

*Н. В. Пришляк,  
к. е. н., старший викладач кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних  
джерел енергії, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця*

DOI: 10.32702/2306-6814.2018.21.15

## ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА В ІНДІЇ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

N. Pryshliak,  
PhD in Economics, Senior Lecturer of the Administrative Management  
and Alternative Energy Department, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia

### RENEWABLE ENERGY IN INDIA: CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

**Індія характеризується високими темпами економічного та промислового розвитку, попит на енергоресурси в Індії постійно зростає. Понад 17% світового населення проживає в Індії, що робить її значним споживачем енергетичних ресурсів. Індія, яка налічує 1,17 мільярда людей, є другою за кількістю населення країною у світі. В умовах стрімкого підвищення цін на традиційні енергоносії, інтенсивного та постійно зростаючого споживання викопного палива та рядом соціально-екологічних проблем, формуються нові світові погляди відносно розвитку та популяризації відновлювальних джерел енергії. За таких умов відновлювальні енергетичні ресурси розглядаються як важливий інструмент забезпечення економічного зростання та розвитку. Сталий розвиток потребує надійного постачання енергії за доступною ціною, що має низький вплив на навколишнє середовище та низький рівень викидів парникових газів. Проте 85% споживання первинної енергії походить з традиційних викопних видів палива. Зростання споживання викопних видів палива у світі протягом останніх декількох десятиліть спричинило посилення викидів парникових газів, що призвело до проблем зміни клімату. Індія є четвертим найбільшим емітером CO<sub>2</sub> у світі після Китаю, США та Європейського Союзу. Відновлювана енергія — це один з екологічно чистих джерел енергії. У ході дослідження проаналізовано сучасний стан розвитку відновлюваної енергетики в Індії. Здійснено порівняння загальної структури енергоспоживання та структури відновлювальних джерел енергії в Індії. Проведено аналіз потенціалу відновлюваної енергетики в Індії та визначено плани до 2020 року. Побудовано прогнозну структуру відновлюваних джерел енергії в Індії до 2030 року. Проаналізовано особливості експорту та імпорту сонячних панелей в Індії. Визначено соціально-економічні переваги від розвитку галузі відновлюваних джерел енергії в Індії.**

**India is characterized by high rates of economic and industrial development, the demand for energy in India is constantly increasing. More than 17% of the world's population lives in India, which makes it a significant consumer of energy resources. India, which has 1.17 billion people, is the second largest nation in the world. In the conditions of rapid increase of prices for traditional energy sources, intensive and constantly increasing consumption of fossil fuels and a number of social and environmental problems, new trends are emerging regarding the development and popularization of renewable energy sources. Under such conditions, renewable energy resources are considered as an important tool for economic growth and development. Sustainable development requires reliable energy supply at an affordable price, that has a low impact on the environment and low greenhouse gas emissions. However, 85% of primary energy consumption comes from traditional fossil fuels.**

***The increase in the consumption of fossil fuels in the world over the past few decades had led to an increase in greenhouse gas emissions, that caused the problems of climate change. India is the fourth largest emitter of CO<sub>2</sub> in the world after China, the US and the European Union. Renewable energy is one of the clean energy sources. The study analyzes the current state of development of renewable energy in India. A comparison of the overall structure of energy consumption and the structure of renewable energy in India has been conducted. An analysis of the potential of renewable energy in India has been conducted and plans for the year 2020 have been identified. The forecast structure of renewable energy sources in India up to 2030 has been constructed. Features of export and import of solar panels in India have been analyzed. Socio-economic benefits from the development of the renewable energy industry in India have been determined.***

*Ключові слова: відновлювана енергія, сонячна енергія, вітрова енергія, енергія біомаси, скорочення викидів.*

*Key words: renewable energy, solar energy, wind energy, biomass energy, emission reductions.*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Соціально-економічна характеристика Індії робить її унікальною серед найбільш енергоємних країн у світі. Дохід на душу населення є низьким, але, як очікується, він буде швидко зростати, коли Індія стане найбільш густонаселеною країною світу до кінця цього десятиліття. Населення та економічне зростання у поєднанні з прискоренням урбанізації збільшать кількість людей, що мешкають у містах, з приблизно 435 мільйонів у 2015 році до 600 мільйонів до 2030 року. Переважання міського населення означатиме стрімке зростання попиту на електроенергію.

З економічної точки зору вплив забруднення повітря на здоров'я людини призводить до втрат близько 3% річного валового внутрішнього продукту Індії. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, у 2010 році кількість смертей від забруднення атмосферного повітря досягла 700 тисяч [9]. Крім того, 400 мільйонів індійців (90% з них жінки) піддаються впливу респіраторних, легеневих і зорових захворювань, пов'язаних із забрудненням повітря всередині приміщень від спалювання традиційних видів біопалива. Вирішення питання забруднення атмосферного повітря та повітря всередині приміщень повинно вирішуватися за допомогою екологічно чистих і стійких джерел енергії в сільських і міських районах.

Відновлювані джерела енергії та технології мають потенціал для вирішення енергетичних проблем, з якими стикаються країни, що розвиваються. Енергія вітру, сонячна енергія, геотермальна енергія, енергія океану та енергія біомаси можуть бути використані для подолання дефіциту енергії. Індія відіграє провідну роль у розробці та впровадженні технологій з відновлюваної енергетики. Просування поновлюваних джерел енергії в Індії набуло великого значення в останні роки з огляду на високі темпи зростання споживання енергії, значну залежність від імпорту для задоволення попиту на нафтові палива та нестабільність світового нафтового ринку.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженням особливостей розвитку відновлюваних джерел енергії присвячено ряд праць зарубіжних та вітчизняних науковців. Зокрема, вивченням сучасно-

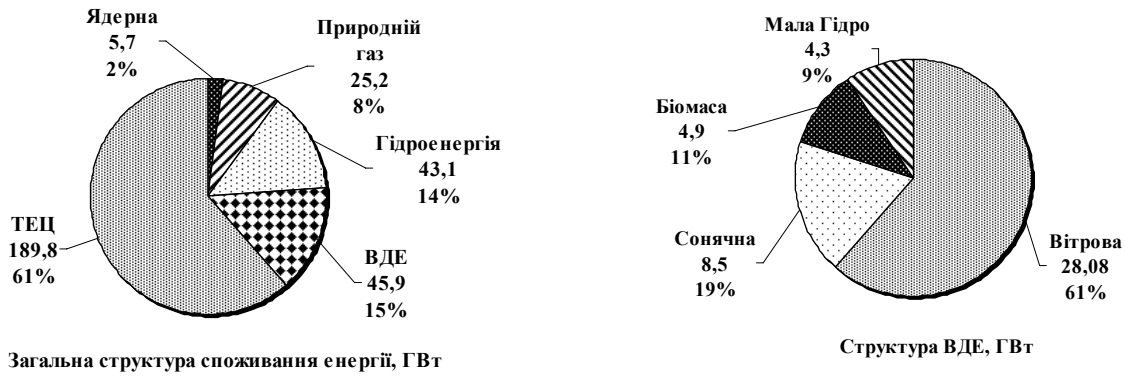
го стану та перспектив розвитку відновлюваної енергетики в Індії займалися С.С. Чандель, Р. Шривастава, В. Шарма П. Рамасами [1], Л.Трипаті, А.К. Мішра, А.К. Дубей, К.Б. Трипаті, П. Бередар [7] та ін. Серед вітчизняних науковців, що присвятили свої праці галузі альтернативної енергетики та біотехнологій варто відзначити праці Г. Калетніка [3], Г. Гелетухи та ін. Проте подальшого вивчення потребує питання ефективності впровадження відновлюваних технологій та їх впливу на добробут та життя людей.

## ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою дослідження є: (1) аналіз сучасного стану розвитку відновлюваної енергетики в Індії; (2) порівняння загальної структури енергоспоживання та структури відновлювальних джерел енергії в Індії; (3) аналіз потенціалу відновлюваної енергетики в Індії та плани до 2020 року; (4) аналіз експорту та імпорту сонячних панелей в Індії; (5) визначення соціально-економічних переваг від розвитку галузі відновлюваних джерел енергії в Індії.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Енергетична "самодостатність" була визначена як головний пріоритет розвитку нової та відновленої енергетики в Індії внаслідок двох потужних енергетичних криз 1970-х років. У країні сектор поновлюваних джерел енергії знаходиться у відомстві Міністерства нових і поновлюваних джерел енергії. Основною метою Міністерства є розробка та сприяння впровадження нових та поновлюваних джерел енергії для покращення енергетичних потреб країни. Міністерство сприяло реалізації програм широкого спектру, в тому числі використання поновлюваних джерел енергії, відновлювальних джерел енергії в сільській місцевості для освітлення, приготування їжі, використання відновлюваної енергії у міських, промислових та комерційних цілях та розробку альтернативних видів палива. Основними факторами, що сприяли розробці та впровадженню нових і відновлюваних джерел енергії в Індії були необхідність зміцнення енергетичної безпеки, дефіцит електроенергії, необхідність доступ до енергії (особливо у сільській місцевості), зміни клімату тощо.



**Рис. 1. Загальна структура енергоспоживання та структура відновлювальних джерел енергії в Індії, 2016 р.**

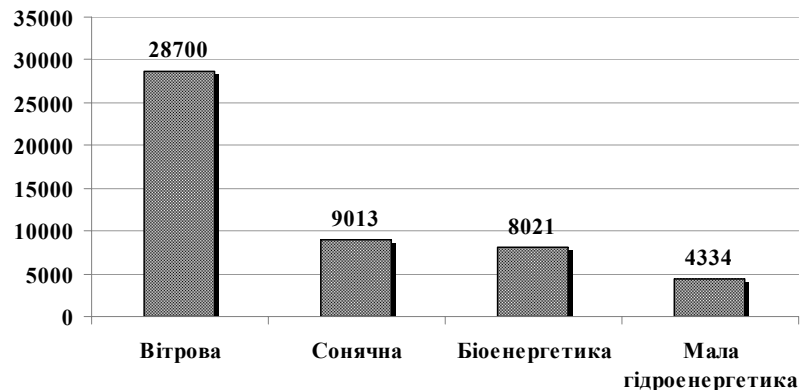
Джерело: сформовано автором за даними [5].

Індія — третій за величиною світовий виробник електроенергії, загальна встановлена потужність становить 326 832,55 МВт. З них 66,80% походить від теплової енергії (58,79% від вугілля, 7,75% від газу та 0,26% від нафти), 2,07% від ядерної енергії, 13,61% від великих гідроелектростанцій та 17,51% від інших поновлюваних джерел енергії [6].

Індія, яка є найбільшим емітером парникових газів після США та Китаю, значно прогресувала у своїх зобов'язаннях щодо просування відновлюваних джерел енергії. Цей перехід отримав поштовх після прийняття Закону про електроенергію 2003 року, який посилив політичний процес у напрямі підтримки відновлюваних джерел енергії. Також зниження витрат на встановлення альтернативних енергетичних систем, таких, як сонячні фотоелектричні системи та вітрові генератори, посилили можливість використання відновлюваної енергії.

Відновлювана енергія в Індії зафіксувала колосальне зростання протягом останнього півтора десятиліття. У 2002 році виробнича потужність відновлювальної енергетики становила дуже невелику частку у загальній виробничій потужності в країні — на рівні 3,2% (3,4 ГВт). Проте з 2002 по 2016 рік сектор зазнав потужного розвитку, і на кінець 2016 року частка відновлюваної енергетики становила 45,9 ГВт (15% від загального споживання енергії) (рис. 1).

Валова встановлена потужність відновлюваної енергетики в країні становила близько 50 ГВт станом на 1.01.2017 року. Сонячна енергія, вітрова, енергія біомаси та малі гідроелектростанції склали близько 16 відсотків від загальної встановленої потужності електроенергії. За останні п'ять років у галузі поновлюваних джерел енергії спостерігалось більш ніж 20-відсоткове зростання. Із загальної встановленої потужності відновлюваної енергії в 14400 МВт на початку 2009 року вона досягла потужності 50068 МВт наприкінці 2016 року. Енергія вітру продовжує домінувати в галузі відновлюваних джерел енергії в Індії, на неї припадає понад 57,4% встановленої потужності (28700 МВт), далі — сонячна енергія (9013 МВт), біоенергетика (8021 МВт) і мала гідроенергія (4334 МВт), як показано на рисунку



**Рис. 2. Встановлена потужність відновлюваної енергетики в Індії у 2016 році, МВт**

Джерело: сформовано автором за даними [5].

2. Індія займає четверте місце в світі з встановленою потужністю вітроенергетики (28,7 ГВт).

Враховуючи, що Індія планує до 2030 року скоротити викиди на 33—35%, поновлювана енергетика розглядається як важливий внесок у скорочення викидів. Виходячи з припущення, що вітрова та сонячна енергія (найбільші вкладники у збільшення потужності у відновлюваних джерелах енергії в 2016—1917 роках) замінили видобуток палива на основі вугілля, за оцінками, в поточному році кількість викидів CO<sub>2</sub> скоротилася приблизно на 62,72 млн тонн. Крім того, близько 256,95 млн тонн викидів CO<sub>2</sub> можна уникнути, якщо Індія досягне своєї цілі генерації 160 ГВт від вітрової і сонячної енергії до 2022 року [5].

База даних поновлюваних джерел енергії в країні постійно оновлюється. Національний інститут вітроенергетики, раніше відомий як Центр вивчення вітрової енергетики, розробив Вітровий Атлас Індії. Цей інститут також збирає дані від станцій щодо оцінки сонячної радіації для визначення доступності сонячної радіації та розробки Сонячного Атласу країни. Індійський інститут науки Бенгалуру розробив Атлас Біомаси Індії, а Альтернативний гідроенергетичний центр Індійського технологічного інституту провів оцінку малого гідроенергетичного потенціалу в країні. Потенціал відновлюваної енергії Індії становить близько 900 ГВт з комерційно доступних джерел. Сонячна енергія має найбільший потенціал, з оцінкою 750 ГВт (з урахуванням використання 3% території, що пустують, для сонячних ус-

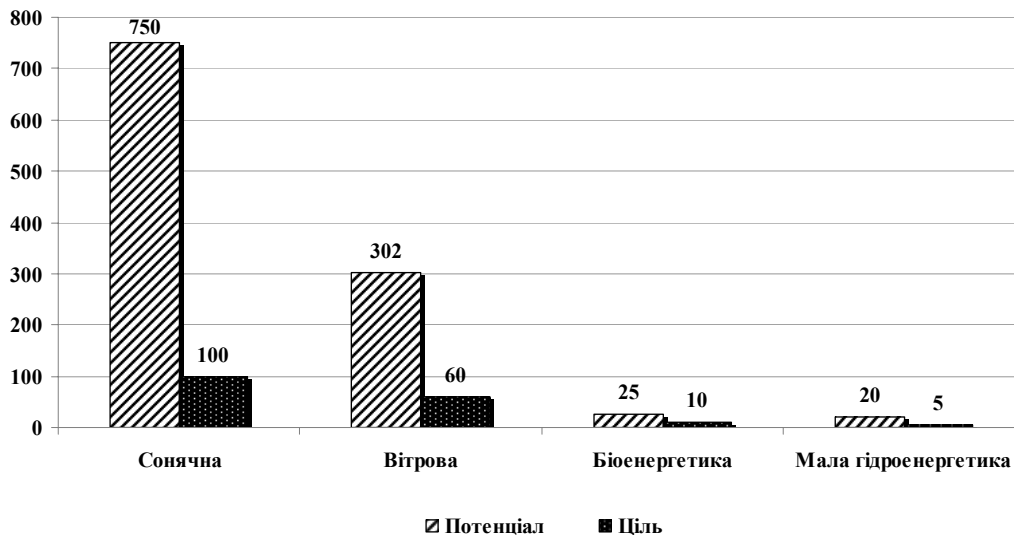


Рис. 3. Потенціал відновлюваної енергетики в Індії та плани до 2020 року

Джерело: сформовано автором за даними [6].

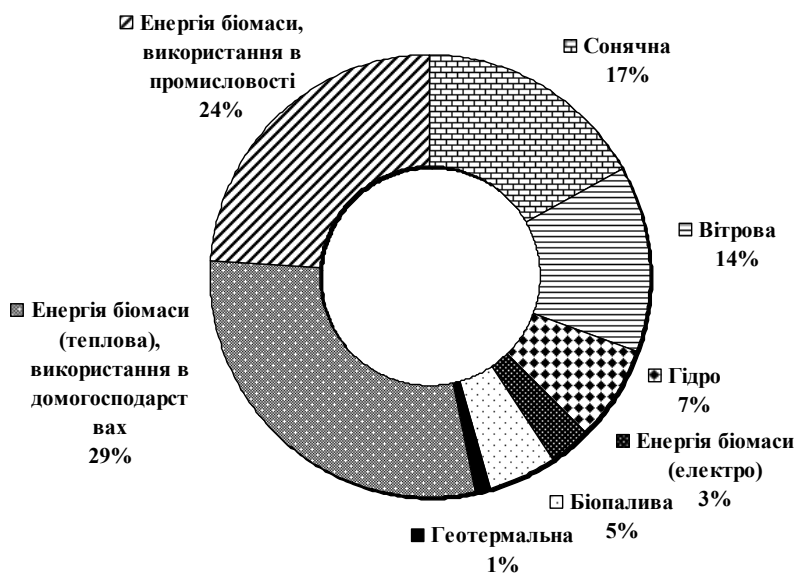


Рис. 4. Прогнозована структура відновлюваних джерел енергії в Індії у 2030 році

Джерело: сформовано автором за даними [6].

тановок), далі — вітрова енергетика — 102 ГВт (при висоті щогл 80 м), мала гідроенергетика — 20 ГВт, біоенергетика — 25 ГВт і сонячна енергетика — 750 ГВт (з урахування розміщення сонячних батарей на площі 3% від загальної площі країни на ділянках, що не використовуються).

Уряд Індії підвищив цілі щодо потужності відновлюваної енергетики до 2022 року до 175 ГВт, що включає в себе 100 ГВт від сонячної енергії, 60 ГВт від вітру, 10 ГВт від біоенергії та 5 ГВт від малих гідроенергетичних установок. На рисунку 3 показано потенціал відновлюваної енергії у порівнянні з цілями використання відновлюваної енергетики до 2022 року. Міністерство запровадило широкий спектр схем фіскальної та фінансової підтримки та здійснює сприятливу політику для досягнення цієї мети.

Індія може до кінця 2030 року збільшити обсяг споживання відновлюваних джерел енергії до 222 млн тонн нафтового еквіва-

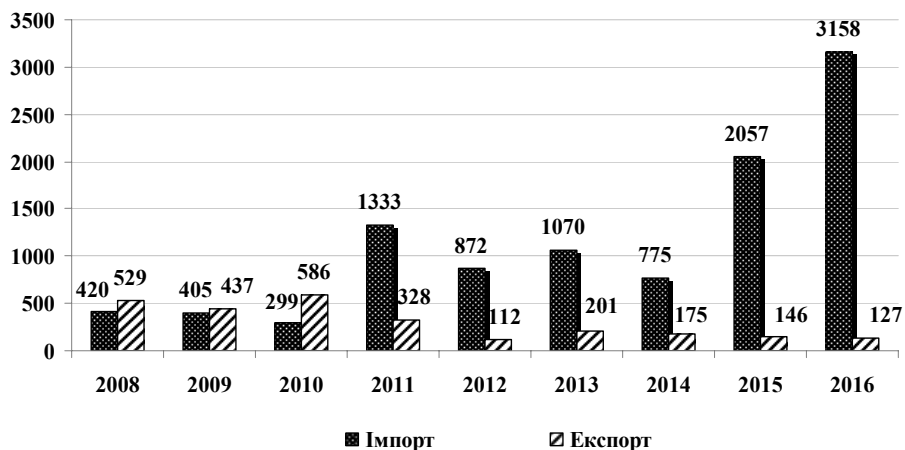
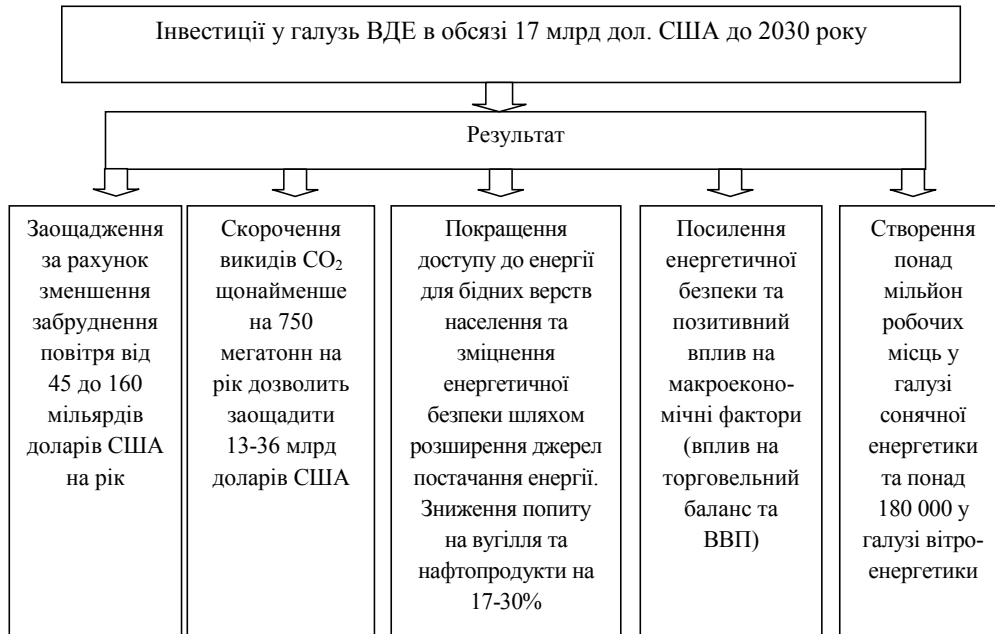


Рис. 5. Експорт/імпорт сонячних панелей в Індії у 2016 р., млн дол. США

Джерело: сформовано автором за даними [6].



**Рис. 6. Соціально-економічні переваги від розвитку галузі відновлюваної енергетики в Індії**

Джерело: сформовано автором за даними [1; 5; 7].

ленту, що становитиме одну четверту загальної кінцевої енергетичної потреби країни. Однак досягнення цього показника вимагає більшого, ніж нарощування виробництва поновлюваної енергії. Електроенергія становитиме близько 40% від загального обсягу кінцевого споживання поновлюваних джерел енергії в країні до 2030 року. Решта 60% відновлюваних джерел енергії буде використовуватися для опалення, охолодження та транспорту. Структуру відновлюваних джерел енергії у 2030 році наведено на рисунку 4.

Негативний вплив на розвиток галузі сонячної енергетики здійснює масштабний імпорт фотоелектричних панелей. Відсоток імпортованих панелей у порівнянні з загальною встановленою потужністю за три роки (2012, 2013 та 2016 рр.) становить 92%, 52% та 70% відповідно. Причини такого значного відсотку імпорту різноманітні: недостатня виробнича потужність у країні, джерела постачання з дешевих місць виробництва, як от Китай, використання для виробництва панелей технологій, які не виробляються на національному ринку тощо. Нині вартість вітчизняних сонячних панелей на 15% вища від імпортних. Відсутність вертикально інтегрованого внутрішнього ланцюга постачання панелей (починаючи з видобутку кремнію) перешкоджає економічно ефективному виробництву сонячних панелей в Індії. Імпорт сонячних панелей в Індію збільшувався і досяг максимуму в 2016 році (на рівні 3157 млн дол. США) у зв'язку з високим внутрішнім попитом. У 2016 році Китай склав приблизно 84% імпорту сонячних панелей в Індію. Крім того, Індія також поставляє PV-панелі для багатьох країн, головними країнами експорту є Великобританія, Бельгія, Непал, США, Італія тощо. Хоча обсяги імпорту значно зросли, експорт характеризувався різким скороченням на 76,03% відсотків у період з 2008 по 2016 рік. Обсяги експорту та імпорту PV-панелей наведено на рисунку 5.

Відповідно до доповіді американської дослідницької організації "Інститут енергетичної економіки та

фінансового аналізу" у 2016 році, державні та приватні інвестиції в сектор відновлюваної енергетики в Індії становили 10,2 млрд доларів, з них державне фінансування становило лише невелику частину. Проте бюджетні асигнування на Міністерство нової та відновлюваної енергетики зросли на 8,7%. Тому уряду Індії необхідно переглянути ряд питань у сфері фінансування проектів у галузі відновлюваної енергетики. Для того, щоб полегшити використання відновлюваних джерел енергії, уряду слід ефективно використовувати кошти; відновлювальна енергія повинна зберігатися в найнижчій податкової групі, щоб запобігти зростанню собівартості продукції в цьому секторі. Слід також переглянути рішення щодо скорочення прискореної амортизації, яка була доступна для сектора вітрової енергетики, оскільки цей крок, як очікується, матиме негативний вплив на сектор відновлюваної енергетики.

Витрати на досягнення визначеної частки ВДЕ у загальній структурі енергоспоживання до 2030 року оцінюються у 17 млрд дол. США. Збільшення використання відновлюваних джерел енергії призведе до економії у дванадцять разів вищої, ніж витрати на її встановлення (рис. 6). Така економія є результатом зменшення витрат від зовнішніх впливів викопного палива на навколишнє середовище, пов'язаних із забрудненням повітря.

Клімат став частиною енергетичного курсу країни з появою Національного плану дій зі зміни клімату в 2008 році, який спрямований на вирішення проблем розвитку Індії, а також проблеми пом'якшення та адаптації, викликаних зміною клімату, через вісім національних місій (Національна сонячна місія; Національна місія з підвищення енергоефективності; Національна місія по сталості середовища проживання; Національна гідромісія; Національна місія з підтримання екосистеми Гімалаїв; Національна місія з озеленіння Індії; Національна місія зі сталого сільського господарства; Національна місія із стратегічних знань в області зміни клімату). Відповідно до Національного плану дій зі зміни клімату, кліма-

тична стратегія Індії буде сприяти досягненню цілей розвитку країни.

З восьми місій наступні три є конкретними цілями критично важливими для клімату та енергетичної політики Індії:

1. Скорочення інтенсивності частки викидів у виробництві ВВП на 33—35% до 2030 року від рівня 2005 року.

2. Забезпечення близько 40 відсотків сукупної електричної встановленої потужності з відновлювальних енергоресурсів до 2030 року.

3. Створення додаткового вуглецевого поглинання об'ємом від 2,5 до 3 мільярдів тонн CO<sub>2</sub>-еквівалента за рахунок додаткових лісів і дерев до 2030 року.

Згідно зі звітом 2017 про викиди в Індії (Emissions Gap Report 2017), очікується, що Індія перевищить свої цільові показники щодо частки відновлюваних джерел енергії. Крім того, Індія може також знизити кількість викидів, якщо до 2022 року вона досягне своєї мети щодо виробництва 160 ГВт енергії від вітрових і сонячних технологій. Це дозволить скоротити близько 256,95 млн тонн викидів CO<sub>2</sub> і замінити енергію на основі вугілля чистою енергією.

## ВИСНОВКИ

Очікується, що до 2030 року витрати на імпорт енергії в Індії складуть близько 150 млрд дол. США. З іншого боку, країна прагне до 10—20-кратного скорочення імпорту енергії до 2022 року і 50% скорочення до 2030 року. Збільшення виробництва відновлюваної енергії, як очікується, буде сприяти досягненню цієї мети. Таким чином, відновлювальна енергетика має великий потенціал для забезпечення загального доступу до енергії. Водночас у децентралізованому чи автономному режимі відновлювана енергія є масштабним та життєздатним рішенням для забезпечення енергії віддаленим регіонам. Індія встановила колосальні цілі щодо обсягів виробництва відновлюваної енергії (досягнення 175 ГВт потужності відновлюваної енергетики до 2022 року). Для реалізації поставлених цілей необхідна чітка стратегія, інтегроване планування та цілісний підхід. Згідно з підрахунками, практично досяжний потенціал Індії у галузі відновлюваної енергії становить близько 900 ГВт, але для досягнення таких показників необхідна чіткість у здійсненні політики у галузі відновлювальної енергетики.

### Література:

1. Chandel S.S., Shrivastva R., Sharma, V. and Ramasamy P. (2016). Overview of the initiatives in renewable energy sector under the national action plan on climate change in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54.

2. Institute for Energy Economics and Financial Analysis. URL: <http://ieefa.org/> (дата звернення 05.08.2018).

3. Kaletnik G.M. *Production and use of biofuels: Second edition, supplemented: textbook*. Vinnytsia: LLC "Nilan-Ltd" 2018, 336 с.

4. Ministry of New and Renewable Energy. *Annual Report 2016—2017*. URL: <https://mnre.gov.in/file-manager/annual-report/2016-2017/EN/> <http://ieefa.org/>

5. S. Rehman and Z. Hussain, 2017. *Renewable energy governance in India: challenges and prospects for achieving the 2022 energy goals*. URL: [https://mpr.ub.uni-muenchen.de/79361/9/MPRA\\_paper\\_79361.pdf](https://mpr.ub.uni-muenchen.de/79361/9/MPRA_paper_79361.pdf) <http://ieefa.org/>

6. Status of RE Development in India in 2016—17. Report by World Institute of Sustainable Energy, Pune. URL: [http://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2017/12/Report\\_Renewables-India-2017-1.pdf](http://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2017/12/Report_Renewables-India-2017-1.pdf) <http://ieefa.org/>

7. Tripathi L., Mishra A.K., Dubey A.K., Tripathi C.B., and Baredar P. (2016). *Renewable energy: an overview on its contribution in current energy scenario of India*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, pp. 226—233.

8. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. URL: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html> <http://ieefa.org/>

9. World Health Organization. URL: <http://www.who.int/airpollution/en/> <http://ieefa.org/>

### References:

1. Chandel, S. S. Shrivastva, R. Sharma, V. and Ramasamy, P. (2016), Overview of the initiatives in renewable energy sector under the national action plan on climate change in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54.

2. Institute for Energy Economics and Financial Analysis. [Online], available at: <http://ieefa.org/> (Accessed 05 Aug 2018).

3. Kaletnik, G. (2018), *Production and use of biofuels: Second edition, supplemented: textbook*. Vinnytsia: LLC "Nilan-Ltd", 336 p.

4. Ministry of New and Renewable Energy. *Annual Report 2016—2017*. [Online], available at: <https://mnre.gov.in/file-manager/annual-report/2016-2017/EN/> (Accessed 10 Aug 2018).

5. Rehman, S. and Hussain, Z. (2017), *Renewable energy governance in India: challenges and prospects for achieving the 2022 energy goals*. [Online], available at: [https://mpr.ub.uni-muenchen.de/79361/9/MPRA\\_paper\\_79361.pdf](https://mpr.ub.uni-muenchen.de/79361/9/MPRA_paper_79361.pdf) (Accessed 12 Aug 2018).

6. Status of RE Development in India in 2016—17. Report by World Institute of Sustainable Energy, Pune. [Online], available at: [http://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2017/12/Report\\_Renewables-India-2017-1.pdf](http://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2017/12/Report_Renewables-India-2017-1.pdf) (Accessed 20 Aug 2018).

7. Tripathi, L. Mishra, A. K. Dubey, A. K. Tripathi, C. B., and Baredar, P. (2016), *Renewable energy: an overview on its contribution in current energy scenario of India*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, pp. 226—233.

8. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. [Online], available at: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html> (Accessed 16 Aug 2018).

9. World Health Organization. [Online], available at: <http://www.who.int/airpollution/en/> (Accessed 20 Aug 2018).

*Стаття надійшла до редакції 10.10.2018 р.*