

УДК 620.92

DOI: 10.37332/2309-1533.2024.4.35

JEL Classification: F21, Q20, Q21, Q40, Q42

Пуцентейло П.Р.,
д-р екон. наук, професор, професор кафедри
бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу,
Бруханський Р.Ф.,
д-р екон. наук, професор, завідувач кафедри
бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу,
Брич Б.В.,
доктор філософії, старший викладач
кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу,
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ТА ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ЄС: АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОГНОЗНІ ОЦІНКИ

Putsenteilo P.R.,
*dr.sc.(econ.), professor, professor at the department
of business analytics and innovative engineering,*
Brukhanskyi R.F.,
*dr.sc.(econ.), professor, head at the department
of business analytics and innovative engineering,*
Brych B.V.,
*PhD, senior lecturer the department of business analytics,
and innovative engineering,
West Ukrainian National University, Ternopil*

REGULATORY, LEGAL, ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY IN THE EU: ANALYSIS OF PRODUCTION AND FORECAST ESTIMATES

Постановка проблеми. Енергетика є однією з головних рушійних сил сучасної інфраструктури та прогресу в Європейському Союзі, де всі аспекти життя – від домашнього господарства до промисловості, транспорту, сільського господарства, охорони здоров'я, освіти та розваг – стають дедалі більш залежними від стабільного енергопостачання.

Сценарій домінування викопного палива в ЄС стикається з низкою викликів. По-перше, запаси традиційних енергоносіїв, таких як природний газ і нафта, виснажуються, а залежність від імпорту з геополітично нестабільних регіонів, зокрема росії, створює серйозні ризики для енергетичної безпеки. Наприклад, після початку війни в Україні у 2022 році ЄС зіткнувся з різким скороченням поставок російського газу, що призвело до енергетичної кризи: ціни на газ у 2022 році зросли в середньому на 300 %, а в деяких країнах, як-от Німеччина, домогосподарства зіткнулися з підвищенням рахунків за опалення на 50–70 %. По-друге, зміна клімату залишається критичною проблемою, адже викопне паливо є основним джерелом викидів парникових газів. ЄС поставив амбітну мету скоротити викиди CO₂ на 55 % до 2030 року (порівняно з 1990 роком), що вимагає швидкого переходу до відновлюваних джерел енергії та енергоефективних технологій.

Донедавна інфраструктура енергопостачання ЄС традиційно спиралася на централізований підхід. Однак сучасні виклики, такі як зростання попиту на енергію, необхідність декарбонізації та розвиток відновлюваних джерел, зумовлюють перехід до більш гнучких і децентралізованих моделей енергопостачання.

Для вирішення енергетичних проблем Європейський Союз активно впроваджує низку інноваційних і сталих практик, спрямованих на децентралізацію енергосистем, підвищення енергоефективності, інтеграцію відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та забезпечення енергетичної безпеки. Ці практики є частиною більш ширшої стратегії, зокрема Європейського зеленого курсу

(European Green Deal), який має на меті зробити Європу кліматично нейтральним континентом до 2050 року.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика розвитку відновлювальних джерел енергії є предметом активного вивчення в сучасній науковій літературі, що відображено в численних наукових працях, присвячених аналізу технологічних, економічних, екологічних та соціальних аспектів їх впровадження. Зокрема, значний внесок у дослідження цієї галузі здійснили провідні вчені та дослідники, серед яких: Бобров Є. [1], Войтко С., Гелетуха Г., Дороніна І. [2], Клименко В., Кудря С. [3], Кузнецов М., Лежнюк П. [4], Морозов Ю., Плешков П., Репкін О., Ташеев Ю. [5] та ін., чії праці зосереджені на розробці інноваційних технологій виробництва енергії, оптимізації інтеграції ВДЕ в енергосистеми, а також оцінюванні їх впливу на сталий розвиток. Окремі дослідження присвячено аналізу бар'єрів, пов'язаних із технічними обмеженнями, фінансовими викликами та регуляторними аспектами, що перешкоджають масштабуванню ВДЕ. Завдяки міждисциплінарному підходу, ці роботи сприяють формуванню теоретичної бази та практичних рекомендацій для подальшого розвитку відновлювальної енергетики в глобальному та міжрегіональному контекстах.

Проблематика розвитку ВДЕ в країнах Європейського Союзу є предметом ґрунтовного аналізу в сучасній науковій літературі. Значний внесок у дослідження цієї проблематики здійснили такі автори, як Bórawski P. [6], Burcea S., Colesca S., Milek D. [7], Mohtasham J. [8], Pacasila M. [9], Potrč S. [10], Twidell J. [11]. У статтях обґрунтовано досягнення вуглецевої нейтральності ЄС до 2050 року та реалізації цілей Паризької угоди, розроблено модель сталого енергетичного переходу для країн ЄС-27, доведено перспективи розвитку енергетичного сектору, що матиме позитивний вплив на економічні, екологічні та соціальні складові сталого розвитку.

Однак, ще низка питань потребує подальшого дослідження для забезпечення ефективного енергетичного переходу в ЄС. Зокрема, залишаються відкритими питання оптимізації інфраструктури для інтеграції ВДЕ у загальноєвропейській енергосистемі, удосконалення технологій зберігання енергії та забезпечення стабільності мережі за умов мінливості виробництва ВДЕ. Крім того, необхідним є аналіз наслідків переходу, зокрема розробка механізмів фінансування для країн із різним рівнем економічного розвитку. Подальші дослідження також мають зосередитися на гармонізації регуляторних рамок ЄС, щоб сприяти масштабуванню інноваційних рішень, таких як використання водню та біопродуктів, та забезпечити їх економічну конкурентоспроможність.

Постановка завдання. Метою статті є дослідити нормативно-правове та економіко-організаційне забезпечення розвитку відновлюваної енергетики в Європейському Союзі, здійснити аналіз динаміки виробництва енергії з ВДЕ у 2010–2023 роках, а також надати прогностичні оцінки розвитку сектору до 2028 року з урахуванням сучасних стратегічних орієнтирів ЄС.

Виклад основного матеріалу дослідження. Енергопостачальна інфраструктура Європейського Союзу історично ґрунтувалася на централізованій моделі, яка передбачає зосередження виробництва електроенергії на великих електростанціях і подальше її транспортування до споживача через розгалужені високовольтні мережі. Такий підхід забезпечував стабільність та контрольованість енергопостачання, зокрема за рахунок атомних електростанцій у Франції та вугільних ТЕС у Польщі, які відігравали ключову роль у національних енергосистемах. Проте централізовані системи мають значні недоліки: вони дорогі в розробці та обслуговуванні, а втрати енергії під час передачі можуть сягати 10 %. Крім того, такі системи вразливі до перебоїв, спричинених природними катастрофами чи кібератаками, що стало очевидним під час урагану в Італії у 2023 році, коли 16 тис. домогосподарств залишилися без електрики на декілька днів.

Так, наприклад, атомна енергетика відіграє провідну роль у виробництві електроенергії у Франції: станом на 1 січня 2024 року її частка в загальному енергобалансі країни становила 63 % – найвищий показник у світі. На території Франції функціонувало 19 атомних електростанцій [12].

Проте з розвитком технологій відновлюваної енергетики, зростанням вимог до декарбонізації та підвищенням попиту на гнучкість постачання, традиційна централізована модель поступово втрачає свою ефективність. Це сприяє переходу до більш децентралізованих рішень, зокрема розподіленої генерації, смарт-мереж (smart grids) та інтеграції цифрових технологій, які дозволяють оптимізувати баланс попиту та пропозиції в режимі реального часу, а також підвищити енергоефективність і стійкість енергосистем до зовнішніх впливів, зокрема геополітичних ризиків та кліматичних викликів.

Для вирішення цих проблем ЄС активно впроваджує європейські практики, спрямовані на децентралізацію та інтеграцію ВДЕ. Наприклад, у Данії, яка є лідером у вітровій енергетиці (вітрові електростанції забезпечують понад 50 % електроенергії), широко використовуються мікромережі (microgrids), що дозволяють локальним громадам самостійно генерувати та розподіляти енергію. У Німеччині програма Energiewende (енергетичний перехід) стимулює встановлення сонячних панелей на дахах приватних будинків: у 2023 році понад 2 мільйони домогосподарств генерували власну енергію, а надлишки продавали в мережу завдяки розумним лічильникам і технологіям Smart Grid. У Швеції активно розвивається біоенергетика: біопаливо забезпечує 36 % енергії, а Стокгольм використовує відходи для опалення 80 % міста.

Відповідно до Директиви про відновлювані джерела енергії, ЄС збільшив свою ціль щодо відновлюваних джерел енергії до 2030 року з 32 % до 42,5 %. Частка ВДЕ у валовому споживанні енергії на рівні ЄС досягла 23 % у 2022 році (у 2021 році на ВДЕ припадало 21,9 %). Країною ЄС, яка використовувала найбільше відновлюваної енергії у 2022 році, була Швеція. Майже дві третини її валового кінцевого споживання енергії було отримано з ВДЕ. Швеція покладалася в основному на гідро- і вітроенергетику, тверде та рідке біопаливо, а також теплові насоси. На другому місці опинилася Фінляндія з 47,9 % енергії з відновлюваних джерел. Ця скандинавська країна також покладалася на гідро- і вітроенергетику й тверде біопаливо. Далі йде Латвія з 43,3 %, яка в основному залежить від гідроенергетики. Данія (41,6 %) і Естонія (38,5 %) отримали більшу частину ВДЕ з енергії вітру й твердого біопалива. Португалія (34,7 %) покладалася на тверде біопаливо, вітро- і гідроенергетику та теплові насоси, тоді як Австрія (33,8 %) використовувала переважно гідроенергетику і тверде біопаливо. Найнижча частка ВДЕ зафіксована в Ірландії (13,1 %), Мальті (13,4 %), Бельгії (13,8 %) та Люксембурзі (14,4 %). Загалом 17 із 27 членів ЄС повідомили, що у 2022 році частка ВДЕ у їхніх країнах були нижче за середній показник по ЄС (23 %) [13].

Незважаючи на ці досягнення, забезпечення екологічно чистою енергією залишається проблемою в ЄС, особливо для країн Східної Європи, таких як Болгарія чи Румунія, де значна частина населення витрачає понад 10 % доходу на енергоносії, що класифікується як енергетична бідність. Для подолання цих викликів ЄС інвестує в інновації: у 2024 році в рамках програми Horizon Europe було виділено 1,5 мільярда євро на проекти з енергоефективності, зокрема на розвиток водневих технологій і систем накопичення енергії. Таким чином, перехід до децентралізованих, інтелектуальних і зелених енергосистем є ключовим для забезпечення енергетичної безпеки, сталого розвитку та економічної стабільності в ЄС [14].

На сьогодні ЄС є лідером з розробки та реалізації низки організаційно-економічних інструментів, спрямованих на заохочення виробництва енергії з ВДЕ. Ефективне впровадження дієвих схем підтримки урядами країн-членів ЄС сприяло суттєвому збільшенню «зеленої» генерації за останні декілька років [15, с. 139-140].

Огляд правових норм щодо відновлюваних джерел енергії в Європейському Союзі станом на 2024 рік базується на ключових директивах, регламентах та національних законодавчих ініціативах країн-членів ЄС, спрямованих на декарбонізацію, підвищення енергетичної безпеки та досягнення кліматичних цілей. Основні законодавчі акти ЄС щодо ВДЕ наступні:

1. Директива ЄС 2018/2001 (Renewable Energy Directive, RED II) від 11 грудня 2018 року [16]. Ця директива, також відома як Директива про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел, є основним документом, що регулює розвиток ВДЕ в ЄС. Ключові положення цієї Директиви полягають у такому:

- держави-члени повинні колективно забезпечити, щоб частка енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії в Союзі у 2030 році була на рівні принаймні 32 %;
- сприяння розвитку електроенергії з ВДЕ через спрощення адміністративних процедур (Стаття 15);
- стабільність фінансової підтримки (Стаття 6), включаючи рекомендації щодо уникнення ретроспективних змін у схемах підтримки;
- заохочення транскордонної співпраці, зокрема через механізми, що дозволяють країнам відкривати свої схеми підтримки для виробників ВДЕ з інших країн-членів (5 % до 2025 року, 10 % до 2030 року);
- вимоги до використання ВДЕ в транспортному секторі (не менше 14 % до 2030 року) [16].

2. Директива (ЄС) 2019/944 та Регламент (ЄС) 2019/943. Ці документи регулюють внутрішній ринок електроенергії в ЄС і сприяють інтеграції ВДЕ. Так, Директива 2019/944 встановлює правила для ринкової конкуренції, дозволяючи виробникам ВДЕ брати участь у ринкових механізмах без дискримінації [17].

Регламент 2019/943 визначає принципи доступу до мережі для ВДЕ, включаючи пріоритетне підключення та диспетчеризацію; забезпечує відповідні механізми підтримки доступу до мережі для малих та децентралізованих установок ВДЕ (домашніх сонячних панелей); сприяння розвитку систем накопичення енергії для компенсації змінного характеру ВДЕ (вітрової та сонячної енергії) [18].

3. REPowerEU (2022). План REPowerEU, запроваджений у відповідь на енергетичну кризу та залежність від російських енергоносіїв, посилює підтримку ВДЕ. Метою є прискорення переходу до «зеленої» енергії, зокрема шляхом збільшення частки ВДЕ у виробництві електроенергії та водню:

- спрощення процедур ліцензування для проектів ВДЕ;
- збільшення інвестицій у сонячну, вітрову та геотермальну енергію, а також у «зелений» водень [19].

4. Національні плани з енергетики та клімату (NECPs). В ЄС розроблені і затверджені 10-річні національні плани країн ЄС у сфері енергетики та клімату на 2021–2030 роки [20].

Національні енергетичні та кліматичні плани (НЕКП) є важливим інструментом стратегічного планування для забезпечення справедливої, стійкої та кліматично нейтральної Європи, а також для

спрямування вкрай необхідних інвестицій для кліматичного та енергетичного переходу, допомагаючи мобілізувати приватні та державні витрати.

НЕКП дають змогу кожній країні ЄС окреслити точні дії та політику для досягнення кліматичних та енергетичних цілей на 2030 рік і виконання ширших цілей Енергетичного союзу. НЕКП, що вимагаються Регламентом (ЄС) 2018/1999 про управління Енергетичним союзом та діями щодо клімату (Регламент управління), вперше були сформовані у 2020 році та з того часу оновлювалися, щоб врахувати амбітні цілі, встановлені Європейською зеленою угодою, законодавчим пакетом «Fit for 55» та планом RepowerEU [20].

НЕКП визначають, як країни ЄС будуть виконувати п'ять вимірів Енергетичного союзу:

- декарбонізація;
- енергоефективність;
- енергетична безпека;
- внутрішній енергетичний ринок;
- дослідження, інновації та конкурентоспроможність [20].

Кожна країна-член ЄС розробляє власний НЕКП, який відповідає цілям RED II. Ці плани включають:

- конкретні цілі щодо частки ВДЕ у секторах електроенергії, опалення та транспорту;
- деталізовані схеми підтримки, такі як аукціони, «зелені» тарифи та сертифікати походження.

Основні схеми підтримки ВДЕ в ЄС передбачають:

- «зелені» тарифи (Feed-in Tariffs, FiT);
- гарантована ціна за кіловат-годину для виробників ВДЕ, що забезпечує стабільний дохід.

«Зелений» тариф («зелений» тариф, «фіт», стандартний контракт-пропозиція, розширений тариф на відновлювану енергетику, або платежі за відновлювану енергетику) – це політичний механізм, призначений для прискорення інвестицій у технології відновлюваної енергетики шляхом пропонування довгострокових контрактів виробникам відновлюваної енергії. Це означає обіцянку виробникам відновлюваної енергії ціни вище ринкової та забезпечення цінової визначеності й довгострокових контрактів, які допомагають фінансувати інвестиції у відновлювану енергетику [21].

«Зелені» тарифи включають три ключові положення:

- гарантований доступ до мережі;
- довгострокові контракти;
- ціни закупівлі на основі собівартості [21].

Згідно із «зеленим тарифом», виробники відновлюваної електроенергії, що відповідають вимогам, отримують ціну на основі собівартості за відновлювану електроенергію, яку вони постачають до мережі. Це дозволяє розвивати різноманітні технології (вітрову, сонячну, біогазову тощо) та забезпечує інвесторам розумну прибутковість.

На тлі розвитку енергетичних ринків та зростання частки ВДЕ, традиційна система «зелених» тарифів почала втрачати свою ефективність. З метою підвищення ринкової інтеграції відновлюваних джерел та зменшення навантаження на бюджети, більшість країн ЄС поступово переходили до інших моделей підтримки. Однією з таких моделей стала схема премій за участь у ринку (FIP) (фінансова інвестиційна підтримка) [22].

Згідно зі схемою «зеленої» премії (FIP), електроенергія з відновлюваних джерел енергії зазвичай продається на спотовому ринку електроенергії, а виробники з ВДЕ отримують премію понад ринкову ціну виробництва електроенергії. FIP може бути фіксованою (тобто на постійному рівні, незалежно від ринкових цін), або ковзною (тобто зі змінними рівнями залежно від динаміки ринкових цін). Фіксовані FIP мають простішу конструкцію, але існує ризик надмірної компенсації у разі високих ринкових цін та недостатньої компенсації у разі низьких ринкових цін. Тому фіксовані FIP зазвичай поєднуються із заздалегідь визначеними мінімальними та максимальними рівнями («нижня межа» та «верхня межа») або для FIP, або для загальної винагороди (FIP + ринкова ціна). Ковзаючі (або «плаваючі») FIP розраховуються на постійній основі як різниця між ринковими (технологічно-специфічними) цінами (зазвичай усередненими за певний період часу, наприклад, один місяць) та заздалегідь визначеним рівнем референтного тарифу (часто відповідним існуючому «зеленому» тарифу). Якщо ринкові ціни вищі за рівень референтного тарифу, FIP не сплачується. У деяких випадках також існує мінімальна ринкова ціна, яка використовується для розрахунку пільгового внеску (FIP), щоб підвищити чутливість операторів ВДЕ до ринкових цін та зменшити витрати схеми підтримки ВДЕ у разі низьких або навіть негативних ринкових цін.

FIP можна диференціювати за технологіями, розміром та місцем розташування так само, як це робиться для FiT. Також існує можливість виплати додаткових технологічних бонусів понад FIP. У деяких випадках управлінський бонус виплачується для покриття додаткових витрат оператора ВДЕ, пов'язаних з прямим продажем електроенергії на спотовому ринку (вартість послуг балансування та адміністративні витрати на торгівлю електроенергією). Також можливий механізм зниження для FIP або максимальні рівні винагороди.

Важливим компонентом сучасної моделі підтримки відновлюваної енергетики, орієнтованої на ринкові механізми та прозорість, є система підтвердження джерел виробництва енергії. Одним із ключових інструментів у цьому контексті виступають гарантії походження (Guarantees of Origin – GoO).

Гарантії походження – це електронні сертифікати, що гарантують походження електроенергії. Мета полягає в тому, щоб показати кінцевому споживачеві, як була вироблена певна частка електроенергії [23].

Гарантії походження можна купувати та продавати на відкритому ринку, який включає виробників, постачальників та трейдерів електроенергії. Так, наприклад, існує два типи гарантії походження, котрі видаються в межах шведської доменної зони. Національні свідоцтва про право власності, якими можна торгувати в межах Швеції, та міжнародні свідоцтва про право власності (EECS-GO), які можна передавати до інших європейських доменів, що є членами Асоціації органів видачі (AIB) та підключені до центру даних AIB. Виробники електроенергії отримують одне Національне свідоцтво про прибуток (GO) або одне EECS-Go за кожну вироблену МВт·год. GO показує, з якого джерела енергії походить електроенергія. Go можуть бути видані для будь-якого виду виробництва електроенергії. Постачальник електроенергії купує кількість GO, еквівалентну кількості проданої ним електроенергії [23].

Ці електронні документи засвідчують, що певний обсяг електроенергії був вироблений з відновлюваних джерел. Наприклад, у Німеччині, Франції та Нідерландах сертифікати походження широко використовуються не лише як інструмент звітності, але й як товар на спеціалізованих ринках (наприклад, на платформі AIB Hub). Вони дозволяють споживачам – зокрема великим корпораціям – підтверджувати екологічність свого енергоспоживання, а виробникам – отримувати додаткову вартість за «зелену» енергію. Отже, гарантії походження є офіційними документами, які підтверджують, що певний обсяг електроенергії вироблено з відновлюваних джерел енергії; вони можуть виступати як окремий товар на енергетичному ринку та слугують інструментом стимулювання попиту на «зелену» енергію. Система гарантії походження виконує одночасно функцію прозорості, маркетингового просування ВДЕ та інструмента для досягнення цілей сталого розвитку.

У межах політики підтримки ВДЕ важливу роль відіграють не лише ринкові механізми, а й фіскальні інструменти, які використовуються урядами країн Європейського Союзу. Значну увагу приділено створенню стимулюючого середовища для розвитку ВДЕ шляхом запровадження податкових пільг, звільнення від ПДВ, а також надання прямих грантів на встановлення енергоощадного обладнання. Ці заходи забезпечують доступність «зеленої» енергетики для широкого кола споживачів, сприяють розвитку децентралізованої генерації та пришвидшують енергетичний перехід. До них належать:

- податкові пільги;
- податкові кредити;
- інвестиційні знижки;
- швидка амортизація обладнання ВДЕ;
- звільнення від ПДВ (придбання, монтаж сонячних панелей до 35 кВт);
- державні гранти (програми LIFE, InvestEU, Modernisation Fund, Just Transition Fund).

У країнах Європейського Союзу розвиток відновлюваної енергетики протягом останніх десятиліть відбувався за підтримки широкого спектра державних і наднаціональних механізмів стимулювання. Комплексна система підтримки, що включає ринкові, фінансові та регуляторні інструменти, дозволила країнам ЄС значно збільшити частку ВДЕ в енергетичному балансі. Такий підхід забезпечив не лише залучення інвестицій, а й технологічну модернізацію галузі та підвищення енергетичної безпеки.

Оскільки розвиток відновлюваної енергетики в Європейському Союзі базується на принципах диверсифікації джерел та технологічної модернізації енергетичної системи, доцільним є аналіз співвідношення між різними видами відновлюваних джерел енергії у загальному енергобалансі. Такий підхід дозволяє оцінити ефективність реалізованої політики країн-членів ЄС щодо підтримки окремих технологій: вітрової, сонячної, гідро- та біоенергетики та дає змогу простежити ключові тенденції розвитку галузі, ступінь активності впровадження окремих технологій, а також їхній внесок у формування «зеленої» генерації в ЄС (рис. 1).

У період 2013–2022 років виробництво електроенергії з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Європейському Союзі зросло з 855,5 ТВт·год до 1084,1 ТВт·год, що становить приріст на 26,7 %. Це зростання свідчить про послідовну реалізацію кліматичної політики ЄС, спрямованої на декарбонізацію енергетичного сектору.

Виробництво електроенергії за допомогою вітрогенераторів зросло з 236,6 ТВт·год у 2013 році до 421,3 ТВт·год у 2022 році або на 78,1 %. Частка вітроенергетики в загальній структурі ВДЕ збільшилася з 27,7 % до 38,9 %, що зробило її провідним джерелом відновлюваної генерації в ЄС.

Виробництво електроенергії з гідроресурсів знизилося з 369,5 ТВт·год у 2013 році, проте у 2014 році спостерігався максимальний рівень – 374,0 ТВт·год до 276,2 ТВт·год у 2022 році або на –25,3 %.

Частка гідроенергетики зменшилася з 43,2 % до 25,5 %, що свідчить про втрату домінуючої ролі цього джерела.

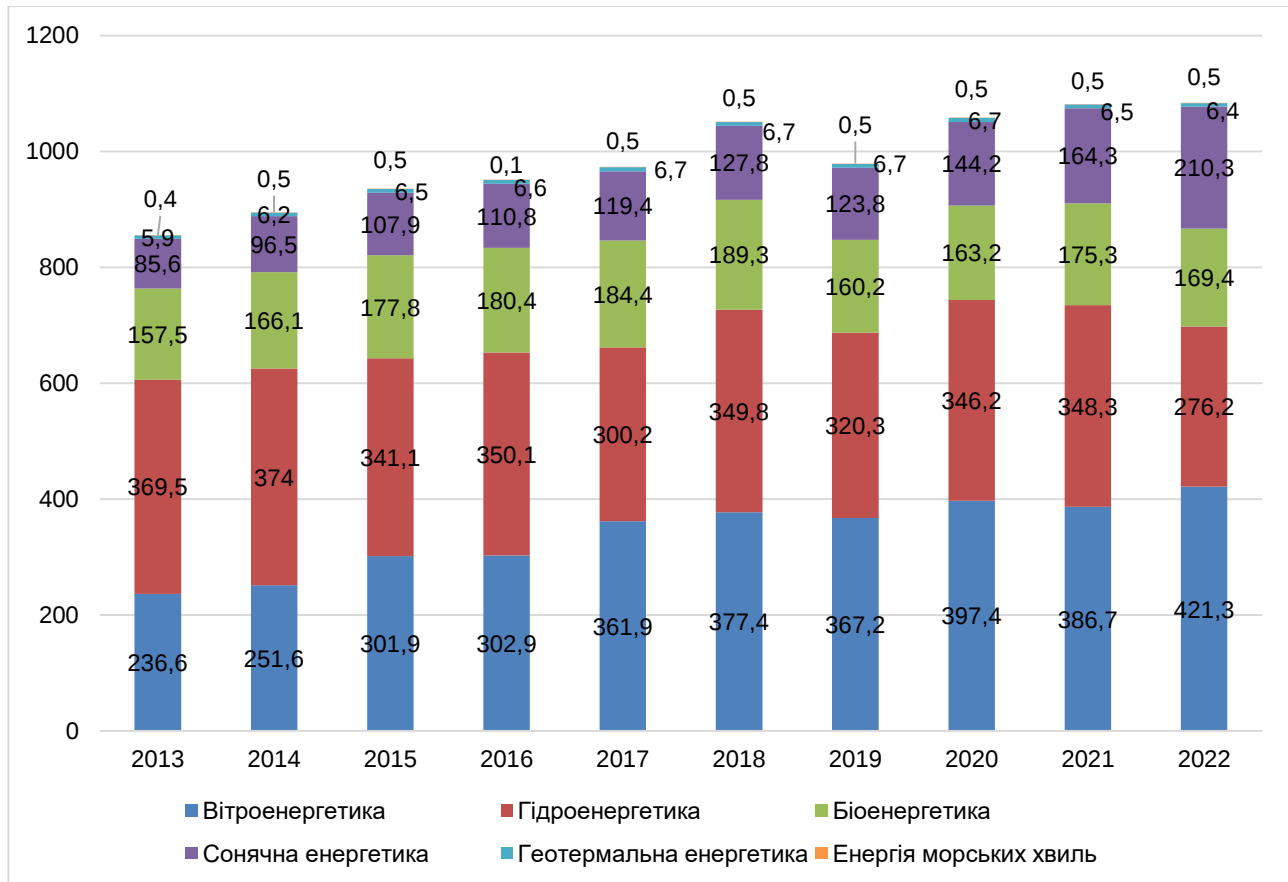


Рис. 1. Структура відновлюваної електроенергії в Європейському Союзі, за джерелами енергії (в терават-годинах)

Джерело: [24]

Виробництво електроенергії з біоенергії зросло з 157,5 ТВт·год у 2013 році до 169,4 ТВт·год у 2022 році або на 7,6 %. Найвищий показник зафіксовано у 2018 році – 189,3 ТВт·год. Частка біоенергії у загальному обсязі виробництва електроенергії з ВДЕ скоротилася з 18,4 % у 2013 році до 15,6 % у 2022 році.

Сонячна енергетика продемонструвала найвищий темп зростання серед усіх джерел: з 85,6 ТВт·год у 2013 році до 210,3 ТВт·год у 2022 році або +145,7 %. Її частка зростає з 10,0 % до 19,4 %.

Виробництво електроенергії з геотермальних джерел залишалося стабільним, проте зростання було незначним, з 5,9 ТВт·год у 2013 році до 6,4 ТВт·год у 2022 році або 8,5 %. Частка цього джерела у загальному обсязі ВДЕ залишалася незначною: 0,7 % у 2013 році та 0,6 % у 2022 році.

Виробництво електроенергії з морських хвиль залишалося мінімальним, коливаючись у межах 0,4–0,5 ТВт·год протягом 2013–2022 років. Частка цього джерела у структурі ВДЕ була практично незначною (менше 0,1 %).

Отже, за період 2013–2022 років структура відновлюваної генерації в ЄС зазнала суттєвих трансформацій. Так, вітрова та сонячна енергетика стали ключовими драйверами зростання, завдяки економічній ефективності, технологічному розвитку та політичній підтримці. Гідроенергетика втратила позицію лідера через кліматичні ризики та вичерпаний потенціал. Біоенергетика зберігає стабільну роль, але її розвиток стримується екологічними і соціально-економічними чинниками. Геотермальна енергія та енергія морських хвиль мають обмежений вплив на загальний енергетичний баланс. Загальний приріст виробництва ВДЕ на 26,7 % підтверджує ефективність кліматичної політики ЄС.

Розвиток відновлюваної енергетики в Європейському Союзі значною мірою залежить від нарощування інфраструктури та технологічних потужностей, які забезпечують генерацію чистої енергії. Для оцінювання цього прогресу важливо розглянути динаміку виробничих потужностей, що відображає готовність європейських країн до переходу на альтернативні джерела енергії. На рис. 2 представлено дані про виробничі потужності відновлюваної енергетики в ЄС за період з 2012 по 2022 роки, що дозволяє простежити ключові тенденції та етапи цього розвитку.

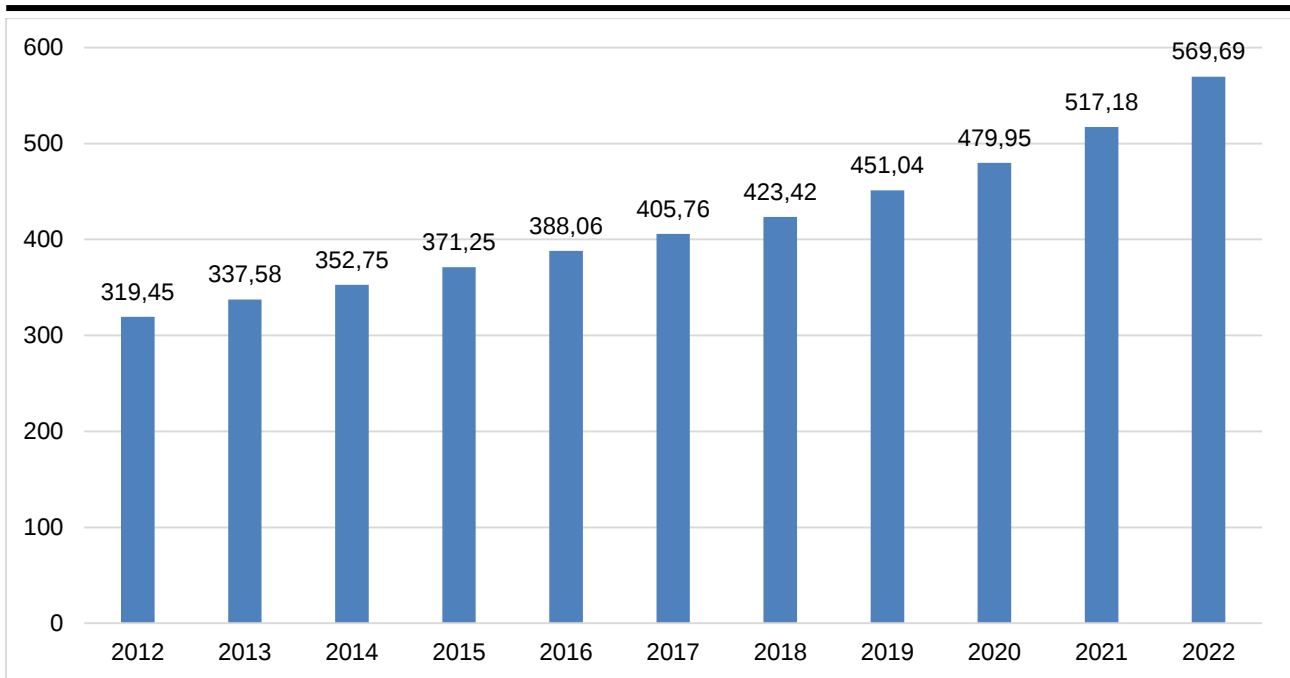


Рис. 2. Виробничі потужності відновлюваної енергетики в Європейському Союзі у 2012–2022 роках (в гігаватах)

Джерело: [25]

Потужність відновлюваних джерел енергії зросла з 319,45 ГВт у 2012 році до 569,69 ГВт у 2022 році, що відповідає приросту на 250,24 ГВт або 78,3 %. Середньорічний темп зростання становив близько 6,0 %. Найвищий річний приріст спостерігався протягом 2021–2022 (+52,51 ГВт, 10,2 %), найнижчий річний приріст – 2015–2016 (+16,81 ГВт, 4,5 %). Це свідчить про значне збільшення інвестицій у відновлювані джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, гідроенергетика та біоенергетика, що ймовірно, зумовлено геополітичними чинниками, зокрема війною в Україні та загрозами енергетичній безпеці європейських країн.

Внесок окремих європейських країн у розвиток відновлюваних джерел енергії відображено на рис. 3.

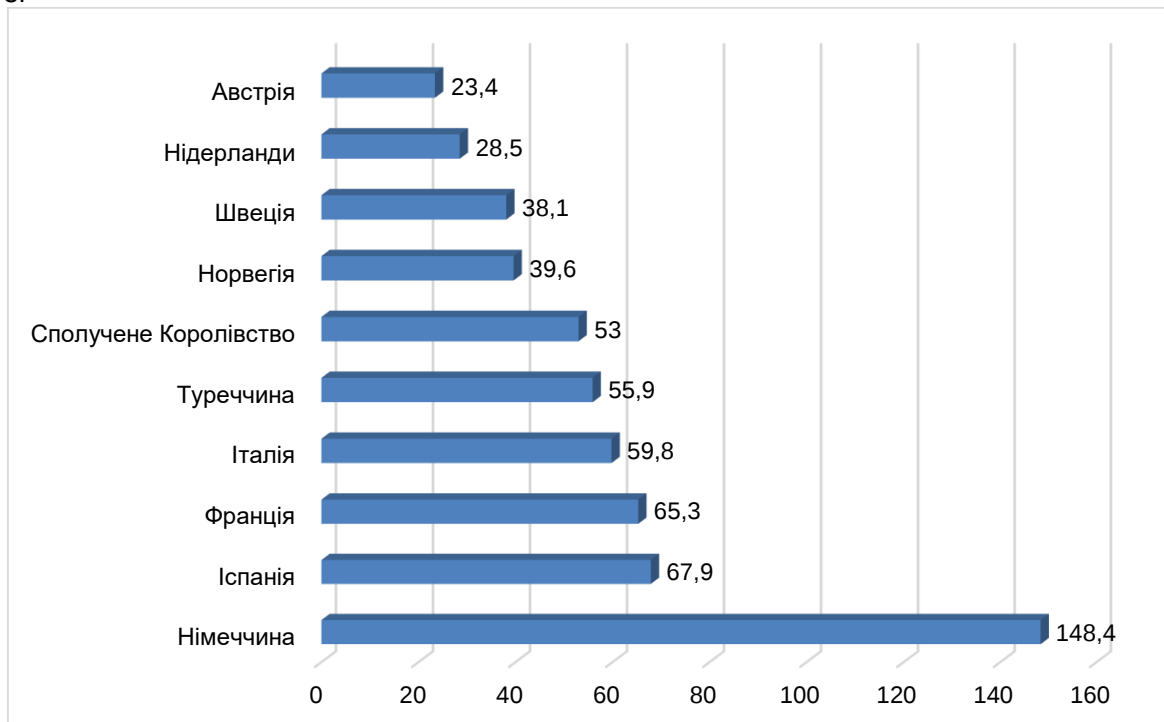


Рис. 3. Загальна потужність відновлюваної енергетики в Європі у 2022 році, за країнами-лідерами (у мегаватах)

Джерело: [26]

Потужність відновлюваної енергетики окреслених на рис. 3 європейських країн становила у 2022 році 542,2 МВт або 76,8 %. Так, Німеччина, володіючи 148,4 МВт, є беззаперечним лідером, займаючи 27,4 % від сумарної потужності 9 країн і приблизно 21 % від загального європейського потенціалу. Іншими лідерами є Іспанія (67,9 МВт або 12,5 %), Франція (65,3 МВт або 12,1 %) та Італія (59,8 МВт або 11,0 %), котрі формують групу країн із значним внеском 35,6 %.

Німецьке лідерство зумовлене т.зв. «Енергетичним переходом» [27], що передбачає відмову від ядерної енергії та акцент на ВДЕ (вітрова енергія на півночі, сонячна на півдні). Кожна із представлених країн має специфічні умови розвитку ВДЕ. Так, наприклад, Іспанія та Італія мають розвинену сонячну енергетику завдяки клімату, а також вітрову енергію на узбережжі морів; для Франції, Швеції та Норвегії значний внесок у ВДЕ вносить гідроенергетика; у Нідерландах переважає розвиток вітрової енергетики. Цьому сприяли такі чинники:

– політичні – Директиви ЄС про обов'язкову частку ВДЕ в енергетичному балансі (20 % ВДЕ до 2020 року, 32 % до 2030 року, 45 % після REPowerEU), що сприяло стимулюванню інвестицій окремих країн (Німеччина, Іспанія, Туреччина);

– технологічні – зниження вартості сонячних панелей (на 80 % протягом 2010–2020 років) і вітрових турбін сприяло розширенню потужностей у Німеччині, Іспанії та Італії, інтеграція Smart Grids і штучного інтелекту (AI) для оптимізації мереж у Нідерландах і Німеччині;

– геополітичні – військова агресія росії проти України і санкції проти росії підвищили попит на ВДЕ в Європі, особливо в Німеччині та Нідерландах, для зменшення залежності від російського газу.

Отже, сумарна потужність 9 країн (542,182 МВт або 76,8 %) вказує на істотну концентрацію розвитку ВДЕ в зазначених країнах. Решта 23,2 % потужностей ВДЕ припадають на такі країни, як Польща, Греція, Данія, що може свідчити про нерівномірність інвестицій і наявні географічні можливості. Усе це вказує на потребу в розширенні підтримки менш розвинених країн Східної Європи.

Для оцінювання загального прогресу Європейського Союзу у впровадженні відновлюваних джерел енергії та їхнього внеску в енергетичний баланс доцільно розглянути зміну частки відновлюваної енергії у валовому споживанні енергії за період 2012–2022 років. Ці дані наочно представлені на рис. 4, який ілюструє динаміку зростання частки відновлюваних джерел у загальному енергоспоживанні ЄС, відображаючи ефективність реалізації стратегій декарбонізації та цілей Європейської зеленої угоди.

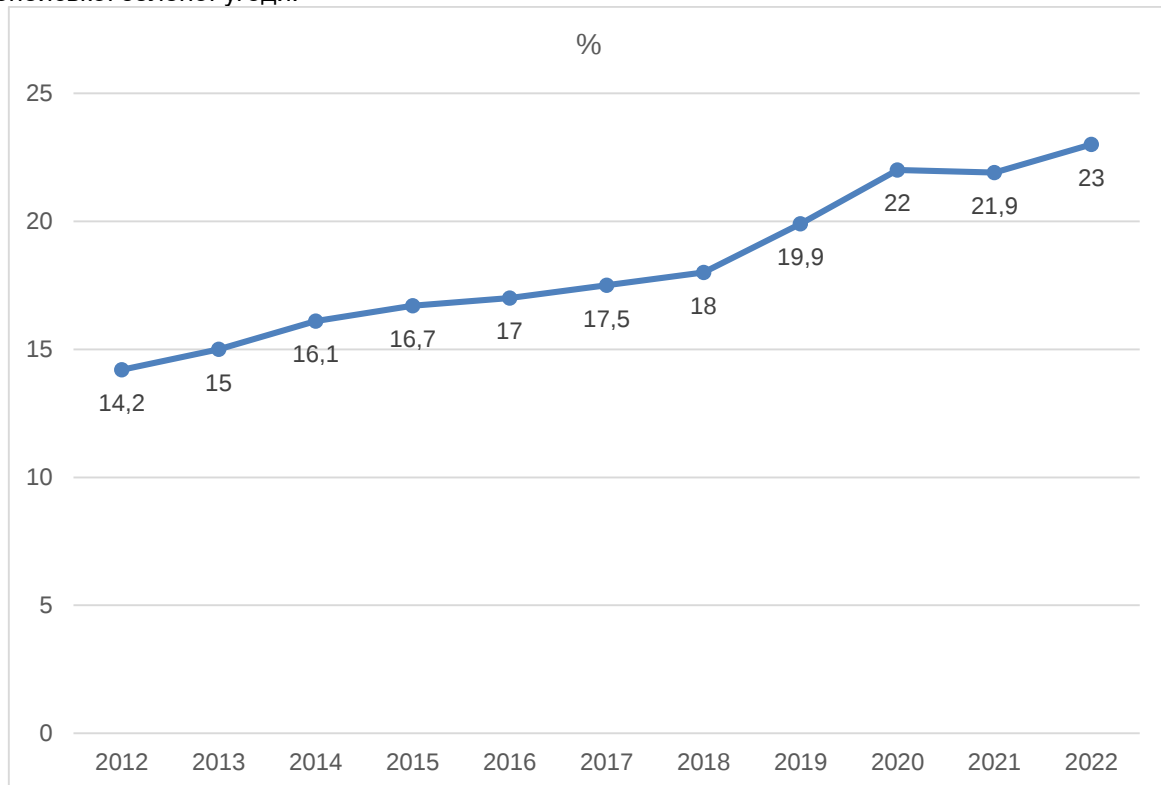


Рис. 4. Частка відновлюваної енергії у валовому споживанні енергії в Європейському Союзі з 2012 по 2022 рік

Джерело: [28]

Згідно з даними, наведеними на рис. 4, частка відновлюваних джерел енергії у загальному енергобалансі зросла з 14,2 % у 2012 році до 23,0 % у 2022 році, що становить приріст на 8,8 відсоткових пункти, або 62 % відносно базового рівня (14,2 %) і відображає ефективність політики

декарбонізації, спрямованої на зменшення залежності від викопного палива. Найбільше річне зростання було зафіксовано у 2019–2020 роках і становило +2,1 в.п., що, ймовірно, пов'язано з пандемією COVID-19, яка зумовила різке зниження споживання викопного палива. Середньорічний темп зростання частки ВДЕ протягом зазначеного періоду становив приблизно 4,9 %, це дає підстави очікувати, що за умови збереження нинішніх тенденцій ЄС має високі шанси на досягнення цілей у сфері кліматичної нейтральності. Однак для подальшого прогресу необхідно забезпечити стабільне фінансування, модернізацію інфраструктури та зменшення бар'єрів для інтеграції ВДЕ в енергосистему.

Потенціал відновлюваної енергетики в Європі у 2010–2023 рр. проаналізовано на рис. 5. Відновлювана енергетика, включаючи сонячну, вітрову, гідроенергетику та біоенергію, є ключовим напрямом для досягнення цілей сталого розвитку та декарбонізації, зокрема в контексті Європейського зеленого курсу та цілей COP28 (подвоєння енергоефективності до 2030 року). Аналіз цих даних дозволяє оцінити динаміку розвитку сектору, визначити ключові тенденції та зробити обґрунтовані прогнози для підготовки до майбутніх сценаріїв.

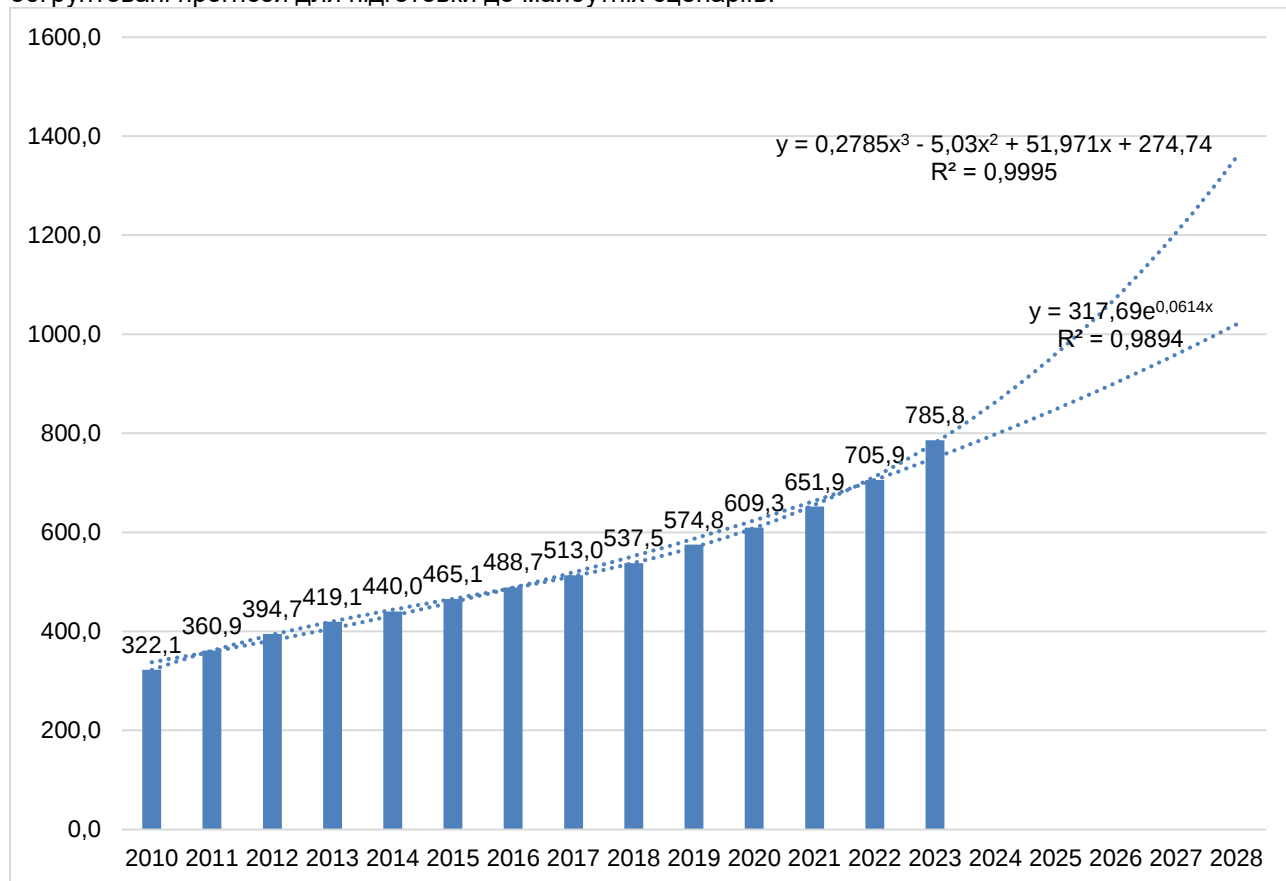


Рис. 5. Потенціал відновлюваної енергетики в Європі у 2010–2023 роках та прогноз до 2028 року (у мегаватах)

Джерело: [29]

За період із 2010 по 2023 рік потенціал відновлюваної енергетики зріс із 322,1 МВт до 785,8 МВт, тобто на 463,7 МВт, що становить приріст у 144 %. Загальний приріст за ці роки становив 35,6 МВт на рік або 7 %. Однак, зростання відбувалося досить нерівномірно і цей період можна умовно розділити на три періоди. Так, наприклад, протягом 2010–2015 років (перший період) зростання відбулося із 322,1 МВт до 465,1 МВт (143,0 МВт за 5 років), середньорічний приріст становив 28,6 МВт або 7,6 % на рік. Протягом 2013–2014 років спостерігався найнижчий річний приріст 20,935 МВт або 5,0 %. Тобто, відбулося стабільне зростання, пов'язане з початковим впровадженням відновлюваних джерел енергії у Європі, зокрема завдяки субсидіям і директивам ЄС (наприклад, Директива 2009/28/ЄС про 20% ВДЕ до 2020 року) [30].

У Другому періоді (2016–2020 рр.) спостерігалось зростання з 488,6 МВт до 609,2 МВт або 120,6 МВт, середньорічний приріст склав 24,2 МВт, приріст – 4,5 % на рік. У цей період темпи зростання дещо сповільнилися через насичення ринку в деяких країнах (Німеччина, Іспанія), але продовжилося зростання завдяки технологічним удосконаленням (зниження вартості сонячних панелей).

Третій період (2021–2023 рр.) мав найвищі показники зростання з 651,8 МВт до 785,8 МВт або на 134 МВт, приріст склав 20,5 %.

Отже, коливання пояснюються економічними факторами, змінами в політиці (зниження субсидій у деяких країнах) і зовнішніми шоками (COVID-19 у 2020 році, суттєве зростання цін на енергоносії, воєнна інтервенція росії в Україну в 2022 році).

Для прогнозування використаємо три сценарії: базовий (лінійний), оптимістичний (експоненціальний) і песимістичний (з урахуванням ризиків). Базовий сценарій базується на середньорічному прирості, оптимістичний – на максимальному темпі зростання, а песимістичний – на врахуванні потенційних обмежень.

Дані включають лінійну тенденцію з рівнянням регресії: $y=0,2785x^3-5,03x^2+51,971x+274,74$ та $R^2=0,9995$, що свідчить про високу кореляцію.

Базовий сценарій припускає продовження лінійного тренду на основі середньорічного приросту, котрий становить – 35,67 МВт/рік.

Оптимістичний сценарій базується на прискореному зростанні, враховуючи кубічний тренд рівняння та 10 % річний приріст.

Песимістичний сценарій враховує можливі ризики: економічна нестабільність, регуляторні обмеження, енергетична криза чи уповільнення інвестицій у ВДЕ. Припустимо, що приріст знижується на 20 % щороку порівняно з базовим сценарієм. Отримані дані відображено в табл. 1.

Таблиця 1

Прогнозні значення відновлюваної енергетики в Європі у 2024–2028 роках, МВт

Рік	Базовий	Оптимістичний	Песимістичний
2024	821,5	873,7	814,3
2025	857,1	970,4	837,2
2026	892,8	1076,7	855,4
2027	928,5	1193,7	870,0
2028	964,2	1322,4	881,7

Джерело: розраховано авторами на основі рис. 5

Отже, базовий сценарій відображає стабільне лінійне зростання з приростом 35,7 МВт/рік, що відповідає історичному тренду. Оптимістичний сценарій передбачає прискорене зростання, що може бути обґрунтовано зростанням інвестицій у ВДЕ в рамках European Green Deal та REPowerEU. Песимістичний сценарій враховує можливі затримки через економічні та регуляторні фактори, знижуючи приріст до 20 % від базового.

Для забезпечення сталого розвитку енергетичного сектору ЄС важливо систематично та цілеспрямовано продовжувати інвестиції в інноваційні технології. Це передбачає розвиток і впровадження накопичувачів енергії, що дозволять ефективно балансувати попит і пропозицію, а також підвищувати надійність та стабільність енергосистеми. Необхідно активізувати використання сучасних сонячних панелей нового покоління, які мають вищий коефіцієнт перетворення та менший екологічний слід, а також підтримувати розвиток офшорних вітрових електростанцій, здатних забезпечити значне виробництво зеленої енергії.

Формування гнучких та адаптивних стратегій розвитку енергетичного сектору ЄС є ключовою передумовою для підвищення його здатності ефективно реагувати на динамічні зовнішні виклики, зокрема геополітичні, економічні та кліматичні. Такий підхід дозволяє забезпечити не лише стабільне довгострокове зростання, а й сприяє трансформації енергетичної системи відповідно до принципів екологічної сталості, енергетичної безпеки та економічної доцільності. У перспективі це створює сприятливе середовище для впровадження інноваційних технологій, цифровізації та інтеграції передових рішень в енергетичну політику як на національному, так і на регіональному рівнях.

Висновки з проведеного дослідження. Розвиток відновлюваних джерел енергії у Європейському Союзі є яскравим прикладом цілеспрямованої та системної політики у сфері екологічної та енергетичної безпеки. ЄС вже досяг значного прогресу у збільшенні частки ВДЕ в енергетичному балансі, впровадженні «зелених» технологій, розвитку інфраструктури накопичення та інтеграції енергії з ВДЕ в єдину енергосистему. Основними чинниками такого успіху стали стабільна законодавча база, довгострокова стратегія Green Deal, система фінансових стимулів та активна участь громадян у проєктах децентралізованої енергетики.

Для України європейський досвід є надзвичайно цінним у контексті реформування власного енергетичного сектору, підвищення енергетичної незалежності та досягнення кліматичних цілей. Враховуючи наявний потенціал сонячної, вітрової, біоенергетики, а також географічну близькість до ринку ЄС, Україна має всі передумови для успішного розвитку ВДЕ.

Найбільш актуальними напрямками адаптації європейського досвіду для України є:
– створення прозорої та стабільної нормативно-правової бази;

– реформування механізмів підтримки ВДЕ з орієнтацією на конкурентне середовище (аукціони, контракти на різницю);
 – модернізація електромереж та розвиток «розумних» технологій;
 – інтеграція енергетичних ринків з ЄС;
 – підтримка децентралізованої генерації, енергетичних кооперативів та участі громад у розвитку «зеленої» енергетики.

Таким чином, ЄС демонструє не лише технологічну, а й інституційну модель успішного переходу до сталого енергетичного майбутнього, яка може стати дороговказом для України у післявоєнному відновленні та модернізації енергетичного сектору.

Література

1. Бобров Є. А. Поточний стан розвитку відновлювальних джерел енергії в країнах ЄС. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2020. № 1(57). С. 32–38.
2. Дороніна І. І. Трансформація енергетичного сектору ЄС та України: відновлювальні джерела енергії. *Наукові записки Інституту законодавства Верховної Ради України*. 2019. № 4. С. 122–129.
3. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
4. Лежнюк П. Д., Кравчук С. В., Котилко І. В. Відновлювані джерела електроенергії в електричних мережах як елемент енергоефективного електропостачання. *Світлотехніка та енергетика*. 2020. № 3(56). С. 99–106.
5. Ташеев Ю. В. Енергоефективність: відновлювані та невідновлювані джерела енергії. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2015. № 2. С. 169–177.
6. Development of Renewable Energy Sources in the European Union in the Context of Sustainable Development Policy / Bórawski P. et al. *Energies*. 2022. № 15(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/en15041545>.
7. The development of renewable energy sources in the European Union in the light of the European Green Deal/ Milek D. et al. *Energies*. 2022. № 15 (15). Article 5576. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15155576>.
8. Mohtasham J. Renewable energies. *Energy Procedia*. 2015. Vol. 74. P. 1289–1297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.774>.
9. Pacesila M., Burcea S. G., Colesca S. E. Analysis of renewable energies in European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. № 56. P. 156–170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.127>.
10. Potrč S., Čuček L., Martin M., Kravanja Z. Sustainable renewable energy supply networks optimization – the gradual transition to a renewable energy system within the European Union by 2050. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. № 146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111186>.
11. Twidell J., Weir T. Renewable Energy Resources. 4th ed. London : Routledge, 2021. 741 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429452161>.
12. Ядерна енергетика Франції. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97 (дата звернення: 04.10.2024).
13. Які країни ЄС використовують найбільше і найменше відновлюваних джерел енергії. 05.02.2024. *Зелена трансформація України*. URL: <https://greentransform.org.ua/yaki-krayiny-yes-vykorystovuyut-najbilshe-i-najmenshe-vidnovlyuvanyh-dzherel-energiyi/> (дата звернення: 05.10.2024).
14. Horizon Europe. URL: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en (дата звернення: 05.10.2024).
15. Курбатова Т. О. Економічні механізми стимулювання розвитку відновлювальної енергетики в Європейському Союзі. *Механізм регулювання економіки*. 2014. № 4(66). С. 139–148.
16. Директива Європейського парламенту і ради (ЄС) 2018/2001 від 11 грудня 2018 року про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел (нова редакція). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_039-18#Text (дата звернення: 06.10.2024).
17. Директива (ЄС) 2019/944. URL: <https://energysecurityua.org/ua/pereklad-zakonodavstva-es/dyrektyva-yes-2019-944-yevropeyskoho-parlamentu-i-rady-vid-05-chervnia-2019-roku-pro-spilni-pravyla-dlia-vnutrishnoho-rynku-elektroenerhii-ta-taka-shcho-vnosyt-zminy-do-dyrektyvy-2012-27-yes-nova-reda/> (дата звернення: 06.10.2024).
18. Регламент ЄС 2019/943. URL: <https://energysecurityua.org/ua/pereklad-zakonodavstva-es/rehlament-yes-2019-943-yevropeyskoho-parlamentu-i-rady-vid-05-chervnia-2019-roku-pro-vnutrishniy-ryнок-elektroenerhii-nova-redaktsiia-26-veresnia-2024-roku-2/> (дата звернення: 06.10.2024).
19. REPowerEU. Affordable, secure and sustainable energy for Europe. *European Commission*. URL: https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu_en (дата звернення: 07.10.2024).
20. National energy and climate plans. *European Commission*. URL:

https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en (дата звернення: 08.10.2024).

21. Feed-in tariff. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Feed-in_tariff (дата звернення: 09.10.2024).

22. Feed-in Premiums (FIP). *Energypedia*. URL: [https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Premiums_\(FIP\)](https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Premiums_(FIP)) (дата звернення: 09.10.2024).

23. Guarantees of origin. *Swedish Energy Agency*. <https://www.energimyndigheten.se/en/sustainability/guarantees-of-origin/> (дата звернення: 09.10.2024).

24. Renewable electricity mix in the European Union from 2013 to 2023, by energy source (in terawatt hours). *Statista*. URL: <https://www.statista.com/statistics/610362/renewable-electricity-mix-in-eu-28/> (дата звернення: 10.10.2024).

25. Gross electricity generation from renewable sources in the European Union (EU-27) from 1990 to 2022 (in terawatt hours). *Statista*. URL: <https://www.statista.com/statistics/1314074/gross-electricity-production-from-renewable-sources-in-eu/> (дата звернення: 10.10.2024).

26. Total renewable energy capacity in Europe in 2022, by leading countries. *Statista*. URL: <https://www.statista.com> (дата звернення: 10.10.2024).

27. Energiewende. *Вікіпедія*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Energiewende> (дата звернення: 11.10.2024).

28. Share of renewable energy in gross energy consumption in the European Union from 2012 to 2022. *Statista*. URL: <https://www.statista.com> (дата звернення: 11.10.2024).

29. Renewable energy capacity in Europe from 2010 to 2023. *Statista*. URL: <https://www.statista.com/statistics/864189/total-renewable-capacity-in-europe/#statisticContainer> (дата звернення: 12.10.2024).

30. Директива 2009/28/ЄС Європейського Парламенту та Ради про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел та якою вносяться зміни до, а в подальшому скасовуються Директиви 2001/77/ЄС та 2003/30/ЄС. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MU09267> (дата звернення: 12.10.2024).

References

1. Bobrov, Ye.A. (2020), "Current state of renewable energy sources development in EU countries", *Vcheni zapysky Universytetu «KROK»*, no. 1, pp. 32–38.

2. Doronina, I.I. (2019), "Transformation of the energy sector of the EU and Ukraine: Renewable energy sources", *Naukovi zapysky Instytutu zakonodavstva Verkhovnoi Rady Ukrainy*, no. 4, pp. 122–129.

3. Kudria, S.O. (Ed.) (2020), *Vidnovliuvani dzherela enerhii* [Renewable energy sources], Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 392 p.

4. Lezhniuk, P.D., Kravchuk, S.V. and Kotylko, I.V. (2020), "Renewable energy sources in electrical networks as an element of energy-efficient power supply", *Svitlotechnika ta enerhetyka*, no. 3(56), pp. 99–106.

5. Tashcheiev, Yu.V. (2015), "Energy efficiency: renewable and non-renewable energy sources", *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen*, no. 2, pp. 169–177.

6. Bórawski, P. et al. (2022), "Development of Renewable Energy Sources in the European Union in the Context of Sustainable Development Policy", *Energies*, no. 15(4), DOI: <https://doi.org/10.3390/en15041545>.

7. Mišek, D. and Szymańska, E.J. (2022), "The development of renewable energy sources in the European Union in the light of the European Green Deal", *Energies*, no. 15(15), <https://doi.org/10.3390/en15155576>.

8. Mohtasham, J. (2015), "Renewable energies", *Energy Procedia*, no. 74, pp. 1289–1297, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.774>.

9. Pacesila, M., Burcea, S.G. and Colesca, S.E. (2016), "Analysis of renewable energies in European Union", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 56, pp. 156–170, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.127>.

10. Potrč, S., Čuček, L., Martin, M. and Kravanja, Z. (2021), "Sustainable renewable energy supply networks optimization – The gradual transition to a renewable energy system within the European Union by 2050", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 146, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111186>.

11. Twidell, J. and Weir, T. (2021), *Renewable energy resources*, 4th ed., Routledge, London, UK, 741 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429452161>.

12. Wikipedia (2024), "Nuclear energy in France", available at: https://uk.wikipedia.org/wiki/Ядерна_енергетика_Франції (access date October 04, 2024).

13. Green transformation of Ukraine (2024), "Which EU countries use the most and least renewable energy", available at: <https://greentransform.org.ua/yaki-krayiny-yes-vykorystovuyut-najbilshe-i-najmenshe-vidnovlyuvanyh-dzherel-energiyi/> (access date October 05, 2024).

14. European Commission (2024), Horizon Europe, available at: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en (access date October 05, 2024).
15. Kurbatova, T.O. (2014), "Economic mechanisms for stimulating the development of renewable energy in the European Union", *Mekhanizm rehuliuivannia ekonomiky*, no. 4(66), pp. 139–148.
16. Verkhovna Rada of Ukraine (2018), "Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)", available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_039-18#Text (access date October 06, 2024).
17. European Parliament & Council (2019), "Directive (EU) 2019/944 on common rules for the internal market for electricity", available at: <https://energysecurityua.org/ua/pereklad-zakonodavstva-es/dyrektyva-yes-2019-944> (access date October 06, 2024).
18. European Parliament & Council (2019), "Regulation (EU) 2019/943 on the internal market for electricity", available at: <https://energysecurityua.org/ua/pereklad-zakonodavstva-es/rehlament-yes-2019-943> (access date October 06, 2024).
19. European Commission (2024), REPowerEU: Affordable, secure and sustainable energy for Europe, available at: https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu_en (access date October 07, 2024).
20. European Commission (2024), National energy and climate plans, available at: https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en (access date October 08, 2024).
21. Wikipedia (2024), Feed-in tariff, available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Feed-in_tariff (access date October 09, 2024).
22. Energypedia (2024), Feed-in premiums (FIP), available at: [https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Premiums_\(FIP\)](https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Premiums_(FIP)) (access date October 09, 2024).
23. Swedish Energy Agency (2024), Guarantees of origin, available at: <https://www.energimyndigheten.se/en/sustainability/guarantees-of-origin/> (access date October 09, 2024).
24. Statista (2024), Renewable electricity mix in the European Union from 2013 to 2023, by energy source (in terawatt hours), available at: <https://www.statista.com/statistics/610362/renewable-electricity-mix-in-eu-28/> (access date October 10, 2024).
25. Statista (2024), Gross electricity generation from renewable sources in the European Union (EU-27) from 1990 to 2022 (in terawatt hours), available at: <https://www.statista.com/statistics/1314074/gross-electricity-production-from-renewable-sources-in-eu/> (access date October 10, 2024).
26. Statista (2024), Total renewable energy capacity in Europe in 2022, by leading countries, available at: <https://www.statista.com> (access date October 10, 2024).
27. Wikipedia (2024), Energiewende, available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Energiewende> (access date October 11, 2024).
28. Statista (2024), Share of renewable energy in gross energy consumption in the EU from 2012 to 2022, available at: <https://www.statista.com> (access date October 11, 2024).
29. Statista (2024), Renewable energy capacity in Europe from 2010 to 2023, available at: <https://www.statista.com/statistics/864189/total-renewable-capacity-in-europe/> (access date October 12, 2024).
30. European Parliament & Council (2009), Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, available at: <https://ips.ligazakon.net/document/MU09267> (access date October 12, 2024).

Пуцентайло П.Р., Бруханський Р.Ф., Брич Б.В.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ТА ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ЄС: АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОГНОЗНІ ОЦІНКИ

Мета. Дослідження нормативно-правового та економіко-організаційного забезпечення розвитку відновлюваної енергетики в Європейському Союзі, здійснення аналізу динаміки виробництва енергії з ВДЕ у 2010–2023 роках, а також надання прогностичних оцінок розвитку сектору до 2028 року з урахуванням сучасних стратегічних орієнтирів ЄС.

Методика дослідження. Методологічною основою дослідження є діалектичний метод наукового пізнання та системний підхід. В процесі дослідження використано комплекс наукових методів, що забезпечують аналіз розвитку відновлюваних джерел енергії, зокрема аналізу і синтезу, аналітичний – при опрацюванні літературних та Internet-джерел; статистичний аналіз – при оцінюванні динаміки розвитку ВДЕ, визначенні ключових напрямків у впровадженні ВДЕ, порівнянні обсягів виробництва електроенергії з різних джерел (сонячна, вітрова енергетика тощо) для встановлення динаміки їх розвитку в ЄС. Застосування трендового аналізу дало змогу ідентифікувати основні чинники впливу на розвиток ВДЕ, здійснити прогноз розвитку ВДЕ в ЄС. Графічний метод застосовано для візуалізації статистичних даних і трендів, що забезпечує більш наочне представлення динаміки

розвитку ВДЕ та спрощує інтерпретацію отриманих результатів; методи прогнозування – для визначення перспектив розвитку.

Результати дослідження. Досліджено питання сутності, структури та особливостей функціонування ВДЕ в ЄС; конкретизовано організаційні аспекти та основні нормативні акти, що забезпечують їх формування та функціонування. Розглянуто особливості змісту ВДЕ в ЄС, визначено особливості їх складових задля досягнення енергетичної безпеки. Проаналізовано тенденції та визначено ключові напрямки впровадження ВДЕ в ЄС. Виконано порівняння обсягів виробництва електроенергії із різних джерел (сонячна, вітрова енергетика тощо) для оцінювання динаміки їх розвитку в ЄС.

Наукова новизна результатів дослідження. Здійснено прогноз розвитку потужності відновлюваної енергетики в ЄС на 2024–2028 роки експоненціальним згладжуванням.

Практична значущість результатів дослідження. Проведене дослідження дало змогу забезпечити комплексний і багатосторонній аналіз розвитку відновлюваної енергетики, виявити ключові економічні аспекти виробництва, визначити тенденції, а також запропонувати рекомендації для подальшого зростання сектора в ЄС. Обґрунтовані результати дослідження можуть бути використані для оцінювання тенденцій розвитку ВДЕ на 2024–2028 роки для визначення пріоритетів інвестування в ЄС.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, ЄС, енергетичний перехід, Директиви ЄС, нормативно-правове забезпечення, економіко-організаційне забезпечення, розвиток відновлюваної енергетики, економічні та фінансові інструменти підтримки ВДЕ, динаміка виробництва енергії з ВДЕ, прогноз розвитку ВДЕ в ЄС.

Putsenteilo P.R., Brukhanskyi R.F., Brych B.V.

REGULATORY, LEGAL, ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY IN THE EU: ANALYSIS OF PRODUCTION AND FORECAST ESTIMATES

Purpose. The aim of the article is to study the regulatory, legal, economic and organizational support for the development of renewable energy in the European Union, to analyse the dynamics of energy production from RES in 2010-2023, as well as to provide forecast estimates of the development of the sector until 2028, taking into account the current EU strategic guidelines.

Methodology of research. The dialectical method of scientific knowledge and the systemic approach are the methodological basis of the study. The study uses a set of scientific methods that enable the analysis of the development of renewable energy sources, in particular analysis and synthesis, analytical methods when processing literary and Internet sources; statistical analysis – when assessing the dynamics of RES development, identifying key areas for RES implementation, comparing electricity production volumes from different sources (solar, wind energy, etc.) to establish the dynamics of their development in the EU. The use of trend analysis made it possible to identify the main factors influencing the development of RES and to forecast the development of RES in the EU. The graphical method was used to visualize statistical data and trends, which provides a more vivid representation of the dynamics of RES development and simplifies the interpretation of the results obtained, while forecasting methods were used to determine development prospects.

Findings. The essence, structure, and peculiarities of RES functioning in the EU are examined; organizational aspects and key regulatory acts ensuring their formation and functioning are specified. The peculiarities of the content of RES in the EU were considered, and the peculiarities of their components for achieving energy security were determined. Trends have been analysed and key areas for the implementation of renewable energy sources in the EU have been identified. A comparison of electricity production volumes from different sources (solar, wind energy, etc.) has been carried out to assess the dynamics of their development in the EU.

Originality. A forecast of renewable energy capacity development in the EU for 2024–2028 has been made, and three development scenarios have been identified.

Practical value. The study provided a comprehensive and multifaceted analysis of renewable energy development, identified key economic aspects of production, determined trends, and offered recommendations for further growth of the sector in the EU. The substantiated results of the study can be used to assess RES development trends for 2024–2028 in order to determine investment priorities in the EU.

Key words: renewable energy sources, EU, energy transition, EU directives, regulatory framework, economic and organizational support, renewable energy development, economic and financial instruments for supporting RES, dynamics of RES energy production, forecast for RES development in the EU.