних проблем комплексного використання енергії відновлюваних джерел різних видів з метою підвищення енергоефективності систем енергопостачання завдяки комбінованому використанню ВДЕ; посилення



Рис. 3. Автономна вітро-сонячна система на острові Тендрівська коса

надійності функціонування систем електро- та тепlopостачання на основі ВДЕ з використанням різних систем акумулювання енергії; математичного моделювання процесів у системах комплексного енергопостачання та їх окремих елементах для раціонального вибору параметрів і характеристик систем енергопостачання та режимів їх функціонування; аналізу сучасного стану розвитку відновлюваної енергетики в Україні та світі, формулювання основних проблем використання відновлюваних джерел енергії в Україні та обґрунтування шляхів їх вирішення на найближчу і далеку перспективу.

Важливим напрямом діяльності Інституту є участь у розробленні національної енергетичної політики в галузі відновлюваної енергетики. Так, в Інституті створено Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії в Україні (дані представлено в паперовому та електронному вигляді). В Атласі наведено загальний річний технічно досяжний потенціал відновлюваної енергетики країни — 68,9 млн т у нафтовому еквіваленті, з яких вітроенергетика становить 15,0 млн т н.е.; сонячна енергетика — 4,2 млн т н.е.; велика гідроенергетика —

4,9 млн т н.е.; мала гідроенергетика — 2,1 млн т н.е.; біоенергетика — 21,7 млн т н.е.; геотермальна енергетика — 8,4 млн т н.е.; енергія доквілля — 2,65 млн т н.е. На основі цих даних спеціалісти Інституту проаналізували кілька варіантів розвитку відновлюваної енергетики України. Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України спільно з фахівцями Інституту розроблено Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2020 року, затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 01.10.2014 № 902-р [5]. Згідно з цим Планом, встановлена потужність відновлюваної енергетики в 2020 р. має досягти 20,9 ГВт, річне виробництво електроенергії — 26 млрд кВт·год, а валове виробництво теплової енергії — 58,5 млн Гкал (5,85 млн т н.е.).

Зараз Інститут у рамках виконання проекту Агентства ООН з промислового розвитку (ЮНІДО) проводить роботи зі створення інформаційно-аналітичної системи на основі ГІС-технологій, яка допоможе потенційним інвесторам, девелоперам та державним установам у прийнятті рішень щодо оцінювання



Рис. 4. Гібридний вантажопасажирський електромобіль та прототип електроцикла

проектів у галузі відновлюваної енергетики. Інститут є також відповідальним виконавцем міжнародного проекту ЮНІДО «Підвищення енергоефективності та стимулювання використання відновлюваної енергії в агрохарчових та інших малих та середніх підприємствах України». Крім того, в рамках співробітництва з НТУУ «КПІ» фахівці Інституту брали участь у створенні інформаційно-демонстраційного українсько-польського центру розвитку технологій відновлювальних джерел енергії і енергоефективності.

За час існування Інституту було отримано низку вагомих результатів у галузі створення новітніх технологій та широкого використання відновлюваних джерел енергії. Так, серед робіт з комплексного використання відновлюваних

джерел енергії слід відзначити розроблення ряду комбінованих вітро-сонячних установок. Наприклад, такі комбіновані елементи системи комплексного енергозабезпечення встановлено у Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України і на кафедрі відновлюваних джерел енергії НТУУ «КПІ». У Чорному морі, біля берегів Херсонщини на о. Тендрівська коса працює автономний комплексний енерговузол на основі вітро-сонячної системи (рис. 3).

Як приклад комплексного використання відновлюваних джерел енергії в електротранспорті можна навести спільну розробку Інституту відновлюваної енергетики НАН України, Інституту електродинаміки НАН України та НТУУ «КПІ» — гібридні вантажопасажирські електромобілі на базі серійних зразків автомобілів з використанням власної силової установки. Розроблено також прототип електроцикла на базі серійної моделі «Дніпро-300» Київського мотозаводу (рис. 4).

Інститут проводить фундаментальні та прикладні дослідження в галузі фізико-технічних проблем сонячної енергетики. Розроблено ряд проектів з будівництва сонячних електричних станцій: СЕС «Добровлянська ФЕС» потужністю 4,17 МВт (Заліщицький р-н Тернопільської обл.); СЕС «Сичівська ФЕС» потужністю 2,0 МВт (Христинівський р-н Черкаської обл.); СЕС «Артек» потужністю 1,0 МВт з автоматизованою системою диспетчеризації та візуалізації (Гурзуф, АР Крим). Створено демонстраційно-випробувальну систему фотоелектричного та геліоенергетичного електропостачання в корпусі Інституту, а також на території Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України.

Здійснено великий обсяг робіт з формування інформаційної бази для розроблення стратегії розвитку вітроенергетики України на основі даних вітрового потенціалу територій, вітроелектричних установок електроенергетичної інфраструктури, оперативних даних про поточну роботу енергосистеми. В Україні є великі території з високим вітровим енергетичним потенціалом, і встановлені на них су-

часні ВЕС можуть виробляти електроенергію з коефіцієнтом використання номінальної потужності 0,30–0,40. Обґрунтовано можливість і доцільність спорудження ефективних наземних вітрових електростанцій загальною потужністю близько 16 ГВт. Інститут брав участь у розробленні проектної документації будівництва ВЕС потужністю 100 і 500 МВт. Фахівці Інституту мають значний досвід комплексного вирішення всіх завдань, що постають при підготовці проектів ВЕС, і можуть надавати наукову, технічну та організаційну підтримку будівництва та експлуатації вітрових електростанцій в Україні.

В Інституті досліджуються також основні питання інтеграції до енергосистеми вітрових і фотоелектричних станцій. Це насамперед проблеми коливання потужності, що генерується; потреба в додатковій резервній потужності в енергосистемі для компенсації коливань потужності, генерованої вітровою або фотоелектричною станцією; можливе погіршення якості електричної енергії в районі приєднання вітроелектростанції чи фотоелектричної станції до електричної мережі; необхідність будівництва нових або підсилення наявних електричних мереж для приєднання вітрових та сонячних електростанцій. Вирішення цих проблем — одне з основних питань інтеграції як вітрових, так і сонячних фотоелектричних станцій до енергосистеми України, що потребує комплексного, системного підходу за участю профільних інститутів та фахівців.

Крім того, в Інституті здійснюються фундаментальні та прикладні дослідження в галузі фізико-технічних проблем енергетичного використання відновлюваних органічних енергоносіїв, фізико-технічних проблем гідроенергетики, геотермальної енергетики та викорис-

тання енергії довкілля. Розроблено оптимальні методи керування турбінами малих гідроелектростанцій при змінних напорах і витратах води, що дозволяє підвищити ККД гідротурбіни в разі неномінальних режимів роботи.

Інститут підтримує тісні зв'язки з українськими та міжнародними організаціями — Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України; Інститутом електродинаміки НАН України; Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України; Інститутом проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України; Інститутом технічної теплофізики НАН України; Інститутом проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України; НТУУ «КПІ»; Міжнародною організацією «Євросолар»; данським «Фолькецентром»; Сонячним центром землі Мекленбург-Передня Померанія (Німеччина); Агентством ООН з промислового розвитку (ЮНІДО) та іншими.

Отже, на сьогодні у світі, серед інших енергетичних технологій, відновлювана енергетика демонструє найбільш динамічний розвиток. Україна має достатній потенціал відновлюваних джерел енергії. Ефективно використовуючи цей потенціал, до 2035 р. можна забезпечити близько 50% загального споживання енергетичних ресурсів з відновлюваних джерел енергії.

З метою подальшого розвитку досліджень у цій галузі та ефективнішого використання технічних рішень, на нашу думку, доцільно створити інформаційно-демонстраційний центр впровадження технологій ВДЕ. Крім того, діяльність цього центру сприятиме розширенню і поглибленню міжнародного співробітництва з розроблення, впровадження й трансферу таких технологій.

REFERENCES

1. Ren21's Renewables 2015. Global Status Report. http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf.
[Відновлювані джерела енергії 2015. Звіт зі світового розвитку. REN21, 2015].
2. Global Wind Energy Outlook 2014. <http://www.gwec.net/publications/global-wind-energy-outlook/global-wind-energy-outlook-2014/>.
[Огляд розвитку вітроенергетики 2014. Всесвітня рада з розвитку вітроенергетики, 2015].
3. World Energy Investment Outlook. 2014. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEIO2014.pdf>.
[Інвестиції у світову енергетику. Спеціальний звіт. Міжнародне енергетичне агентство, 2014].
4. Price quotes updated weekly — PV spot prices. <http://pv.energytrend.com>.
[Спотові ціни на фотоелектричні системи. 06.05.2015].
5. Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine. No 902-p. 01.10.2014. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>.
[Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 01.10.2014. № 902-р].

С.А. Кудря

Институт возобновляемой энергетики НАН Украины (Киев)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ

По материалам научного доклада на заседании Президиума НАН Украины 7 октября 2015 года

Доклад посвящен развитию использования возобновляемых источников энергии как одного из основных приоритетов мировой энергетики. Наличие в Украине значительного энергетического потенциала (ветровая, солнечная, геотермальная энергия, энергия малых рек, биомассы, окружающей среды), научно-технической и промышленной базы создает все предпосылки для масштабного освоения в нашей стране технологий на основе возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, возобновляемые источники энергии, энергоэффективность, энергия ветра, энергия солнца, геотермальная энергия, энергия малых рек, биомасса, энергия окружающей среды.

S.O. Kudria

Institute for Renewable Energy of National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)

STATE AND PERSPECTIVES OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN UKRAINE

According to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine October 7, 2015

The report is dedicated to the development of renewable energy as one of the main priorities of world energy. Ukraine's significant energy potential (wind, solar, geothermal energy, small hydropower, biomass, energy of environment), scientific, technological and industrial base creates conditions for the large-scale development of renewable energy technologies in our country.

Keywords: renewable energy, renewable energy sources, energy efficiency, wind, solar, geothermal energy, small hydropower, biomass, energy of environment.