

УДК 330.5:338.3

Кузнєцова Г.О.

кандидат економічних наук, докторант,
ПВНЗ «Міжнародний університет бізнесу і права»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8048-6631>

РОЗВИТОК ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВІ НАНОТЕХНОЛОГІЙ: ПРОГНОЗОВАНІ ЕФЕКТИ ДЛЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

На прикладі світової і української практики застосування нанотехнологій і наноматеріалів у вітровій і сонячній енергетиці в статті виявлені основні ефекти їх застосування, що є значущими для розвитку української регіональної відновлюваної енергетики і національної економіки в цілому. Найбільш важливі серед них: зміцнення енергетичної безпеки країни та її регіонів; підвищення ефективності генерації електроенергії на мезорівні; зменшення вартості виробництва електричної енергії, отриманої з відновлюваних джерел; зниження, завдяки зростанню пропозиції відновлюваної енергії, цін на оптовому енергетичному ринку, що відповідає інтересам споживачів; отримання крайною економічних переваг лідера в області розвитку новітніх технологій в енергетиці. Обґрунтовано, що активізацію розвитку відновлюваної енергетики доцільно розглядати в якості позитивного чинника вирішення основних проблем у сфері енергетичної безпеки регіонів

Ключові слова: регіональна економіка, паливно-енергетичний комплекс, відновлювана енергетика, відновлювані джерела енергії, сонячна енергетика, вітрова енергетика, нанотехнології, наноматеріали, наноіндустрія, економічні ефекти.

РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ: ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ЭФФЕКТЫ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Кузнєцова Г.А.

На примере мировой и украинской практики применения нанотехнологий и наноматериалов в ветровой и солнечной энергетике в статье выявлены основные эффекты их применения, что является значимым для развития украинской региональной возобновляемой энергетики и национальной экономики в целом. Наиболее важные среди них: укрепление энергетической безопасности страны и ее регионов; повышение эффективности генерации электроэнергии на мезоуровне; уменьшение стоимости производства электрической энергии, полученной из возобновляемых источников; снижение, благодаря росту предложения возобновляемой энергии, цен на оптовом энергетическом рынке, что соответствует интересам потребителей; получение страной экономических преимуществ лидера в области развития новейших технологий в энергетике. Обосновано, что активизацию развития возобновляемой энергетики целесообразно рассматривать в качестве положительного фактора решения основных проблем в сфере энергетической безопасности регионов

Ключевые слова: региональная экономика, топливно-энергетический комплекс, возобновляемая энергетика, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветровая энергетика, нанотехнологии, наноматериалы, наноиндустрия, экономические эффекты.

DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY BASED ON NANOTECHNOLOGY: PROJECTED EFFECTS FOR THE REGIONAL ECONOMY

Kuznyetsova G.O.

On the example of the world and Ukrainian practice of application of nanotechnologies and nanomaterials in wind and solar energy, the article reveals the main effects of their application, which is significant for the development of Ukrainian regional renewable energy and the national economy as a whole. The most important among them are: strengthening the energy security of the country and its regions; improving the efficiency of electricity generation at the meso-level; reducing the cost of producing electricity derived from renewable sources; reduction, due to the growth of renewable energy supply, prices in the wholesale energy market, which corresponds to the interests of consumers; obtaining the country's economic advantages as a leader in the development of new technologies in the energy sector. It is proved that the intensification of renewable energy development should be considered as a positive factor in solving the main problems in the field of energy security of the regions. The desire of regions to sustainable economic growth by reducing energy dependence on the main suppliers of energy resources and increase regional energy security is increasing competition among participants in the global energy market the need for greater use of internal sources of development, including the introduction of energy saving technologies and renewable energy development. The urgency of the problems of achieving international competitiveness on the basis of strengthening the energy security of the regions, the solution of which largely determines the direction of development of the energy sector, is increasingly recognized in many countries of the world, including Ukraine. The timeliness of preparation for the use of innovative energy resources and energy sources, as they are exhausted, replace traditional fossil energy resources, is noted as one of the most important principles of the regional energy policy of Ukraine. All this actualizes the development of domestic renewable energy in the regions according to the megatrend of world energy. Many experts associate the prospects for the development of modern regional energy, renewable first, with the use of nanotechnology and nanomaterials. Nanotechnology contributes to new opportunities for renewable energy and a significant contribution to energy production and conservation. The main directions of effective use of nanotechnology in the energy sector are the use of renewable sources; energy storage; reducing the consumption of materials; the use of alternative materials. All of the above and caused the relevance of this study.

Keywords: regional economy, fuel and energy complex, renewable energy, renewable energy sources, solar energy, wind energy, nanotechnology, nanomaterials, nanoindustry, economic effects.

Постановка проблеми. Прагнення регіонів до забезпечення стійкого економічного зростання за рахунок зниження енергетичної залежності від основних постачальників енергетичних ресурсів та підвищення регіональної енергетичної забезпеченості викликає в умовах наростання конкуренції між учасниками світового енергетичного ринку необхідність активізації використання внутрішніх джерел розвитку, включаючи впровадження енергозберігаючих технологій та розвиток відновлюваної енергетики.

Актуальність проблем досягнення міжнародної конкурентоспроможності на основі зміцнення енергетичної безпеки регіонів, вирішення яких багато в чому визначає напрямки розвитку енергетичного сектора, все більше усвідомлюється в багатьох країнах світу, включаючи Україну. Своєчасність підготовки до використання інноваційних енергоресурсів і джерел енергії, які по мірі вичерпання заміщують традиційні викопні енергоресурси, відзначена в якості одного з найважливіших принципів реалізації регіональної енергетичної політики України. Все це актуалізує розвиток вітчизняної відновлюваної енергетики регіонів відповідно до мегатренду світової енергетики.

Перспективи розвитку сучасної регіональної енергетики, насамперед відновлюваної, багато фахівців пов'язують із застосуванням нанотехнологій і наноматеріалів. Нанотехнології сприяють забезпеченню нових можливостей для використання відновлюваних джерел енергії та суттєвого внеску у виробництво і заощадження енергії. Основними напрямками ефективного використання нанотехнологій в енергетиці стають: використання відновлюваних джерел; зберігання енергії; зменшення споживання матеріалів; використання альтернативних матеріалів. Усе вищезазначене і зумовило актуальність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливі аспекти розвитку відновлюваної енергетики стали предметом дослідження низки зарубіжних науковців. Зокрема, слід відзначити Н. Вагнера, Д. Гілена, М. Делуччі, М. Джейкобсона, Д. Ергіна, І. Коссе, С. Круковську, А. Макрона, У. Мосленера, Дж. Радеке, Д. Сайгіна, Р. Титко, Е. Ушера, Г. Фелль та ін.

Вагомий внесок у розробку теоретико-методичних і науково-прикладних засад розвитку відновлюваної енергетики в Україні зробили вітчизняні дослідники І. Андрійчук, С. Боблях, В. Білодід, П. Васько, Г. Гелетуша, М. Гнідий, Г. Денисенко, О. Дроздова, С. Дубовський, Т. Железна, В. Калініченко, В. Ключ, А. Конеченков, С. Кудря, М. Кулик, П. Кучерук, Ю. Морозов, Н. Мхітарян, О. Новосельцев, Е. Олійник, Г. Півняк, В. Резцов, Ф. Шкрабець та ін.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є аналіз прогнозованих ефектів розвитку відновлюваної енергетики на основі нанотехнологій для економіки на мезорівні.

Виклад основного матеріалу. Наростання конкуренції між учасниками світового енергетичного ринку, загострення екологічних проблем, викликаних використанням викопного палива, економічна і політична нестабільність в світовому господарстві, які виступають факторами нестійкої динаміки світової торгівлі енергоресурсами і волатильності світових цін на них, обумовлюють прагнення країн до забезпечення стійкого економічного зростання за рахунок зниження енергетичної залежності від основних постачальників енергетичних ресурсів та підвищення регіональної та національної енергетичної забезпеченості шляхом активізації використання внутрішніх джерел розвитку, включаючи впровадження енергозберігаючих технологій та розвиток відновлюваної енергетики.

Актуальність проблем досягнення міжнародної конкурентоспроможності на основі зміцнення енергетичної безпеки регіонів, вирішення яких багато в чому визначає напрямки розвитку енергетичного сектора, все більше усвідомлюється в багатьох країнах світу, включаючи Україну. Саме в контексті цих проблем в якості основної мети Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. визначено створення інноваційного та ефективного енергетичного сектору країни та регіонів, адекватного як потребам зростаючої економіки в енергоресурсах, так і зовнішньоекономічним інтересам України, що забезпечує необхідний внесок у соціально орієнтований інноваційний розвиток [2]. Досягнення зазначеної мети вимагає послідовного вирішення комплексу складних завдань, в тому числі: підвищення ефективності відтворення, видобутку і переробки паливно-енергетичних ресурсів для задоволення внутрішнього і зовнішнього попиту на них; модернізації та створення нової енергетичної інфраструктури.

Своєчасність підготовки до використання інноваційних енергоресурсів і джерел енергії, що по мірі вичерпання заміщують традиційні викопні енергоресурси відзначена в якості одного з найважливіших принципів реалізації регіональної енергетичної політики, що забезпечують досягнення енергетичної безпеки України на мезорівні. Все це актуалізує розвиток вітчизняної відновлюваної енергетики відповідно до мегатренду сучасної світової енергетики.

У доповіді «Renewables Global Status Report 2014», підготовленій експертами виконавчого комітету організації Ren21 («Renewable Energy Policy Network for the 21st Century»), зазначалося, що відновлювана енергія забезпечила, за оцінками, 19 % глобального енергоспоживання в 2012 р., і цей показник продовжував рости в 2013 році. До кінця 2013 р. Китай, США, Брази-

лія, Канада і Німеччина залишалися лідерами за обсягами потужностей відновлюваних джерел енергії. На початок 2014 р. як мінімум 144 країни мали чіткі цілі в сфері розвитку відновлюваної енергетики, 138 – здійснювали політику її підтримки, 19 – взяли зобов'язання в цій сфері на національному та регіональному рівнях, у ряді країн в цих цілях застосовувалися заходи фіскального та адміністративного характеру. У сфері відновлюваної енергетики в світі прямо або опосередковано зайняті близько 6,5 млн осіб [4].

Використання відновлюваних джерел енергії зростає в країнах Азії, Латинської Америки, Середнього Сходу та Африки, причому нові інвестиції вкладаються практично в усі технології відновлюваної енергетики. Для вирішення проблеми забруднення повітря при спалюванні вугілля в багатьох великих містах світу реалізуються комплексні екологічні програми, що включають модернізацію енергетики. Близько 80% міст регіонів США використовують відновлювані джерела енергії, причому в десяти найбільших їх частка становить від 3 до 17 %.

У Європейському Союзі в 2012 р. 70 % додаткових енергетичних потужностей склали відновлювані джерела, переважно сонячної та вітрової енергії. Вітрова і Сонячна енергетика отримали найбільший розвиток в Данії та Італії, де в 2012 р. 30 % електрики було отримано від вітрових установок і 5,6% – від сонячних [6]. Німеччина, Іспанія і Данія виробляють 75 % всієї вітрової енергії в Європі.

У Німеччині до 2009 р. в сектор відновлюваної енергетики було інвестовано близько 20 млрд євро, створено понад 300 тис. робочих місць [10]. У таких федеральних землях, як Саксонія – Анхальт, Мекленбург – Форпоммерн і Шлезвіг – Гольштейн частка вітрової енергетики вже перевищує 40%. У 2012 р. відновлювані джерела забезпечили 22,9 % енергоспоживання в Німеччині (на 20,5% більше ніж в 2011 році). Хоча роль традиційної енергетики як і раніше є значною, а отримання атомної енергії буде використовуватися в якості «перехідної» технології, до 2020 р. Всі країни ЄС зобов'язані на 20 % забезпечити себе відновлюваною енергією.

В контексті вирішення цієї стратегічної задачі в Німеччині здійснюється проект «енергетичного повороту», який, за словами віце-канцлера ФРН Зігмара Габріеля, у найближчому майбутньому стане одним з найбільш важливих економіко-політичних проектів Німеччини [3], забезпечуючи вихід регіонів країни з атомної енергетики, збільшення частки відновлюваних джерел енергії, зменшення залежності від міжнародного імпорту нафти і газу, реалізацію політики щодо захисту клімату, розвиток нових технологій та інноваційних галузей економіки, створення нових робочих місць. У секторі відновлюваної енергетики країни вже зайняті 380 тис. осіб – набагато більше, ніж у секторі традиційної енергетики. На ці регіональні робочі місця (на виробництвах, в монтажі, обслуговуванні, проектуванні) не можуть залучатися зовнішні ресурси. У сонячні і вітряні дні сонячні панелі і вітрові турбіни забезпечують до половини потреби країни в електриці. Останні розрахунки показують, що Німеччина перевиконає свої зобов'язання з розвитку відновлюваної енергії і отримає більше 40 % всієї виробленої енергії від відновлюваних джерел до 2020 року [1].

Перехід до високоефективної відновлюваної енергетики Німеччини вимагає великомасштабних інвестицій у розмірі приблизно до 200 млрд євро. Однак парадокс в тому, що відновлювана енергія, яка вважається дорожчою, ніж традиційна, стає все більш дешевою в міру розвитку цієї сфери, в той час як традиційна енергія стає дорожчою. Крім того, викопна енергія досі значною мірою субсидується, а в її ціну не включається відображення негативного впливу на навколишнє середовище. В 2012 р. завдяки вітровій і сонячній енергії ціни на оптовому енергетичному ринку Німеччини знизилися більш ніж на 10 %, що дуже сприятливо позначилося на розвитку енергоємних видів виробництва. Заміщення імпорту енергоносіїв виробництвом власної відновлюваної енергії сприяло покращенню торговельного балансу та зміцненню енергетичної незалежності. Завдяки відновлюваній енергії Німеччина стала привабливим місцем розміщення енергоємних

виробництв. Все це стало сприятливими факторами більш швидкого виходу ФРН з економічної та фінансової кризи в порівнянні з іншими країнами ЄС [5].

Отримання значного економічного ефекту здійснення енергетичного повороту слід очікувати не тільки в короткостроковій, але і середньостроковій перспективі. Ринковий попит на сонячні панелі, вітрові турбіни, станції спалювання біомаси, батареї і системи акумуляції енергії, «розумне» мережеве обладнання та енергоефективні технології постійно зростає і буде інтенсивно рости в перспективі. З урахуванням цього Німеччина прагне до отримання економічних переваг лідера в області розвитку новітніх технологій у цій сфері.

Перспективи розвитку сучасної регіональної енергетики, насамперед відновлюваної, багато фахівців пов'язують із застосуванням нанотехнологій і наноматеріалів, враховуючи стратегічну значимість нанотехнологій як каталізаторів інноваційної модернізації економіки, створення потужних інтернальних і екстернальних імпульсів і ефектів її розвитку, стимулювання сталого зростання не тільки сфери енергетики, а й регіональної економіки в цілому. Фахівці Американського інституту національних стандартів (American National Standards Institute, ANSI) вважають, що сталий розвиток нанотехнологій визначає інновації та економічне зростання практично у всіх галузях, включаючи відновлювану енергетику [5]. Результати нового дослідження, проведеного вченими з Міжнародної електротехнічної комісії (International Electrotechnical Commission, IEC) та німецького Фраунгоферського інституту системних та інноваційних досліджень (Fraunhofer Institut für System und for Innovations schung, ISI), свідчать про те, що масове впровадження нанотехнологій принесе енергетичному сектору регіонів масштабні економічні ефекти.

Нанотехнології сприяють забезпеченню нових можливостей для використання відновлюваних джерел енергії і вносять істотний внесок у виробництво і заощадження енергії. Основними напрямками ефективного використання нанотехнологій в енергетиці стають [3]:

- використання відновлюваних джерел (сонячні батареї, термоелектричні прилади, паливні елементи);
- зберігання енергії (акумуляторні батареї та суперконденсатори, водневі баки);
- зменшення споживання матеріалів (наприклад, створення більш легких і /або інших конструкційних матеріалів або збільшення їх активності);
- використання відновлюваних (більш поширених) матеріалів (наприклад, заміна рідкоземельних елементів на наноструктуровані оксиди металів при каталізі).

До 2015 р. матеріали і процеси на основі нанотехнологій, згідно з прогнозами, оцінюються в 4,92 млрд дол. США. Проникнення нанотехнологій у сферу енергетики досягне до цього часу рівня 36,3 % (частка продуктів, пов'язаних з енергетикою, які будуть містити в собі в тій чи іншій формі результати застосування нанотехнологій). Розподіл доходів від введення нанотехнологій по секторах сфери енергетики буде виглядати наступним чином: найбільша частка припаде на накопичення енергії і перетворення енергії сонячного випромінювання [7].

До числа очікуваних економічних ефектів введення нанотехнологій, що замінюють деякі матеріали новими, експерти відносять більшу ефективність таких сполук по співвідношенню «ціна-якість». Використання унікальних фізичних властивостей матеріалу, що з'являються за умови його наноструктурування, дає нові можливості підвищення продуктивності акумуляторів і паливних елементів за допомогою нанотехнологій. Так, застосування наноструктурованих тонких плівок сприяло збільшенню терміну життя каталізаторів в полімер-електролітних мембранах. Унікальні властивості наноматеріалів використовуються і для вирішення інших завдань щодо поліпшення роботи батарей і акумуляторів [8]. Вуглецеві нанотрубки дозволяють запасати більшу кількість енергії в порівнянні з традиційними графітними електродами. Електроди на основі моношарових вуглецевих нанотрубок збільшують продуктивність як акумуляторів, так і паливних елементів. На підприємствах компанії «Toshiba», наприклад, використо-

вують наночастинки для зменшення редукції рідкого органічного електроліту при перезарядці літій-іонних батарей [6].

Особливо актуальні нанотехнології в області зберігання енергії і сонячної енергетики регіонів [16].

Значні втрати електроенергії на її шляху до споживача, які досягають 4-9 % в країнах Європи, 7-10 % в США і Канаді, 13-14 % – в Україні, як і раніше відносяться до числа найбільш значущих проблем розвитку енергетичного сектора світової економіки [9].

В умовах очікуваного до 2035 р. 30 %-го збільшення світового попиту на енергію і обумовленої цим інтенсифікації розвитку відновлюваної енергетики, нанотехнології та нові наноматеріали стануть фактором взаємопов'язаного і взаємообумовленого розвитку відновлюваних джерел енергії та систем її зберігання.

Більш сміливі та ефективні системи зберігання енергії необхідні для цілого ряду відновлюваних джерел енергії, які виробляють електрику нерівномірно – при наявності вітру, сонця, потужних хвиль, тощо. Рациональне використання таких відновлюваних джерел енергії можливе лише при наявності інноваційних систем зберігання виробленої енергії, які здатні накопичувати її в періоди низького попиту і направляти споживачам в періоди його активізації.

Фахівці Міжнародної електро-технічної комісії в опублікованій в 2016 р. доповіді «Нанотехнології в секторах сонячної енергетики та зберігання енергії» («Nanotechnology in the sectors of solar energy and energy storage») зробили висновок про те, що багато аспектів розвитку зазначених секторів безпосередньо пов'язані з застосуванням нанорозмірних матеріалів, а для деяких галузей цієї сфери використання нанотехнологій може навіть стати умовою успіху [7].

Основними економічними перевагами використання нанотехнологій у сфері енергетики є підвищення ефективності матеріалів і зниження виробничих витрат.

У перспективі наноматеріали дозволять досягти значного підвищення ємності акумуляторних батарей, зростання ККД і здешевлення виробництва сонячних панелей, продовження терміну корисної експлуатації фотоелектричних елементів та акумуляторних батарей для великих систем зберігання енергії.

Так, використання наноматеріалів при виробництві літій-іонних акумуляторів дозволить значно збільшити їх питому енергоємність. Експерти відзначають, що мова йде про найбільший прорив в області масового виробництва систем зберігання енергії з початку 90-х рр. минулого століття. Більш висока ефективність використання літій-іонних батарей визначається наступними факторами: високою енергоємністю, що потребує меншої кількості самих батарей; тривалим терміном служби (мінімум 13 років, а не два, як у свинцево-кислотних батареях); нижчими витратами на капітальне будівництво; легкою установкою на громадських станціях різної потужності.

У сфері відновлюваної енергетики літій-іонні батареї можуть бути використані як накопичувачі електроенергії, які виробляються:

- сонячними електростанціями, що дозволить забезпечити споживачів електроенергією в періоди зниження сонячної інсоляції внаслідок погодних умов;
- вітрогенераторами, забезпечуючи споживачів електроенергією в періоди зниження швидкості руху повітряних потоків;
- приливними і хвильовими електростанціями для постачання споживачам електроенергії в періоди зниження природної активності цих природних джерел енергії.

Використання нанотехнологій вже в сучасних умовах дозволяє значно підвищити ефективність генерації електроенергії регіонів.

Значний прорив у підвищенні ККД перетворення енергії сонячного світла в електрику на основі застосування нанотехнологій вдалося зробити у вересні 2013 р. вченими: Інституту соняч-

них енергетичних систем Фраунгофера (The Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE); французької компанії «Soitec» – одного зі світових лідерів по створенню і виробництву революційних напівпровідникових матеріалів для електроніки і енергетики; французького технологічного дослідного інституту «CEA-Leti», що входить в структуру фінансованої державної Комісії з альтернативної та ядерної енергетики (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, CEA); Берлінського центру Гельмгольца. Учені з Німеччини і Франції досягли рекордного ККД перетворення енергії сонячного світла в електрику (44,7 % всієї сонячної енергії) за допомогою нової чотирьокаскадної конструкції сонячного елемента [8]. У травні 2013 р. дослідники вже заявляли про створення сонячного елемента з ККД 43,6%. За три місяці інтенсивної дослідницької роботи та оптимізації ККД цей результат вдалося збільшити на 1,1% [6].

Створені ними сонячні елементи використовуються в фотогальванічних електрогенеруючих установках, які дозволяють більш ніж у два рази збільшити ефективність традиційних сонячних батарей за рахунок концентрації сонячного світла на елементі. Багатокаскадні сонячні елементи, в яких окремі каскади, зроблені з різноманітних напівпровідникових з'єднань на основі нанотехнологій, поглинають різні діапазони довжин хвиль сонячного спектра, в сучасних умовах вважаються найперспективнішою технологією досягнення високої ефективності перетворення сонячного світла в електрику. Це досягнення є важливим кроком на шляху до подальшого зменшення вартості виробництва електрики, отриманої з сонячної енергії.

Крім того, для виробництва сонячних батарей при застосуванні наноматеріалів потрібно менше ресурсів, що також дозволить підвищити економічну ефективність сонячної енергетики.

У зв'язку з цим промислові та енергетичні компанії, а також наукові організації у багатьох країнах світу, включаючи Україну, найближчим часом будуть проявляти все більший інтерес до застосування нанотехнологій та наноматеріалів у відновлюваній і традиційній енергетиці [7].

Активізацію розвитку відновлюваної енергетики можна обґрунтовано розглядати в якості позитивного чинника вирішення основних проблем у сфері енергетичної безпеки регіонів:

- монозалежності економіки та енергетики від природного газу, частка якого у структурі внутрішнього споживання паливно-енергетичних ресурсів становить близько 53 %;
- невідповідності виробничого потенціалу паливно-енергетичного комплексу світовому науково-технічному рівню, включаючи екологічні стандарти;
- слабого розвитку енергетичної інфраструктури деяких частин регіонів;

В регіонах України централізованим енергопостачанням охоплена переважна частина територій, але, слід наголосити, що існує частина, яка знаходиться в зоні децентралізованого та автономного енергопостачання [6]. Перспективним рішенням цієї проблеми може стати розвиток у господарському просторі регіонів таких районів «малої енергетики» – місцевих електростанцій, що працюють на відновлюваних джерелах енергії.

З урахуванням стратегічної значущості отримання економічних ефектів від розвитку наноіндустрії в українській господарській практиці на мезорівні, реалізація подібних проєктів у сфері енергетики та в її альтернативному секторі здійснюється за участю державних інститутів розвитку, вітчизняних мегасайенс-центрів, вітчизняних та іноземних приватних інвесторів.

Висновки. Таким чином, найбільш істотними ефектами реалізації нанотехнологічних проєктів у сфері відновлюваної енергетики в короткостроковій і середньостроковій перспективі, значущими для економіки регіонів України в цілому, стане:

- зміцнення енергетичної безпеки регіонів на основі активізації використання відновлюваних джерел енергії в міру виснаження традиційних;
- підвищення ефективності генерації електроенергії за рахунок вдосконалення технологій виробництва і перетворення енергії, отриманої з відновлюваних джерел, збільшення обсягів перетвореної енергії в електрику, скорочення тривалості відповідних процесів;

- зменшення вартості виробництва електричної енергії, отриманої з використання відновлюваних джерел, внаслідок: зменшення споживання використовуваних матеріалів і підвищення їх ефективності за умови застосування наноматеріалів (володіють більшою ефективністю по співвідношенню «ціна – якість»);
- зниження виробничих витрат;
- розробка та застосування інноваційних систем акумулювання і зберігання виробленої електроенергії, а також нових технологій енергозбереження на мезорівні;
- підвищення на цій основі економічної ефективності сектору відновлюваної енергетики регіонів;
- зниження завдяки зростанню пропозиції відновлюваної енергії цін на оптовому енергетичному ринку, що відповідає інтересам споживачів;
- скорочення, в результаті використання інноваційних технологій виробництва відновлюваної енергії, негативного впливу застосовуваних традиційних джерел (забруднення повітря, парниковий ефект та ін.) на оточуюче середовище і пов'язаних з нейтралізацією такого негативного впливу витрат;
- отримання регіонами економічних переваг лідера в області розвитку новітніх технологій у цій сфері, що забезпечує рівноправне становище на ринку високотехнологічних енергетичних продуктів і послуг з обмеженим колом учасників, а також участь у створенні глобальних механізмів одержання і перерозподілу ренти від монополії на унікальні знання і високі технології.

1. Гнідий М. В. *Методологія визначення теоретичного потенціалу енергозбереження на різних рівнях управління економікою. Проблеми загальної енергетики.* 2016. № 15. С. 121.
2. Заблодська І. В. *Регіональні ресурси : теорія та практика використання : монографія / І. В. Заблодська, С. М. Ахромкін, Н. І. Горячих та ін. ; Нац. акад. наук України, Ін-т екон.-правов. дослідж., Луган. філія. Луганськ. Ноулідж.* 2010. 354 с.
3. *Нанотехнологии на рынке энергетики в 2016 году. Российские нанотехнологии.* 2017. Т. 4, № 11-12. С. 20-22.
4. Находов В. Ф. *Аналіз діючих в Україні методик нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів. Промелектро.* 2007. № 2. С. 42-48.
5. *Зробити енергетичний поворот успішним проектом. Deutschland.de.* 2014. № 1. С. 28-33.
6. Caille A. *Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation.* London : World Energy Council, 2017. 122 p.
7. Matsui, I. *Preparation of Monodisperse FePt Nanoparticles and Magnetic Films. Toshiba Review.* 2017. Vol. 62, № 1. Available at: <http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2017/01/index.htm>. (access date: 02.03.2017)
8. *Nanotechnology in the sectors of solar energy and energy storage. Technology Report / International Electrotechnical Commission. Geneva, Switzerland : IEC, 2016. 101 p.*
9. *Renewables Global Status Report 2017. Paris : Ren21, 2017. 176 p. Available at: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2017/gsr2017_lowres.pdf. (access date: 02.03.2017)*
10. *World Record Solar Cell with 44.7 % Efficiency : Fraunhofer ISE Press Release 22/16, September 23, 2016. Available at: http://www.ise.fraunhofer.de/en/press-and-media/press-releases/presseinformationen-2016/world-record-solar-cell-with-44.7-efficiency?set_language=en. (access date: 03.03.2017)*