



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕКОНОМІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 303.4:005:001.18:620.92

DOI: 10.37332/2309-1533.2022.2-3.14

JEL Classification: O32, Q21, Q40, Q42, Q48

Брич В.Я.,
д-р екон. наук, професор,
директор Навчально-наукового інституту інноватики,
природокористування та інфраструктури,
Пуцентейло П.Р.,
д-р екон. наук, професор, професор кафедри
бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу,
Гулько С.І.,
заступник директора ННІПІ,
Західноукраїнський національний університет,
м. Тернопіль

РОЗВИТОК КРИТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Brych V.Ya.,
dr.sc.(econ.), professor, director at the ESIIIMI,
Putsenteilo P.R.,
dr.sc.(econ.), professor, professor at the department
of business analytics and innovative engineering,
Hunko S.I.,
deputy director of the ESIIIMI,
West Ukrainian National University, Ternopil

DEVELOPMENT OF CRITICAL TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF ENERGY SECURITY OF UKRAINE

Постановка проблеми. В умовах волатильності світової економічної та національної безпеки ключовим чинником, що визначає конкурентоспроможність національних економік, є рівень розвитку науково-технічної сфери. Актуальною проблемою є вибір таких напрямів розвитку науково-технічної сфери, які б максимально забезпечили підвищення безпеки та конкурентоспроможності національної економіки. Для цього ведеться робота щодо вибору пріоритетів наукового та технологічного розвитку.

Під пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки розуміють основні галузі досліджень та розробок, реалізація яких має забезпечити значний внесок у соціальний, науково-технічний та промисловий розвиток країни та досягнення за рахунок цього національних соціально-економічних цілей. У кожному з пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки можна виділити більш конкретні прикладні напрямки, які називають критичними технологіями. Формування науково-технічних пріоритетів використовується для розробки переліку критичних технологій, тобто найважливіших технологій, суттєвих для розвитку країни, для майбутньої довгострокової національної енергетичної безпеки та економічного процвітання.

У сучасних умовах достатній рівень забезпечення енергетичної безпеки є одним із основних елементів національної безпеки, оскільки паливно-енергетична галузь є фундаментом соціально-економічного розвитку держави. Для країни енергетична безпека – це, насамперед, сукупність заходів щодо забезпечення захисту та охорони енергетичних інтересів, підвищення доступності енергетичних ресурсів. Основною метою енергетичної безпеки є максимальне скорочення внутрішніх та зовнішніх негативних факторів, які можуть загрожувати стабільній життєдіяльності паливно-енергетичної галузі

та, відповідно, безпеці соціально-економічних систем, що функціонують на території країни. Забезпечення енергетичної безпеки країни вимагає вдосконалення техніко-інноваційного, організаційно-економічного та нормативного механізму, в тому числі, і впровадження програм підвищення енергоефективності, активну реалізацію заходів з енергозбереження. Нині енергетика є основою економічної безпеки України, оскільки саме вона формує та визначає можливості розвитку економіки, ефективність виробництва та конкурентоспроможність виробленої продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Критичні технології (ключові технології, КТ) – це високі технології, які мають принципове значення для підтримання національної безпеки або економічного зростання і які потребують збереження та розвитку [1].

Виділяють три пріоритетні напрями КТ [1]:

а) технології життєзабезпечення населення України (медицина, продовольство й товари народного вжитку, енергетика, екологія);

б) перспективні технології подвійного використання (транспорт, матеріали, технології машинобудування, інформатика та засоби зв'язку);

в) технології спеціального призначення (зокрема, оборонний комплекс).

Стаття «Оборонні технології» в Енциклопедії Сучасної України трактує критичні технології так: «... поточні критичні (ключові) технології забезпечують ... безпечність безперебійної експлуатації об'єктів енергетики, а також безперебійне постачання джерел енергії... Критичні (ключові) технології необхідні для виконання нових дослідно-конструкторських робіт, вони дозволяють протягом 3–5 років створити ... нові об'єкти енергетики та інфраструктури, що будуть відповідати світовому рівню на момент їхнього створення. Критичні (ключові) проривні технології – технології, що створюють передумови (на період 10–15 років і більше) для отримання стрибкоподібних змін..., появу нових джерел енергії» [2].

На думку І. Зрибневої, критичні технології – це комплекс міжгалузевих (міждисциплінарних) технологічних рішень, що дозволяють найбільш ефективно реалізовувати пріоритетний напрям. КТ мають забезпечувати реалізацію пріоритетних напрямів розвитку науки, технологій і техніки і їх перелік має бути зафіксовано в ряді періодично прийнятих документів [3, с. 176].

В Україні нормативно-правове забезпечення критичних технологій запроваджено в 1994 році, окремою Постановою Кабінету Міністрів від 16 травня 1994 р. № 310 «Про розвиток і захист критичних технологій» [4]. Питання забезпечення національної оборони країни та організації функціонування критичних технологій в її інтересах розглянуті у працях В. Антонова, О. Величка, В. Горбуліна, В. Дихановського, А. Довгополого, Д. Заклевського, І. Зрибневої, О. Мех, І. Павловського, В. Сотника, О. Юрченка та інших.

Проте, на думку окремих авторів, в Україні вже тривалий час повторюються намагання розвивати критичні технології і всі ці роки розглядаються одні й ті ж самі механізми, принципи і підходи. І ніколи їх використання не давало ніякого ефекту. Узагальнюючи основні принципи і підходи, що безуспішно використовуються до теперішнього часу для розвитку критичних технологій, можна визначити такі проблемні питання: безсистемність заходів; фінансування; ризики; відсутність практичної спрямованості [5].

Воєнна агресія росії проти України обумовила необхідність посилення уваги до розвитку критичних технологій в сфері енергетичної безпеки України. Однак, залишаються невивченими питання енергетичної безпеки України внаслідок збройного нападу росії, роль критичних технологій в розвитку енергетичного безпекового простору країни.

Постановка завдання. Мета статті – дослідження підходів до розуміння сутності поняття «критичні технології», огляд розвитку критичних технологій у сфері енергетичної безпеки України й окреслення особливостей їх використання в сучасних умовах та на перспективу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основною метою методу критичних технологій є з'ясування пріоритетів науково-технічного прогресу на середньострокову перспективу (найчастіше до 10 років). Результатом дослідження стають переліки технологій, розробок і напрямів досліджень, котрі матимуть пріоритети в цій країні.

Ідентифікація критичних технологій базується на системі опитувань у рамках обраних тематичних експертних груп/панелей (метод форсайту/метод експертного оцінювання Дельфі тощо).

Перша доповідь про національні критичні технології з'явилася в 1991 р. в США і на сьогодні підготовлено декілька доповідей. У першій з них пропонувалися критерії вибору критичних технологій. Друга – присвячена з'ясуванню напрямів впливу критичних технологій на добробут та економічний розвиток країни. Під час підготовки наступних доповідей було обрано такі технологічні галузі: матеріали; інформатика та зв'язок; виробничі технології; біологічні системи; транспорт; енергетика; якість довкілля.

У США створено спеціальний орган – Інститут критичних технологій, який здійснює роботу з формування переліку критичних технологій, а також проводить кожні 2 роки перегляд та уточнення обраних пріоритетів. При формуванні списку критичних технологій Інститут орієнтується здебільшого на такі критерії оцінки технологій:

- вплив на прогрес даних технологій;
- вплив на досягнення світової конкурентоспроможності галузей економіки країни;
- сприяння забезпеченню національної безпеки та вдосконаленню технологій.

На даний момент актуальним є наступний агрегований список критичних технологій США: Енергетика; Захист навколишнього середовища; ІКТ; Біотехнології та медицина; Виробничі технології; Нові матеріали; Транспорт. При цьому в кожному з цих пунктів окремо виділяються технології військового призначення, яким приділено пріоритетну увагу.

Формування переліків критичних технологій є необхідною умовою для організації ефективних робіт з безперервного аналізу стану та оцінки рівнів розвитку науки і техніки (оскільки неможливо проводити одночасний моніторинг станів усього спектру технологій та науково-технічних напрямів, що впливають на національний економічний розвиток та безпеку країни).

Ключові технології доцільно структурувати за двома напрямками – перший напрям характеризує віднесення технології до сфери оборони, другий напрям характеризує рівень впливу технології на національну безпеку і оборону [5]. Варіант такої структуризації наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Багаторівнева система пріоритетів у сфері технологій

Рівні	Оборонні технології	Технології подвійного використання	Технології загального призначення
Перший рівень	Технології, контроль над якими впливає на стан національної безпеки і оборони (засоби захищеного управління і зв'язку, бойові навігаційні системи, високоточна зброя тощо)	Технології, необхідні для цивільного застосування, але контроль над якими впливає на стан національної безпеки і оборони (інформаційні технології тощо)	Технології, контроль над якими впливає на стан економічної і продовольчої безпеки (джерела енергії, аграрні технології, транспортні технології тощо)
Другий рівень	Технології, що забезпечують створення бойових спроможностей, спроможностей із бойового забезпечення, (боєприпаси та інші засоби ураження, засоби виявлення противника, протимінний захист тощо)	Технології, що сприяють створенню та підтримці бойових спроможностей, спроможностей із бойового забезпечення (продукти спеціальної хімії, оптичні технології, матеріали спеціального призначення тощо)	Технології, що зберігають навколишнє середовище, технології розвитку людини (природоохоронні технології, освітня та інформаційні технології тощо)
Третій рівень	Технології, що забезпечують створення спроможностей із тилового і технічного забезпечення, спроможностей із розгортання військ (засоби тактичної медицини, спеціальні транспортні засоби, засоби ремонту тощо)	Технології, що сприяють створенню та підтримці спроможностей із тилового і технічного забезпечення, спроможностей із розгортання військ (засоби лікування і реабілітації, силові установки, засоби технічної діагностики тощо)	Технології, що забезпечують якість життя населення (регіональні транспортні технології, медичні, харчові технології тощо)

Джерело: [5]

Важливим методом дослідження стану інноваційного розвитку критичних технологій, аналізу, прогнозу та прийняття відповідних рішень є моніторинг, який є спеціально організованою та постійно діючою системою збору та аналізу інформації, проведення додаткових інформаційно-аналітичних обстежень (опитування керівників технологічних напрямів), оцінки стану критичних технологій та тенденцій їх розвитку. Моніторингові дослідження пріоритетних напрямів розвитку та розробки критичних технологій, що забезпечують науково-технічний прогрес у сфері енергетики різного цільового призначення, передбачають:

- оцінку стану інноваційного розвитку критичних технологій;
- аналіз реалізації критичних технологій у процесі створення перспективних енергетичних матеріалів;
- розробка рекомендацій щодо ефективного використання критичних технологій в енергетичній галузі;
- формування банку даних, призначеного для систематизації та дієвого використання ресурсів науково-технічного доробку з розробки та розвитку критичних технологій;
- забезпечення своєчасного постачання відповідним замовникам аналітичної інформації, необхідної для вироблення рішень щодо оцінки ефективності реалізації програмних заходів, оцінки відповідності отриманих результатів цілям державної соціально-економічної та науково-технологічної політики, а також внесення необхідних корективів у процес впровадження сучасних та перспективних енергетичних технологій;
- уточнення критичних параметрів технології, що стримують розвиток останніх та практичне їх використання у перспективних розробках.

Під час моніторингу критичних технологій:

- складається прогноз розвитку критичних технологій на коротко-, середньо- та довгострокову перспективу;
- розробляються рекомендації, що визначають подальшу підтримку позитивних тенденцій у розвитку енергетичних технологій;
- визначаються пріоритетні технології, на яких слід сконцентрувати науково-конструкторські сили, фінансові та матеріальні ресурси та насамперед критичні технології;
- окреслюються нові технології, здатні забезпечити науково-технологічний прорив при створенні перспективних енергетичних технологій, що надають їм нові властивості, а також підвищують рівень їх технічних характеристик;
- складаються схеми застосування проривних технологій при розробці інноваційних зразків в енергетиці.

Так, наприклад, доповідь про стан критичних технологій у США у сфері енергетики включає такі технології:

- технології підвищення ефективного використання енергії;
- енергозберігаючі технології та передача енергії (нові покоління акумуляторів, силова електроніка, накопичувачі енергії);
- нові методи вироблення енергії (газові турбіни, паливні елементи, нові покоління ядерних реакторів, відновлювані джерела енергії).

Массачусетський технологічний інститут (Massachusetts Institute of Technology) оприлюднює добірку важливих для суспільства технологій, так, наприклад, за період 2017–2021 рр. у звітах «MIT Technology Review» [6] наведені такі проривні технології сфери енергетики: 2017 рік – «гарячі» сонячні елементи (Hot Solar Cells); 2018 рік – безвуглецевий природний газ (Zero-Carbon Natural Gas); 2019 рік – ядерна енергетика нової хвилі (New-Wave Nuclear Power) і уловлювач вуглекислого газу (Carbon Dioxide Catcher); 2020 рік – спроможність кліматичних змін (Climate Change Attribution); 2021 рік – літій-металеві батареї (Lithium-Metal Batteries) і «зелений» водень (Green Hydrogen).

Як зазначають дослідники, 7 технологій з 50 досліджених, які безпосередньо пов'язані з енергетикою, до того ж переважна більшість цих технологій відноситься до відновлюваної енергетики. Зазначене показує актуальність розвитку відновлюваної енергетики та її похідних, а також екологічно спрямованих ініціатив [7].

Сучасні глобальні енергетичні виклики та загрози зумовлюють розроблення підходів до формування Україною енергетичної стратегічної політики, яка має відповідати принципам і практиці ЄС, світовим стандартам та забезпечувати потреби суспільства та національної економіки в паливно-енергетичних ресурсах у технічно надійний та безпечний, економічно ефективний та екологічно прийнятний спосіб для гарантування життєдіяльності суспільства в режимах звичайного та особливого стану.

Кабінет Міністрів України 18.08.2017 р. схвалив Енергетичну стратегію України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [8].

Енергетична стратегія України чітко визначає цілі, завдання та механізми виведення енергетичного комплексу на принципово новий, якісний рівень розвитку до 2035 року. Насамперед, Енергетична стратегія України спрямована на вирішення проблем енергетичної безпеки в умовах нагальної потреби забезпечення суверенітету держави за обставин зовнішньої агресії із застосуванням як новітніх видів озброєнь (у тому числі інформаційних та гібридних методів ведення війни), так і невійськових впливів [8].

Згідно Постанови Кабінету Міністрів від 18 жовтня 2017 р. № 980 «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня на 2017–2022 роки» [9] затверджено перелік напрямків освоєння нових технологій в енергетичній сфері:

1. Освоєння нових технологій удосконалення енергетичних мереж та обладнання з урахуванням намірів їх гармонізації з енергетичною системою країн ЄС;
2. Освоєння нових технологій створення енергогенеруючих потужностей на основі когенераційних установок;
3. Освоєння нових технологій отримання альтернативних видів палива;
4. Освоєння нових технологій будівництва енергоефективних житлових та комунально-побутових будівель і приміщень;
5. Освоєння нових технологій отримання та накопичення енергії з відновлюваних джерел;
6. Освоєння нових технологій енергоефективного спалювання різних видів палива;
7. Освоєння нових технологій використання теплових насосів [9].

О. М. Суходоля виокремлює такі сфери регулювання енергетичної безпеки:

– наявність енергозабезпечення – це переважно ресурсно-технічний вимір енергозабезпечення потреб суспільства, що у найпростішій формі зводиться до підтримання працездатності систем (обладнання) для задоволення енергетичних потреб споживачів. У зарубіжній англомовній літературі ця складова частина пов'язується в основному з фізичною ресурсною і технологічною «наявністю» енергії (availability/accessibility);

– доступність енергозабезпечення – мається на увазі взаємозв'язок ресурсно-технічного виміру та економіки, що відображає прибутковість діяльності енергетичного сектору (усіх суб'єктів, залучених до процесу енергозабезпечення суспільства), а також відбиття цієї діяльності у вартості «енергопостачання» споживачів, суспільства, держави. У зарубіжній англомовній літературі ця складова частина пов'язується здебільшого із «доступністю» (affordability);

– прийнятність моделі енергозабезпечення – сфера регулювання розширюється, поєднуючи прийняті моделі організації функціонування енергетики (ресурсно-технічний вимір та економічну привабливість) із політичними аспектами реалізації державної політики (моделі регулювання енергетики, вплив на суміжні сфери життєдіяльності). Різні країни роблять наголос на окремих питаннях: екологічних (забруднення, зміна клімату), цінових (регулювання цін і тарифів, доступність для споживачів), соціальних (захищеність працівників енергетики, малозабезпечених верств населення) тощо. У зарубіжній англомовній літературі ця складова частина часто пов'язується із «допустимістю/прийнятністю» (acceptability) тих чи інших рішень залежно від цілей державної політики та принципів організації життєдіяльності суспільства;

– захищеність національних інтересів – ця сфера регулювання часто не розглядається як окремий аспект політики забезпечення енергетичної безпеки. Залежно від країни, особливостей її енергетичного сектору та цілей зовнішньої політики цей аспект відображається у політичних рішеннях стратегічного рівня (energy security policy) через виокремлення пріоритетних напрямів забезпечення національних інтересів у сфері енергетики [10, с. 7-8].

На думку дослідників: «Енергетична безпека – це спроможність технічно надійним, економічно ефективним та екологічно прийнятним способом задовольняти потреби суспільства в енергоресурсах, забезпечувати стає функціонування національної економіки в нормальних і кризових умовах, захищати суверенітет держави у формуванні та здійсненні політики захисту національних інтересів» [11, с. 10].

Енергетична безпека є найважливішою складовою національної безпеки України. Тому управління системою національної безпеки виступає одним із ключових завдань енергетичної політики держави. Енергетична безпека – це стан захищеності країни, її громадян, суспільства, держави, економіки від загроз надійному енергозабезпеченню. Ці загрози визначаються як зовнішніми (геополітичними, військовими, макроекономічними, кон'юнктурними) факторами, так і станом і функціонуванням енергетичного сектора країни. Зміцнення енергетичної безпеки – це невід'ємна функція держави, реалізація якої є необхідною умовою стабільності та ефективності розвитку держави. При цьому енергетична безпека у світі відіграє роль найважливішого регулятора внутрішньої та міжнародної стабільності. Україна, уклавши Угоду про асоціацію з Європейським Союзом, прийняла історичне рішення щодо пріоритетів свого розвитку. Це рішення зумовлює не тільки появу низки зобов'язань, які мають бути у повній мірі відображені у пріоритетах соціально-економічного розвитку країни і зокрема енергетики України. Принциповий вибір України в частині повноцінної інтеграції до співтовариства європейських націй зумовлює і необхідність зміни підходів до формування Україною енергетичної політики, яка має відповідати принципам і практиці ЄС.

24 лютого 2022 року Національна енергетична компанія Укренерго виконала запланований перехід енергосистеми України на ізольований режим роботи – енергосистема була відключена від російської, білоруської, а також від європейських енергосистем. У зв'язку з воєнним вторгненням 24 лютого 2022 р. росії в Україну було прийнято рішення не повертатися до синхронної роботи з Росією та Білоруссю і прискорити синхронізацію з ENTSO-E. Водночас, упродовж 24 лютого були проведені необхідні випробування енергосистеми. 28 лютого Рада Європейського Союзу на звернення Укренерго підтримала екстрену синхронізацію енергосистем України та Молдови до електромережі континентальної Європи ENTSO-E [12].

16 березня 2022 р. в умовах війни, енергосистема України швидко перейшла на пробну синхронну роботу з європейським енергооб'єднанням країн континентальної Європи ENTSO-E [12].

30 березня 2022 р. було відновлено експорт електроенергії в Польщу (по виділеній лінії), а з 15 квітня – в Молдову. Згодом ENTSO-E погодило поступове відкриття комерційних обмінів електроенергії і з 30 червня розпочався експорт в Румунію та Словаччину. Ключовою ціллю Укренерго залишається повна інтеграція енергосистеми України та ринку електроенергії до європейського енергетичного простору, зокрема розширення експортно-імпортних операцій між Україною та ЄС, об'єднання енергетичних ринків тощо [12].

За даними НЕК «Укренерго», станом на кінець 2021 року, загальна встановлена потужність ОЕС України складає 56,169 ГВт, з яких 49,7 % припадає на теплові електростанції (ТЕС, ТЕЦ, блок-станції), 24,6 % – на атомні електростанції (АЕС), 11,2 % – на гідроелектростанції та гідроакумуючі електростанції, 14,3 % – на електростанції, що працюють на відновлювальних джерелах енергії (ВДЕ) – вітрових електростанцій (ВЕС), сонячних електростанцій (СЕС), біоелектростанцій (БіоЕС) [13].

Атомна генерація, яка забезпечує базове виробництво електроенергії в країні, представлена 4 атомними електростанціями загальною потужністю 13,835 ГВт, які складаються з 15 енергоблоків, з яких 13 – потужністю 1000 МВт та по одному – потужністю 415 та 420 МВт. Станом на кінець 2021 року 12

енергоблоків вже відпрацювали свій нормований 30-річний термін експлуатації, тому час їх роботи вже було продовжено на наступні 10–20 років. Проте, до 2030 року (включно) дія вже «подовжених» ліцензій на експлуатацію 10 енергоблоків загальною потужністю 9420 МВт закінчиться. Крім того, ще один енергоблок потужністю 1000 МВт відпрацює свій нормативний 30-річний ресурс у 2026 році. Таким чином, ДП «НАЕК «Енергоатом» має повторно продовжити термін експлуатації діючих енергоблоків після вичерпання призначеного терміну їх служби, що буде мати відповідні техногенні загрози. В зимовий період 2021–2022 року, вперше в історії України, працювали одночасно всі 15 енергоблоків АЕС [13].

Гідроенергетика, загальна встановлена потужність якої становить 6,3 ГВт, відіграє ключову роль у балансуванні ОЕС України. Саме за рахунок ГЕС і ГАЕС покривається піковий попит на електричну енергію та згладжуються нічні «провали» споживання. Проте ці потужності значною мірою залежать від сезонних та погодних умов, у зв'язку з чим їх частка в загальному обсязі електрогенерації суттєво варіюється. У другому півріччі 2021 року відбулося довгоочікуване введення в експлуатацію 4 агрегату Дністровської ГАЕС потужністю 324 МВт. ПрАТ «Укргідроенерго» має амбітні плани з будівництва 5, 6 та 7 гідроагрегатів Дністровської ГАЕС. Крім того, в планах компанії – проекти з будівництва Канівської ГАЕС та Каховської ГЕС – 2, а також проєкт будівництва гібридних систем з виробництва електроенергії. Наприкінці 2021 року відбувся випробувальний запуск гідроагрегату № 3 Ташлицької ГАЕС потужністю 160 МВт (табл. 2) [13].

Таблиця 2

Встановлена потужність електростанцій України по роках, ГВт

Рік	Сумарна встановлена потужність	АЕС	%	ТЕС ГК	%	ТЕЦ та інші ТЕС	%	ГЕС та ГАЕС	%	ВЕС, СЕС та БіоЕС	%
2014	55,1	13,8	25,1	27,7	50,3	6,6	12,0	5,9	10,6	1,1	2,0
2015*	54,8	13,8	25,2	27,8	50,7	6,5	11,8	5,9	10,7	0,8	1,5
2016	55,3	13,8	25,0	27,8	50,3	6,5	11,8	6,2	11,2	1,0	1,7
2017**	51,7	13,8	26,7	24,6	47,5	5,9	11,5	6,2	12,0	1,2	2,3
2018	49,7	13,8	27,8	21,8	43,9	6,1	12,3	6,2	12,6	1,7	3,4
2019	54,4	13,8	25,4	21,8	40,0	6,1	11,2	6,3	11,6	6,4***	11,8
2020	54,7	13,8	25,2	21,8	39,8	6,1	11,1	6,3	11,5	6,6	12,1
2021	56,1 ¹	13,8	24,6	21,8	38,8	6,1	10,8	6,3	11,2	8,1	14,3

* з 2015 року без урахування Кримської ЕЕС

** з 2017 року без урахування ОРДЛО

*** за даними НКРЕКП

¹ Без врахування 394,8 МВт промислових об'єктів ВДЕ, які отримали «зелений» тариф, але на даний час не генерують «зелену» електроенергію та 1205 МВт домашніх електростанцій (за даними НКРЕКП)

Джерело: [13]

В критичному стані знаходяться і вітчизняні ТЕЦ потужністю 6,1 ГВт, коефіцієнт використання встановленої потужності яких, за даними НЕК «Укренерго», в середньому по Україні в останні роки не перевищує 24%, а їх максимальна потужність у період максимумів генерації електроенергії не перевищує 50 % від встановленої потужності. Більше того, дефіцит вугілля та історичне підвищення ціни на природний газ призвели до зупинення роботи значної частини енергоблоків теплової генерації України [13].

За даними НЕК «Укренерго», у 2021 році в ОЕС України було вироблено 156,6 млрд кВт · год, що на 7,7 млрд кВт · год або на 5,2 % більше, ніж у 2020 році. Атомні електростанції за 2021 рік збільшили виробництво електроенергії на 13,1% – до 86,2 кВт · год, що є найвищим показником атомної генерації протягом останніх шести років, в той час як виробництво ГЕС (потужністю більше 10 МВт) і ГАЕС збільшилось на 34 % до 10,17 млрд кВт · год. Натомість виробництво електроенергії з ГК ТЕС та ТЕЦ зменшилось до 45,8 млрд кВт · год, що на 12,4 % менше показників 2020 року (табл. 3, рис. 1) [12].

Значно зросло виробництво електроенергії за рахунок відновлюваних джерел енергії (ВЕС, СЕС, БіоЕС та малі ГЕС). Так, у 2021 році ВДЕ було вироблено 12,8 млрд кВт · год, що на 17,8 % більше, ніж протягом аналогічного періоду 2020 року. Виробництво електроенергії блок-станціями та іншими джерелами енергії у 2021 році склало 1,5 кВт · год, що на 14,5 % менше, ніж за відповідний період 2020 року (рис. 2) [13].

Нарощування потужностей національного сектору відновлюваної енергетики в 2021 році відбувалось на тлі продовження фінансової кризи на ринку ВДЕ, постійного накопичення заборгованості ДП «Гарантований покупець» перед виробниками електроенергії з ВДЕ, системних обмежень «зеленої» генерації, невизначеності щодо майбутніх механізмів державної підтримки розвитку відновлюваної

енергетики [13]. Станом на 31 грудня 2021 року встановлена потужність промислових об'єктів ВДЕ України досягла 8450,8 МВт [13].

Таблиця 3

Динаміка і структура виробництва електроенергії в Україні, млн кВт·год

	2017 р.		2018 р.		2019 р.		2020 р.		2021 р.		+/- до 2020 року	
	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%
Обсяг електроенергії – всього в тому числі:	155,5	100	159,3	100	156,7	100	148,8	100	156,6	100	1,1	1,1
ГК ТЕС	45,0	29,0	47,8	30,1	47,3	30,2	39,6	26,6	37,2	23,7	-7,8	-17,4
ТЕЦ та когенераційні установки	12,4	8,0	12,5	7,8	13,0	8,3	12,8	8,6	8,7	5,6	-3,7	-30,0
ГЕС та ГАЕС	10,6	6,8	12,0	7,5	8,1	5,2	7,6	5,2	10,1	6,5	-0,5	-4,8
АЕС	85,6	55,0	84,4	53,0	82,7	52,8	76,2	51,2	86,2	55,1	0,6	1,1
Відновлювані джерела енергії (ВЕС, СЕС, БіоЕС)	1,9	1,2	2,6	1,6	5,6	3,5	10,8	7,4	12,8	8,1	10,9	6,7

Джерело: [12–13]

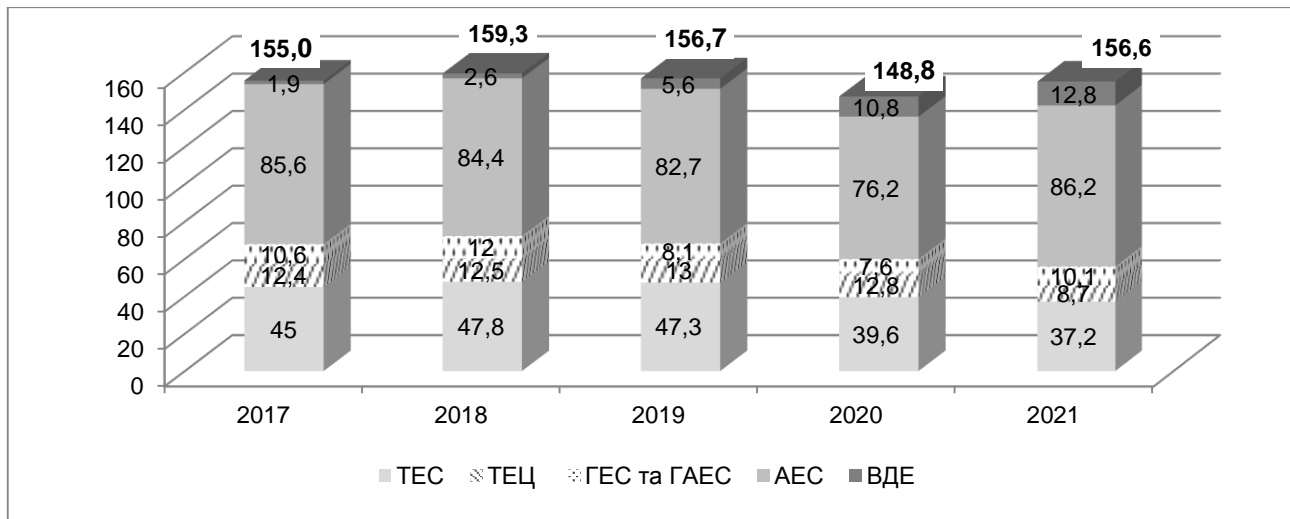


Рис. 1. Структура та обсяги виробництва електричної енергії в ОЕС України в 2017-2021 роках, млрд кВт·год

Джерело: побудовано за даними [12–13]

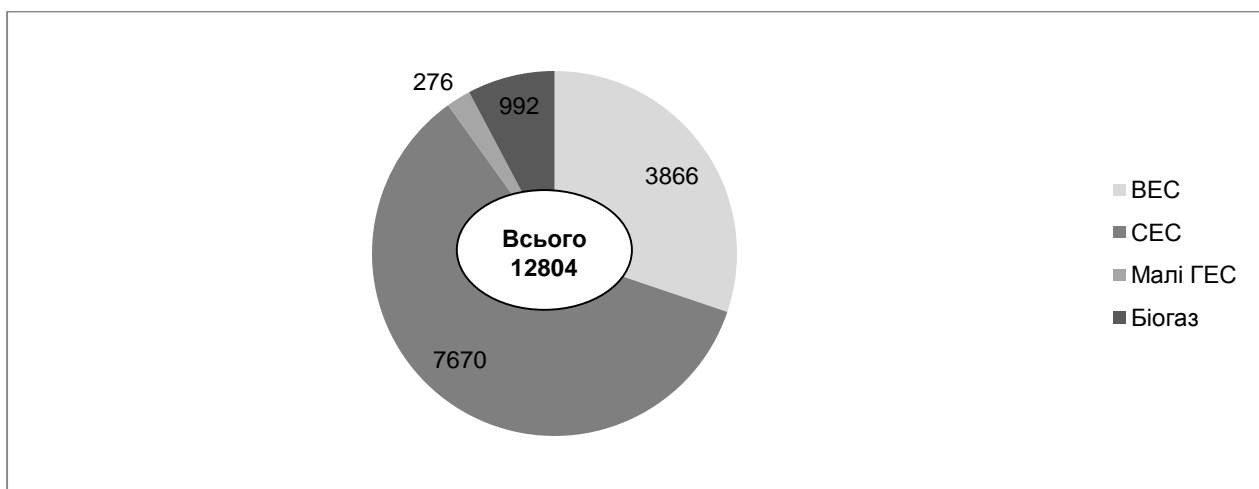


Рис. 2. Виробництво «зеленої» електроенергії за видами, млн кВт·год станом на кінець 2021 року

Джерело: [13]

Лідером із виробництва електроенергії в 2021 році стала атомна генерація, частка якої склала 55 %. За нею в рейтингу розмістилися: ТЕС та ТЕЦ – 29,2 %, ВДЕ – 8,1 %, ГЕС та ГАЕС – 6,5 % та блок-станції з часткою 1 % [12].

Україна в 2021 році експортувала 3395 млн кВт · год електроенергії, що на 26,4 % або 1259,1 млн кВт · год менше в порівнянні з 2020 роком (47541 млн кВт · год). Тим не менш, у 2021 році сумарний обсяг експорту електроенергії з України перевищив імпорт в 2 рази – 3395 млн кВт · год проти 1692 млн кВт · год відповідно. Імпорт електроенергії до України з сусідніх держав в 2021 році скоротився на 25 % або на 592,9 млн кВт · год [12].

Сучасна енергетична система України характеризується значною часткою базових потужностей, які не призначені для частих і швидких змін режимів роботи, натомість потужності, які спроможні це здійснювати задля балансування системи (на даний час це, в основному ТЕС), вже відпрацювали свій парковий ресурс. Більше того, значна частка потужностей з різних причин, не є доступною у періоди максимумів електричних навантажень, тому енергетична система характеризується низьким рівнем гнучкості. Відповідно до аналізу НЕК Укренерго» для подальшого розвитку ВДЕ і стабільного функціонування енергетичної системи загалом, необхідне встановлення щонайменше 0,74 ГВт потужностей систем накопичення енергії та 1,45 ГВт високоманеврових потужностей [13].

Згідно наведених даних, спостерігається позитивна динаміка у виробництві електроенергії з ВДЕ. Так, наприклад, у 2021 році загальна потужність сектору відновлюваної енергетики зросла на 1169,15 МВт, що майже в 1,4 разів менше обсягу потужностей, введених у 2020 році (1660,9 МВт) та майже в 4 рази менше рекордних показників 2019 року – 4600,0 МВт. Станом на 31 грудня 2021 року, встановлена потужність сектору відновлюваної енергетики України досягла 9655,95 МВт [13].

Як і в минулі роки, значне зростання темпів розвитку потужностей у 2021 році спостерігалось лише у одному сегменті – домашні СЕС, потужність яких в 2021 році зросла на 426,15 МВт, що становить 36,4 % від нових потужностей ВДЕ, введених в експлуатацію 2020 року. Таким чином, загальна встановлена потужність усіх сонячних систем домогосподарств наприкінці 2021 року досягла 1205,15 МВт [13].

Газова криза 2021 року підтвердила значні перспективи розвитку сектору біоенергетики України. На фоні рекордно високих цін на природний газ, саме біоенергетика здатна була закрити частину дефіциту природного газу у питанні виробництва теплової та електричної енергії. Загалом, у 2021 році було введено в експлуатацію 21 МВт (або 1,79 %) біогазових установок, що вдвічі більше показників 2020 року, і 43,1 МВт (або 3,68 %) станцій на біомасі, що вдвічі більше приросту біоенергетичних потужностей 2020 року [13].

Отже, зростання генерації з ВДЕ може значно посилити енергонезалежність України та сприятиме впровадженню Зеленого енергетичного курсу після війни з росією, однак потребує значного фінансування.

Так, на Міжнародній конференції з відновлення України, яка відбулась у Лугано (Швейцарія) 4–5 липня 2022 року, українська делегація представила масштабний План відновлення. Згідно із розрахунками української сторони, найближчі 10 років Україна потребуватиме 750 млрд доларів США на відновлення країни. При цьому на посилення енергетичної незалежності та впровадження «Зеленого» курсу знадобиться біля 130 млрд доларів США [14].

Конкретизуючи заходи з майбутньої «зеленої» відбудови у Плані відновлення, держава пропонує побудувати 3,5 ГВт гідроелектростанцій і насосних гідроелектростанцій, локалізувати виробництво обладнання для ВДЕ (вітрові вежі, трансформатори, кабелі, електролізери, батареї). Крім того, у планах будівництво більш як 30 ГВт потужностей ВДЕ для виробництва водню (H₂) та розвиток виробництва біопалива [14].

У 2022 році Урядом України розроблено комплексну програму «Відновлення України», в контексті якої запропоновано Проєкти національної програми: «Енергетична незалежність та Зелений Курс» [15]:

- будівництво пікових потужностей 1,5–2 ГВт і акумуляторів потужністю 0,7–1 ГВт;
- будівництво розумних мереж (smart grids);
- відбудова пошкоджених енергетичних об'єктів, включно з Кременецькою ТЕЦ, Чернігівською ТЕЦ та Охтирською ТЕЦ;
- добудова нафтопроводу Адамова Застава – Броди, 10 млн т;
- забезпечення постачання/зберігання газу для ЄС і України в українських ПСГ, забезпечення доступу до LNG-терміналів Польщі, Греції, Хорватії, Туреччини, Італії, Німеччини;
- збільшення ядерної потужності (продовження строків експлуатації, більш високе завантаження наявних потужностей і будівництво 2+ ГВт нових блоків на Хмельницькій АЕС);
- локалізація виробництва обладнання для ВДЕ (вітрові вежі, трансформатори, кабелі, електролізери, батареї);
- локалізація ланцюжка створення вартості в ядерній сфері (завод із виробництва палива, зберігання відходів);
- модернізація і оптимізація ГТС та ГРМ, у т.ч. для скорочення викидів метану;

- поповнення запасів газу;
 - розробка газу з щільних порід, до 4,2 млрд куб.м/рік;
 - створення запасів нафти та нафтопродуктів на 30+ днів;
 - створення нафтопереробного заводу, до 10 млн т;
 - тестування та розвиток транспортної інфраструктури H₂;
 - будівництво ~15 ГВт електролізних потужностей;
 - будівництво 3,5 ГВт гідроелектростанцій і насосних гідроелектростанцій;
 - будівництво 30+ ГВт ВДЕ для виробництва H₂;
 - відновлення міждержавної комерційної торгівлі з ЄС з поетапним розширенням потужності до 7 ГВт;
 - розвиток виробництва біопалива (біоетанолу, біодизелю, біометану, біомаси) із сільськогосподарської продукції, залишків та відходів;
 - розробка газу з традиційних родовищ, до 10 млрд куб.м/рік;
 - розширення каналів постачання нафтопродуктів з НПЗ та портами ЄС.
- Загалом доцільно виділити декілька груп найбільш перспективних енергетичних технологій, котрі слід розвивати для підвищення енергетичної безпеки України (табл. 4).

Таблиця 4

Перелік перспективних енергетичних технологій в сфері енергетичної безпеки України

№ з/п	Група критичних технологій	Перелік критичних технологій
1	Загальні технології електричної генерації	Фотоелектричний гібридний сонячний колектор. Концентрована сонячна енергія. Технології мікрогенерації на природному газі. Хвильовий енергетичний пристрій. Дахові сонячної панелі. Вітрогенератори та когенераційні установки. Системи мікрогрід. Віртуальні електростанції та технології енергетичного Інтернету. Міжсистемна ЛЕП. Когенераційні установки малої потужності. Гібридні генеруючі установки на високотемпературних паливних елементах.
2	Гідроенергетика	Гідроагрегати (у тому числі асинхронізовані) із змінною швидкістю обертання. Технології дистанційного моніторингу та управління енергетичним обладнанням. Нові матеріали та покриття лопастей.
3	Диверсифікована генерація енергетики на основі ВДЕ	Фотоперетворювачі (каскадні, некремнієві). Вітрогенератори малої потужності. Мережеві вітрогенератори. Системи прогнозування вітропотенціалу. Системи керування режимами роботи вітрогенераторів. Паливні елементи різних діапазонів температур.
4	Електричні мережі	Нові матеріали та технології для силової електроніки та проводів. Надвисока напруга постійного струму. Статичні компенсатори. Динамічні електрокабелі. Відновлювані міні-мережі. Цифрові підстанції. Технології віддаленого моніторингу та діагностики. Електричні супермережі.
5	Системи зберігання електроенергії	Воднева енергетика. Кріогенна система зберігання енергії. Мережеві технології зберігання енергії. Уловлювання, використання та зберігання вуглецю (CCUS).

Джерело: [16-28]

Отже, розвиток нових критичних технологій в енергетиці є ключовим фактором підвищення енергетичної безпеки України в умовах мирного часу та триваючої російської воєнної агресії. Перспективні критичні технології будуть спрямовані на вирішення проблем, характерних для відновлюваної енергетики: нестабільність вироблення, залежність від погоди, посилення економічної ефективності на усіх етапах впровадження технології.

Інноваційними векторами вдосконалення існуючих критичних технологій ВДЕ (насамперед, сонячної та вітрової енергетики) є зниження ресурсомісткості дефіцитних матеріалів, складників та вирішення проблем (техніко-технологічних, екологічних та організаційних) вторинної переробки компонентів енергетичного обладнання. Інновації у цих напрямках будуть актуальними в світовій

енергетиці у найближчі десятиліття у зв'язку із закінченням життєвого циклу (близько 30 років) вітрових та сонячних проєктів, реалізованих на рубежі ХХ та ХХІ ст.

Висновки з проведеного дослідження. Отже, нині у технологічно розвинутих країнах на державному рівні розроблена практика цілеспрямованого формування інноваційних систем та розвитку нових технологічних укладів. Особлива роль у цьому відводиться саме критичним технологіям. Розташовані на вершині інноваційно-технологічної піраміди критичні технології мають виняткове значення у забезпеченні стабільного функціонування та розвитку національної безпеки. Пріоритетними напрямками розвитку критичних технологій у міжнародній енергетичній сфері є такі:

- ядерні технології;
- технології енергетики та енергозбереження.

Стрімкий розвиток у світі нових технологій в енергетиці змушує Україну більш активно включитись у цей процес, розробляючи стратегії щодо зміцнення енергетичної безпеки та розвитку ВДЕ. Україна на сучасному етапі помітно відстає щодо розвитку нових енергетичних критичних технологій і великою мірою залежить від їхнього імпорту. Тим не менш, є позитивні зрушення: в останні декілька років були прийняті програми з підтримки впровадження нових технологій, з'явилися конкретні реалізовані проєкти з розвитку відновлюваної електрогенерації. Результати статті дають змогу візуалізувати цілісну картину впливу нових технологій на розвиток ВДЕ та сформуванню методологічну базу для обґрунтування вибору державою переліку критичних технологій, спрямованих на повну модернізацію енергетичного комплексу України. На перспективу доцільним є подальше проведення досліджень у галузі економічної оцінки впровадження критичних технологій енергетики в Україні, виявлення перешкод для використання нових технологій та розробки дорожніх карт впровадження інноваційних компаній, що працюють у рамках впровадження конкретних проривних технологій.

Література

1. Критичні технології / Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97 (дата звернення: 25.07.2022).
2. Чепков І. Б. Оборонні технології. *Енциклопедія Сучасної України* : енциклопедія / ред.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. ; НАН України, НТШ. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2022. Т. 24. URL: <https://esu.com.ua/article-74638> (дата звернення: 25.07.2022).
3. Зрибнева І. П. Техніко-технологічна база формування нового технологічного укладу. *Інтелект ХХІ*. 2018. Вип. 6. С. 174-179.
4. Про розвиток і захист критичних технологій : Постанова Кабінету Міністрів від 16 травня 1994 р. № 310. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/310-94-%D0%BF#Text> (дата звернення: 25.07.2022)
5. Semon B. Y., Ansari I., Dykhanovskyi V. M. Methodology for the development of key technologies. *Наука і оборона*. 2019. № 1. С. 45-53.
6. Ten Breakthrough Technologies Massachusetts Institute of Technology. URL: <https://www.technologyreview.com/> (дата звернення: 28.07.2022).
7. Войтко С. В., Гайдучський І. П., Караєва Н. В. Динаміка розвитку відновлюваної енергетики на початку третього десятиліття ХХІ століття. *Ефективна економіка*. 2021. № 4. URL: http://www.economy.nauka.com.ua/pdf/4_2021/13.pdf (дата звернення: 25.07.2022).
8. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року : Постанова Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 25.07.2022).
9. Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня на 2017–2022 роки : Постанова Кабінету Міністрів від 18 жовтня 2017 р. № 980. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/980-2017-%D0%BF#Text> (дата звернення: 25.07.2022).
10. Суходоля О. М. Проблеми визначення сфери регулювання енергетичної безпеки. *Стратегічні пріоритети*. 2019. № 1. С. 5-17.
11. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування : аналітична доповідь / Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Бобро Д. Г. та ін. ; за заг. ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2020. 178 с.
12. НЕК «Укренерго» : офіційний сайт. URL: https://ua.energy/pro_kompaniyu/ (дата звернення: 03.08.2022).
13. Українська вітроенергетична асоціація : офіційний сайт. URL: http://uwea.com.ua/uploads/docs/uwea_2021_ua_web_2.pdf (дата звернення: 03.08.2022).
14. Білозерова Л. Відновлювана енергетика України втратила потужності, але зберегла амбіції. *Українська Енергетика*. 12 липня 2022 р. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/vidnovliuvana-enerhetyka-ukrainy-vtratyla-potuzhnosti-ale-zberehla-ambitsii> (дата звернення: 28.07.2022).
15. Відновлення України. Проєкти національних програм. Енергетична незалежність та Зелений Курс. URL: <https://recovery.gov.ua/project/program/energy-independence-and-green-deal> (дата звернення: 02.08.2022).
16. Adis A. New inventions boost renewable energy. *Offshore Energy*. URL: <https://www.offshore->

energy.biz/new-inventions-boost-renewable-energy (дата звернення: 30.07.2022).

17. Ahmad T., Chen H., Shah W. A. Effective bulk energy consumption control and management for power utilities using artificial intelligence techniques under conventional and renewable energy resources. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2019. Vol. 109. P. 242-258.

18. Bamati N., Raooifi A. Development level and the impact of technological factor on renewable energy production. *Renewable Energy*. 2020. Vol. 151. P. 946-955.

19. Bugden D., Stedman R. Unfulfilled promise: Social acceptance of the smart grid. *Environmental Research Letters*. 2021. Volume 16. Issue 3. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abd81c/pdf> (дата звернення: 30.07.2022).

20. Buxton G. *Alternative energy technologies: an introduction with computer simulations*. CRC press, 2017. 302 p.

21. Chen W., Lei Y. The impacts of renewable energy and technological innovation on environment-energy-growth nexus: New evidence from a panel quantile regression. *Renewable Energy*. 2018. Vol. 123. P. 1-14.

22. Deign J. 5 emerging energy technologies to watch out for in 2020. *Greentech Media*. URL: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/5-emerging-energy-technologies-to-watchout-for-in-2020> (дата звернення: 30.07.2022).

23. Deign J. Floating solar gets ready for the high seas. *Greentech Media*. URL: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/floating-solar-gears-up-forthe-high-seas> (дата звернення: 30.07.2022).

24. Electricity interconnectors. *Ofgem*. URL: <https://www.ofgem.gov.uk/electricity/transmission-networks/electricity-interconnectors> (дата звернення: 30.07.2022).

25. Heliogen's new tech could unlock renewable energy for industrial manufacturing. URL: <https://techcrunch.com/2019/11/19/heliogens-new-technology-could-unlock-renewable-energy-for-industrial-manufacturing> (дата звернення: 30.07.2022).

26. Hosseini S. E., Wahid M. A. Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: Promising green energy carrier for clean development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Volume 57. P. 850-866.

27. Tang Y. High-Level Pyridinic-N-Doped Carbon Nanosheets with Promising Performances Severed as Li-Ion Battery Anodes. *Energy Technology*. 2020. Volume 8. Issue 9. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ente.202000361> (дата звернення: 30.07.2022).

28. Yan Z., Zou B., Du K., Li K. Do renewable energy technology innovations promote China's green productivity growth? Fresh evidence from partially linear functional-coefficient models. *Energy Economics*. 2020. Volume 90. URL: <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v90y2020ics0140988320301821.html> (дата звернення: 30.07.2022).

References

1. "Critical technologies", Wikipedia, available at: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97 (access date July 25, 2022).

2. Chepkov, I.B. (2022), *Oboronni tekhnolohii* [Defense technologies], In: Dziuba, I.M. Zhukovskiy, A.I., Zhelezniak, M.H. (Eds.) et al. *Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy* [Encyclopedia of Modern Ukraine], Instytut entsyklopedychnykh doslidzhen NAN Ukrainy, Kyiv, Ukraine, Vol. 24, available at: <https://esu.com.ua/article-74638> (access date July 25, 2022).

3. Zrybnieva, I.P. (2018), "The technical and technological basis of the formation of a new technological structure", *Intelekt XXI*, Iss. 6, pp. 174-179.

4. Cabinet of Ministers of Ukraine (1994), "Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On the development and protection of critical technologies" dated 16.05.1994 no. 310, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/310-94-%D0%BF#Text> (access date July 25, 2022).

5. Semon, B.Y., Ansari, I. and Dykhanovskiy, V.M. (2019), "Methodology for the development of key technologies", *Nauka i oborona*, no. 1, pp. 45-53.

6. Ten Breakthrough Technologies Massachusetts Institute of Technology, available at: <https://www.technologyreview.com/> (access date July 28, 2022).

7. Voitko, S.V., Haidutskiy, I.P. and Karaieva, N.V. (2021), "The dynamics of the development of renewable energy at the beginning of the third decade of the 21st century", *Efektivna ekonomika*, no. 4, available at http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/4_2021/13.pdf (access date July 25, 2022).

8. Cabinet of Ministers of Ukraine (2017), "Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On the approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period until 2035" dated 18.08.2017 no. 605-p, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> (access date July 25, 2022).

9. Cabinet of Ministers of Ukraine (2017), "Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "Some issues of determining medium-term priority areas of innovative activity at the industry level for 2017-2022"

dated 18.10.2017 no. 980, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/980-2017-%D0%BF#Text> (access date July 25, 2022).

10. Sukhodolia, O.M. (2019), "Problems of determining the sphere of regulation of energy security", *Stratehichni priorytety*, no. 1, pp. 5-17.

11. Sukhodolia, O.M. (Ed.), Kharazishvili, Yu.M., Bobro, D.H. et al. (2020), *Enerhetychna bezpeka Ukrainy: metodolohiia systemnoho analizu ta stratehichnoho planuvannia* [Energy security of Ukraine: methodology of system analysis and strategic planning], analytical report, NISD, Kyiv, Ukraine, 178 p.

12. "Official website of the NPC Ukrenergo", available at: https://ua.energy/pro_kompaniyu/ (access date August 03, 2022).

13. "Official website of the Public Union "Ukrainian Wind Energy Association"", available at: http://uwea.com.ua/uploads/docs/uwea_2021_ua_web_2.pdf (access date August 03, 2022).

14. Bilozerova, L. (2022), "Renewable energy of Ukraine has lost power, but has kept its ambitions", *Ukrainska Enerhetyka*, July 12, available at: <https://ua-energy.org/uk/posts/vidnovliuvana-enerhetyka-ukrainy-vtratyla-potuzhnosti-ale-zberehla-ambitsii> (access date July 28, 2022).

15. "Restoration of Ukraine. National program projects. Energy independence and the Green Course", available at: <https://recovery.gov.ua/project/program/energy-independence-and-green-deal> (access date August 02, 2022).

16. Adis, A. "New inventions boost renewable energy", *Offshore Energy*, available at: <https://www.offshore-energy.biz/new-inventions-boost-renewable-energy> (access date July 30, 2022).

17. Ahmad, T., Chen, H. and Shah, W.A. (2019), "Effective bulk energy consumption control and management for power utilities using artificial intelligence techniques under conventional and renewable energy resources", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 109, pp. 242-258.

18. Bamati, N. and Raofi, A. (2020), "Development level and the impact of technological factor on renewable energy production", *Renewable Energy*, Vol. 151, pp. 946-955.

19. Bugden, D. and Stedman, R. (2021), "Unfulfilled promise: Social acceptance of the smart grid", *Environmental Research Letters*, Volume 16, Issue 3. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abd81c/pdf> (access date July 30, 2022).

20. Buxton, G. (2017), *Alternative energy technologies: an introduction with computer simulations*, CRC press, UK, 302 p.

21. Chen, W. and Lei, Y. (2018), "The impacts of renewable energy and technological innovation on environment-energy-growth nexus: New evidence from a panel quantile regression", *Renewable Energy*, Vol. 123, pp. 1-14.

22. Deign, J. (2020), "5 emerging energy technologies to watch out for in 2020", *Greentech Media*, available at: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/5-emerging-energy-technologies-to-watchout-for-in-2020> (access date July 30, 2022).

23. Deign, J. "Floating solar gets ready for the high seas", *Greentech Media*, available at: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/floating-solar-gears-up-forthe-high-seas> (access date July 30, 2022).

24. Electricity interconnectors, *Ofgem*, available at: <https://www.ofgem.gov.uk/electricity/transmission-networks/electricity-interconnectors> (access date July 30, 2022).

25. Heliogen's new tech could unlock renewable energy for industrial manufacturing, available at: <https://techcrunch.com/2019/11/19/heliogens-new-technology-could-unlock-renewable-energy-for-industrial-manufacturing> (access date July 30, 2022).

26. Hosseini, S.E. and Wahid, M.A. (2016), "Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: Promising green energy carrier for clean development". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 57, pp. 850-866.

27. Tang, Y. (2020), "High-Level Pyridinic-N-Doped Carbon Nanosheets with Promising Performances Severed as Li-Ion Battery Anodes", *Energy Technology*, Volume 8, Issue 9, available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ente.202000361> (access date July 30, 2022).

28. Yan, Z., Zou, B., Du, K. and Li K. (2020), "Do renewable energy technology innovations promote China's green productivity growth? Fresh evidence from partially linear functional-coefficient models", *Energy Economics*, Volume 90, available at: <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v90y2020ics0140988320301821.html> (access date July 30, 2022).