

Центральноукраїнський національний технічний університет
Економічний факультет
Кафедра «Міжнародні економічні відносини»

«Допущено до захисту»
Зав. кафедрою МЕВ
д.е.н., професор

_____ Іван МИЦЕНКО
« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему
«ЗМІНИ НА РИНКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ
НІМЕЧЧИНИ ПІД ВПЛИВОМ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ 2022–
2023 РОКІВ»

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу, групи МЕВ-21
ОПП «Міжнародні економічні
відносини»

спеціальності 292 «Міжнародні
економічні відносини»

_____ Озерний С.М.
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи
к.е.н., доцент

_____ Микола СУХОМЛИН
« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент _____

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми і об'єкта дослідження		
2	Розробка завдання на кваліфікаційну роботу, складання календарного плану його виконання		
3	Опрацювання навчальної та наукової літератури і складання плану роботи		
4	Проведення наукових досліджень, обробка фактичного матеріалу		
5	Написання тексту 1-го розділу роботи та подання його на рецензування керівникові		
6	Написання тексту 2-го розділу роботи та подання його на рецензування керівникові		
7	Написання тексту 3-го розділу роботи та подання його на рецензування керівникові		
8	Усунення недоліків, написання остаточного варіанта тексту, оформлення кваліфікаційної роботи		
9	Отримання відгуку наукового керівника		
10	Перевірка на плагіат		
11	Зовнішнє рецензування роботи		
12	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії		

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2025 року

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2025 року

Підпис здобувача

Анотація

Зміни на ринку відновлюваної енергетики Німеччини під впливом енергетичної кризи 2022–2023 років. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти “бакалавр” за освітньо-професійною програмою «Міжнародні економічні відносини» зі спеціальності «Міжнародні економічні відносини» – Центральноукраїнський національний технічний університет. – Кропивницький. – 2025.

У роботі проаналізовано вплив наслідків кризи 2022-2023 рр. на ринок електроенергії з ВДЕ Німеччини. Визначено ідентифікацію факторів розвитку ринку відновлюваної електроенергетики Німеччини. Структуровано характер ціноутворення ринку електроенергії ФРН. Проаналізовано стан ринку ВДЕ Німеччини в докризовий період та вплив кризи 2022-2023 рр. на ринкову кон'юнктуру та розвиток відновлюваних джерел енергії у ФРН. Проведено статистичний аналіз даних і реалізовано прогноз подальшого розвитку вектора цін на електроенергію Німеччини за допомогою моделей ARIMA і GARCH. Оцінено потенціал подальшого розвитку галузі відновлюваної енергетики та успішності її інтеграції в економіку ФРН.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, ціноутворення ринку електроенергії, економіка ФРН

Abstract

Changes in the German Renewable Energy Market under the Influence of the Energy Crisis in 2022-2023. - Manuscript.

Qualification work for the degree of higher education ‘Bachelor’ in the educational and professional programme ‘International Economic Relations’ in the specialty ‘International Economic Relations’ - Central Ukrainian National Technical University. – 2025.

The paper analyses the impact of the 2022-2023 crisis on the German renewable electricity market. The factors of development of the German renewable electricity market are identified. The nature of pricing of the German electricity market is structured. The state of the German RES market in the pre-crisis period and the impact of the crisis of 2022-2023 on the market situation and the development of renewable energy sources in Germany are analysed. A statistical analysis of the data is carried out and a forecast of further development of the electricity price vector in Germany is implemented using the ARIMA and GARCH models. The potential for further development of the renewable energy sector and the success of its integration into the German economy is estimated.

Key words: renewable energy sources, electricity market pricing, German economy

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НІМЕЧЧИНИ	9
1.1 Роль відновлюваної енергетики в економіці ФРН	9
1.2 Фактори розвитку ринку відновлюваної енергетики Німеччини	12
1.3 Характер ціноутворення ринку відновлюваної електроенергії ФРН	18
РОЗДІЛ II. АНАЛІЗ КОН'ЮНКТУРИ РИНКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГЕТИКИ ФРН	24
2.1 Стан галузі відновлюваної енергетики Німеччини до 2021 р.	
2.2 Трансформація ринку ВДЕ ФРН в контексті кризи 2022-2023 рр.	24
РОЗДІЛ III. АНАЛІЗ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НІМЕЧЧИНИ	36
3.1 Статистичний аналіз і прогноз цін на електроенергію ФРН за допомогою моделей ARIMA і GARCH	36
3.2 Потенціал розвитку ВДЕ як спосіб досягнення енергетичної незалежності Німеччини	44
ВИСНОВКИ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53
ДОДАТКИ	58

ВСТУП

Енергетиці завжди відводилася особлива роль у всіх економіках світу. Ця галузь є одним з основних двигунів прогресу і процвітання багатьох країн. На тлі погіршення екологічної ситуації в усьому світі у вигляді ерозії ґрунтів, аномального підвищення температури в результаті надмірного надходження вуглекислого газу в атмосферу і забруднення навколишнього середовища, світова спільнота приділяє все більше уваги пошуку альтернативних джерел енергії. Видобуток і виробництво електроенергії з традиційних видів палива має ряд негативних наслідків, які відновлювані джерела енергії (ВДЕ) повинні нівелювати в процесі поступового введення в експлуатацію. На сьогоднішній день існує вже чимало варіантів генерації електроенергії з екологічно чистих видів палива. Проте, серед відновлюваних джерел енергії можна виділити трійку лідерів, зокрема біоенергетика, енергії від сонця і вітру.

У сучасних реаліях розвиток відновлюваних джерел енергії є одним з найважливіших і найдинамічніших векторів розвитку в найбільших і у малих економіках світу. Варто відразу зазначити, що Німеччина в цьому аспекті є однією з провідних сил як в Європейському союзі, так і на світовому рівні. Так, інвестиції в ВДЕ продовжують своє стабільне зростання вже третій рік поспіль, у 2022 р. їх обсяги досягли майже 19,9 млрд євро. Також, незабаром після перевищення визначеної в директиві Європейського парламенту від 23 квітня 2009 року частки відновлюваної енергетики в загальному валовому кінцевому споживанні в 18 % у 2020 р. (19,1 %), Німеччині вдалося продовжити тенденцію збільшення зеленої енергетики, незважаючи на те, що в 2021 р. цей показник перебував практично в стагнації.

У міру того, як галузь ставала все більш незалежною, інституційна підтримка поступово слабшала у зв'язку з плавним переходом індустрії на ринкові рейки. Проте криза 2022–2023 рр. мала істотний вплив не тільки на кон'юнктуру відновлюваної енергетики, а й на галузь електроенергетики в цілому. В результаті чого перед урядом Німеччини гостро постало питання вирішення проблем енергетичного ринку. Кваліфікаційна робота присвячена

вивченню та аналізу трансформації ринку ВДЕ Німеччини в умовах кризи 2022-2023 рр.

Об'єкт дослідження: енергетичний ринок ВДЕ Німеччини.

Предмет дослідження: ринок електроенергії з ВДЕ Німеччини в умовах кризи 2022-2023 рр.

Мета: проаналізувати вплив наслідків кризи 2022-2023 рр. на ринок електроенергії з ВДЕ Німеччини і виявити його подальші перспективи.

Для реалізації поставленої мети були визначені наступні **завдання:**

1. Ідентифікувати фактори розвитку ринку відновлюваної електроенергетики Німеччини.

2. Виявити характер ціноутворення ринку електроенергії ФРН.

3. Проаналізувати стан ринку ВДЕ Німеччини в докризовий період.

4. Проаналізувати вплив кризи 2022-2023 рр. на ринкову кон'юнктуру та розвиток відновлюваних джерел енергії у ФРН.

5. Провести статистичний аналіз даних і реалізувати прогноз подальшого розвитку вектора цін на електроенергію Німеччини за допомогою моделей ARIMA і GARCH.

6. Оцінити потенціал подальшого розвитку галузі відновлюваної енергетики та успішності її інтеграції в економіку ФРН.

Гіпотеза: вплив кризи 2022-2023 рр. призвів до істотної зміни ринку електроенергії з ВДЕ Німеччини в частині акцентів в енергетичній політиці держави і ціноутворення, що сприятиме подальшому зниженню ціни на електроенергію. Незважаючи на тимчасове відхилення від мети – динамічного енергопереходу – в довгостроковій перспективі зелені технології будуть пріоритетом для німецького ринку електроенергетики.

З метою реалізації поставлених завдань використано наступні методи: порівняльний аналіз (міжрегіональний, технологічний), якісний аналіз даних, кількісний аналіз статистичних даних, моделі ARIMA, GARCH.

Наукова новизна роботи полягає в авторському підході до дослідження трансформації ринку ВДЕ під впливом енергетичної кризи. Проте, серед них можна виділити роботи Neumann E., Schneider S. та інші, випущені в період

2022 – 2023 рр. Більш того, протягом останнього десятиліття галузь ВДЕ вже зазнала чимало змін, результатом яких став поступовий перехід галузі на ринкові рейки та набуття нею самостійності. Дуже ймовірно, що у відповідь на нові виклики уряду ФРН доведеться вдатися до тимчасової реструктуризації ринку відновлюваних джерел енергії та зміщення акцентів у сфері енергетичної політики на користь тимчасового відходу від курсу динамічного енергопереходу на ВДЕ. Таким чином, вивчення трансформації ринку ВДЕ Німеччини в умовах кризи 2022-2023 рр. є новою областю дослідження для всього прогресивного суспільства.

Актуальність: з огляду на важливість сектора енергетики та роль відновлюваних джерел енергії для економіки Німеччини, актуально проаналізувати вплив енергетичної кризи 2022-2023 рр. на трансформацію ринку електроенергетики ФРН в частині ціноутворення та зміщення акцентів в енергетичній політиці. Більш того, слід дослідити подальші перспективи даного сектора в силу того, що його розвиток має ключове значення не тільки для всієї економіки Німеччини, але і Європейського союзу в цілому.

Основний зміст роботи викладений на 50 сторінках. Робота містить 2 таблиці та 14 рисунків. Список використаної літератури налічує 33 позиції та розміщений на 4 сторінках.

РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НІМЕЧЧИНИ

1.1 Роль відновлюваної енергетики в економіці ФРН

Німеччина є однією з найрозвиненіших країн не тільки в Європі, але і в усьому світі. Маючи найвищий демографічний потенціал в ЄС, ФРН випереджає більшість цих країн за економічними показниками. Проте, на сьогоднішній день важко уявити державу, яка не має слабких місць. У даному випадку Німеччина не є винятком, оскільки вона залежна від необхідного для генерації електроенергії імпортного палива і сировини у вигляді нафти, газу та інших викопних ресурсів. У свою чергу, нестача власних енергоресурсів негативно позначається на економічному добробуті країни, оскільки вона стає вразливою до різних зовнішніх факторів у вигляді коливань цін. Більш того, рішення країн-експортерів і відповідних організацій, таких як ОПЕК, щодо подальшого видобутку сировини також мають значний вплив на сектор електроенергетики Німеччини. Головною перешкодою на шляху розвитку даної галузі стала нестача або відсутність родовищ невідновлюваних джерел енергії на території ФРН. Винятком є поклади бурого вугілля, яке є менш ефективним і економічно привабливим для більшості містоутворюючих підприємств ФРН, оскільки воно виробляє набагато менше енергії та тепла в порівнянні з невідновлюваними альтернативами, такими як чорне вугілля, газ і нафта.

У ХХ столітті на території Німеччини вже знаходився ряд ядерних електростанцій, що виробляли електроенергію в значних масштабах. Проте, використання даного джерела енергії, за оцінками німецького суспільства, було пов'язано з величезним екологічним ризиком, прикладом якого стала аварія на Чорнобильській АЕС. Тому уряд ФРН незабаром взяв курс на зниження залежності від ядерної енергетики та її подальше усунення з енергетичної галузі. В результаті чого після 1970 р. було взято курс на активний розвиток відновлюваних джерел енергії як одного з найбезпечніших джерел енергії.

З тих пір, як процес декарбонізації у вигляді розвитку ВДЕ був ініційований урядом ФРН, їх частка у валовому кінцевому споживанні енергії

постійно зростала, і в 2022 р. вона склала рекордні 20,4%, що на 4,4% більше значення, яке було передбачено директивою про відновлювані джерела енергії від 2009 року. Більш того, ВДЕ вдалося досягти успіхів і в секторі теплоенергетики – частка «зеленої» енергетики збільшилася з 15,8% до 17,4% у 2022 р.

У 2022 р. ФРН вдалося досягти ще більших успіхів в інтеграції відновлюваних джерел енергії в економіку, вищезазначений показник склав 20,4 %. Слід зауважити, що багато експертів, наприклад робоча група зі статистики ВДЕ (AGEE – Stat), організована Федеральним міністерством навколишнього середовища, відзначає, що дане зростання пов'язане зі зниженням споживання енергії в енерго- і теплоємних секторах економіки Німеччини у зв'язку з кризою 2022-2023 рр., яка істотно змінила картину ринку електроенергії з ВДЕ ФРН [1].

Такий динамічний розвиток індустрії ВДЕ багато в чому обумовлений інституційними механізмами стимулювання та регулювання галузі, які позитивно вплинули на темпи інтеграції відновлюваної енергетики в економіку Німеччини. Одним з головних інструментів уряду став Закон про відновлювані джерела енергії (Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)), який був введений ще в 2000 р. [2].

Таке підвищення багато в чому пов'язане з провалом відновлюваної електроенергетики в 2021 році через погані погодні умови та у зв'язку з поточними геополітичними подіями, які будуть розглянуті детальніше в другому розділі даної роботи. Основною причиною став дефіцит імпортного газу і високі ціни на цей ресурс, що сприяло економії на ринку теплоенергетики і більш активному форсуванню відновлюваної енергетики. Також, у порівнянні з традиційними видами палива, внесок ВДЕ в економіку Німеччини є значним. Економічні імпульси від використання даного виду палива на підприємствах ФРН зростають з року в рік. Так, з 2010 р. по 2022 р. середньорічний темп зростання CAGR (від англ. Compound Annual Growth Rate) вищезазначеного показника склав 6,39%, в 2022 р. це значення досягло 23 750 мільйонів євро, що є рекордом для Німеччини. Справа в тому, що використання традиційних видів

палива в поточній кон'юнктурі є досить дорогим через те, що ціни на імпортовану нафту і газ можуть сильно варіюватися, тим самим ускладнюючи становище більшості енергоємних компаній ФРН. Більш того, відсутність можливості контролю процесу ціноутворення на імпортовану сировину ставить під сумнів конкурентоспроможність містоутворюючих підприємств Німеччини, в той час як використання відновлюваних джерел енергії сприяє зниженню залежності від екстерналій аж до їх повного нівелювання, що позитивно позначається на економіці країни [3].

У період з 2011 по 2015 рр. було відзначено одне з найбільш істотних підвищень частки ВДЕ в структурі виробництва електроенергії ФРН за всю історію – з 17% до 28%, в той час як частка ядерної енергетики знизилася на 7% (з 23% до 16%) [4]. Дане зростання було обумовлено сприятливими погодними умовами протягом цього періоду часу. Незважаючи на позитивну динаміку ВДЕ в даному секторі, частка бурого вугілля після 2014 року зросла і стабілізувалася, на відміну від інших традиційних видів палива. Справа в тому, що протягом вищезазначеного періоду часу ціни на електроенергію перебували на досить низькому рівні через продуктивність відновлюваних джерел енергії. В результаті чого електростанції, що генерують енергію з невідновлюваної сировини, виявилися неконкурентоспроможними. Якщо ж розглядати буре вугілля, то даний вид палива залишався відносно дешевим, що сприяло компаніям як і раніше отримувати вигоду від його використання [5].

Більш того, в період динамічного зростання ВДЕ, з 2011 по 2015 рр., спостерігалася досить неоднозначна ситуація: чим більше Німеччина вкладала в розвиток відновлюваних джерел енергії, тим більше в атмосфері фіксувалося вуглеводневих викидів. Основною причиною послужив той факт, що буре вугілля зберігало свою конкурентоспроможність через свою дешевизну і малі витрати на придбання. Буре вугілля, в свою чергу, виділяє великий обсяг парникових газів, що забруднюють атмосферу. Згодом ФРН доклала чимало зусиль для вирішення даної ситуації і одночасного подальшого форсування галузі відновлюваної енергетики. Інституційні механізми відігравали значну роль в політиці держави щодо цієї нестандартної ситуації. Варто зазначити, що

вищезазначені методи держави дійсно допомогли в зниженні викидів парникових газів в атмосферу і позитивно позначилися на екології ФРН [6].

Тільки за 2022 рік використання відновлюваної енергетики запобігло викиду 231,9 мільйонів тон вуглекислого газу в атмосферу, що на 6,6% перевищує показники за попередній рік [7].

Слід також зазначити, що ВДЕ мали істотний вплив і на економічну складову сектора енергетики. Цей вплив був обумовлений прийняттям вже згаданого Закону про відновлювані джерела енергії (ВДЕ) у 2000 році. Цей механізм не тільки послужив стимулом для інтенсивного розвитку галузі, але й значно змінив саму картину ринку. Прийняття закону про EEG негативно позначилося на положенні кінцевих споживачів, оскільки вони змушені були оплачувати зростаючі тарифи за споживання «зеленої» електроенергії, в той час як виручені кошти спрямовувалися на рахунок виробників електроенергії з ВДЕ і додаткову фінансову підтримку сектора, покликану забезпечити конкурентний розвиток галузі, таким чином підводячи сектор відновлюваної енергетики до здобуття незалежності і самостійності. Детальніше цей інструмент буде розглянуто в наступному розділі.

1.2 Фактори розвитку ринку відновлюваної енергетики Німеччини

У 2021 році Німеччина поставила перед собою досить амбітну мету щодо досягнення вуглеводневої нейтральності до 2045 року відповідно до закону про захист клімату. Більш того, до 2030 року частка відновлюваних джерел енергії як ресурсу, необхідного для генерації електроенергії, у споживанні повинна скласти 80%, що є найвищим показником не тільки серед країн ЄС, але і в усьому світі. За останній час Німеччині вже вдалося досягти значних успіхів у цьому напрямку. Варто зазначити, що недавні геополітичні події не оминули і економіку ФРН, істотно вплинувши на сектор електроенергетики. Позбавлення російського газу і дефіцит власних родовищ поставили під сумнів енергетичну безпеку країни і значно змінили загальну картину співпраці в секторі електроенергетики. Такі труднощі багато в чому зумовили подальший фокус на стимулюванні та розвитку відновлюваної енергетики як ключового фактора для довгострокового зростання та екологічної безпеки. Справа в тому, що через

порушення поставок традиційної сировини у вигляді газу енергетика Німеччини стала більш вразливою та залежною від зовнішніх факторів. Видобуток невідновлюваних джерел енергії значно впливає на ринкові ціни, за якими може поставлятися паливо до ФРН. Для Німеччини ж, у свою чергу, буде складатися не вигідна картина з точки зору економічної доцільності придбання продукту, оскільки в разі підвищення цін ФРН буде нести відчутні витрати. Більш того, ці грошові кошти перетікають в іншу країну, що знижує можливість додаткових інвестицій в економіку ФРН і фінансування ВДЕ на території Німеччини. Таким чином, витрати і ринкові ціни на невідновлювані ресурси впливають на інтенсивність розвитку ринку відновлюваної енергетики країни [8].

Якщо розглядати фактори, які протягом досить довгого проміжку часу впливали на експансію ВДЕ в ФРН, то не можна обійти стороною ВВП Німеччини. Даний показник часто використовується для оцінки економічного добробуту і рівня розвитку країни. Зі збільшенням ВВП зростають і можливості країни щодо фінансування галузей, які потребують підтримки. Однією з таких є сектор відновлюваної енергетики. Таким чином, зростання ВВП сприяло більш динамічному форсуванню галузі відновлюваних джерел енергії, оскільки високі рівні ВВП забезпечували стабільні потоки капіталовкладень в даний сектор.

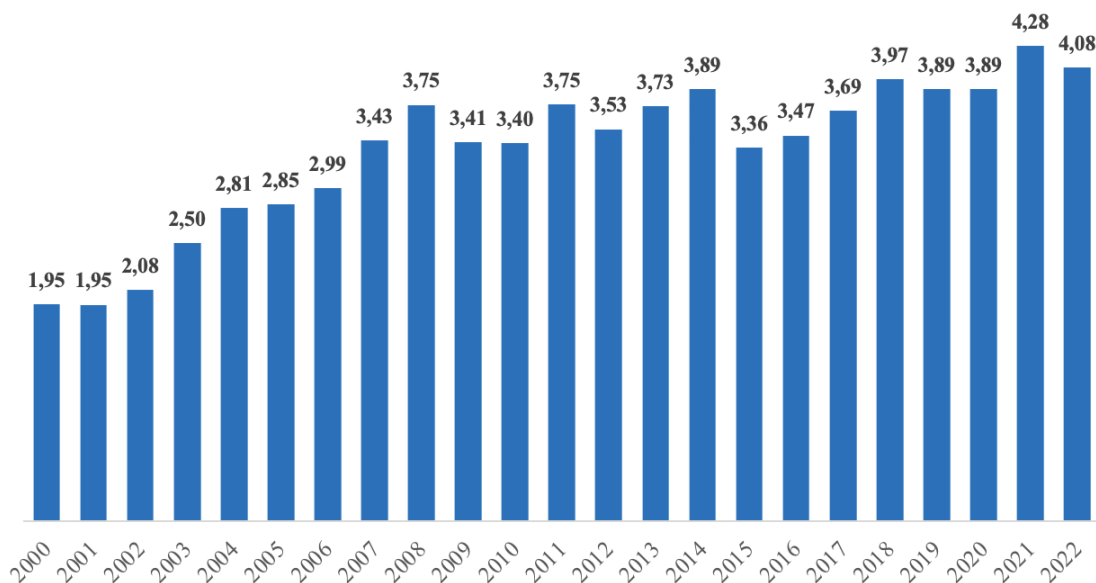


Рис 1.1. Динаміка ВВП Німеччини в трлн. дол. США

Джерело: [9]

Відтоді як Німеччина взяла курс на декарбонізацію економіки наприкінці ХХ століття, на розвиток «зелених» технологій спрямовували дедалі більше коштів. Цей захід сприяв більш динамічному розвитку ВДЕ у ФРН. Було надано необхідну фінансову підтримку, яка допомагала пом'якшити або навіть нівелювати вплив фінансових криз і геополітичних шоків. Варто зазначити, що втручання держави в регулювання та ринкові процеси галузі є ефективним у цьому разі, адже допомагає поновлюваним джерелам енергії поступово здобувати стабільність і незалежність. У 2022 році було відзначено істотне зростання капіталовкладень у галузь відновлюваної енергетики, що характеризувалося підвищенням інвестиційної активності та інтересу до цього сектору. Так, інвестиції в будівництво нових систем і установок для ВДЕ у 2022 році зросли на 42% порівняно з попереднім роком. Якщо ж детально вивчити числові показники за цей період, то фінансування збільшилося з 14 млрд євро до 19,9 млрд євро. Найбільше у 2022 році було витрачено на фотоелектричні, теплові та вітряні установки, особливо морські. 39% від усього фінансування було виділено на фотоелектричні установки, 24% на вітроенергетику і 18% на геотермальну енергію [10]. Варто зазначити, що уряд ФРН у процесі форсування галузі відновлюваної енергетики адаптував свої інвестиції під кон'юнктуру ринку, тим самим контролюючи процес розвитку та уникаючи надмірного фінансування. Так, у 2019 і 2020 рр. було відзначено найменший обсяг капіталовкладень у сектор ВДЕ, 10 630 мільйонів євро та 11 200 мільйонів євро відповідно. Така ситуація виникла через кризу, спричинену пандемією COVID-19, внаслідок якої попит на традиційне паливо значно впав, що надало набагато більше свободи для форсування «зелених» технологій. Також варто зазначити, що економічні імпульси від використання поновлюваних джерел енергії продовжили своє поступове зростання. У 2022 році цей показник досяг 23,8 млрд євро, що більше за аналогічний показник попереднього року на 17,8%. Річ у тім, що збільшення цін на енергоносії позитивно вплинуло на вищезазначену тенденцію, що значною мірою сприяло зростанню прибутку. Особлива ситуація спостерігається в секторі біопалива, де

економічні імпульси від його продажу та використання заводів перевищують інвестиції в будівництво нових заводів починаючи з 2015 року.[11]

Наступним фактором, який також впливав на розвиток ВДЕ на території Німеччини, є обсяги встановленої потужності для генерації електроенергії з нетрадиційних видів палива. Чим більше розвиваються ці потужності, тим більше можливостей для виробництва «зеленої» енергії. Вищезгадані обсяги зростали стабільними темпами протягом останніх 20 років, що також сприяло розвитку відновлюваної енергетики ФРН. Зростаючі потужності, які були результатом прогресивних технологій, позитивно позначалися на рівномірному розподілі навантаження на електростанції, що генерують електроенергію з ВДЕ, тим самим зменшуючи їхню амортизацію та знос. Відтак, Німеччина отримувала екстенсивне зростання відновлюваних джерел енергії, зменшуючи при цьому гостру необхідність вливань капіталовкладень на підтримку поточних потужностей та розширення нових. Так, середньорічний темп зростання (CAGR) обсягів встановленої потужності для виробництва «зеленої» електроенергії у ФРН з 2010 по 2022 рр. становив 8,5%, що є одним із найвищих показників серед усіх розвинених країн [12].

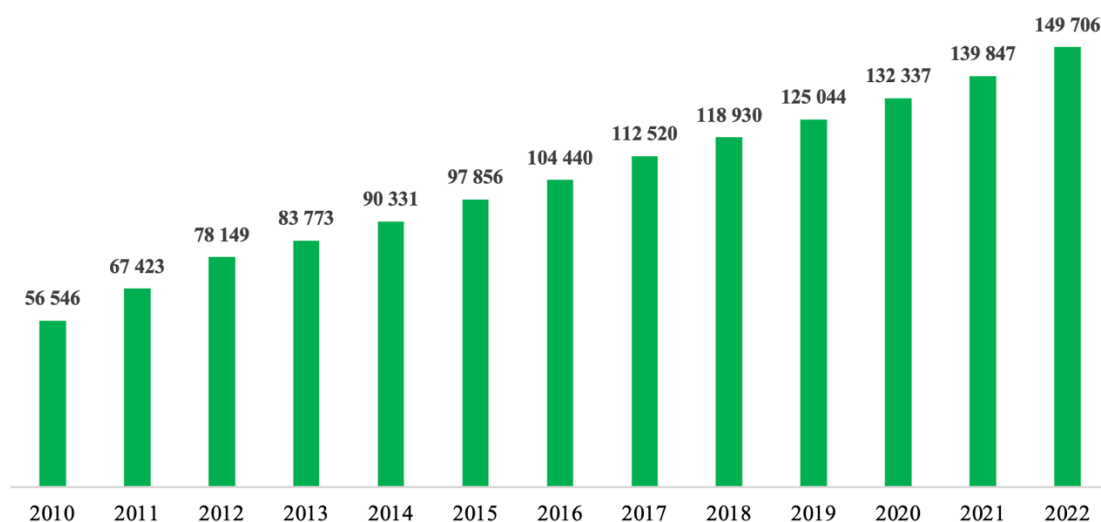


Рис. 1.2. Встановлена потужність з вироблення електроенергії з відновлюваних джерел у МВт енергії в Німеччині

Джерело: [12]

Ще одним фактором динамічного розвитку ВДЕ на території ФРН стала наявність значної кількості кваліфікованих кадрів, які забезпечували формування галузі та розвиток технологій для нетрадиційних видів палива. Поряд із цими ресурсами, Німеччина також вирізнялася розвиненою інфраструктурою та технологічною базою, необхідною для раціонального розвитку індустрії відновлюваної енергетики.

Головною ж складовою успіху ВДЕ у ФРН стала інституційна підтримка, яка відіграла ключову роль у формуванні та еволюції галузі. Одним з основних стовпів підтримки галузі став згаданий раніше Закон про EEG. Цей інструмент надавав можливість виробникам «зеленої» електроенергії подавати чисту електроенергію в мережу за спеціальними ставками за кіловат-годину. Як особливі тарифи тут виступають ставки, які вищі за ринкові котирування. За рахунок різниці між ринковою та встановленою ставками виробники електроенергії з ВДЕ отримували компенсацію, що покривала їхні витрати на генерацію. Цей захід спонукав до переходу на ВДЕ не тільки великі компанії, а й приватні підприємства, тим самим нарощуючи з року в рік частку ВДЕ у валовому виробництві та споживанні електроенергії. Ця тенденція пояснювалася фінансовими вигодами, які містилися в «зелених» технологіях і законі про EEG. Багато в чому завдяки цьому закону Німеччині вдалося настільки тривало і динамічно форсувати галузь відновлюваної енергетики. З 2005 по 2022 рр. виробництво чистої електроенергії збільшилося на 301%, досягнувши при цьому значень у 254 ГВтг [13]. Слід зазначити, що сам принцип дії інституційної підтримки не зазнавав серйозних змін упродовж криз 2008 і 2019 років, тобто потік капіталовкладень не припиняв перетікати в галузь відновлюваної енергетики. Проте уряд ФРН поступово адаптував Закон про EEG до кон'юнктури ринку, що складається, і вчасно випускав закони, тим самим регулюючи необхідність фінансової підтримки галузі нетрадиційних видів палива у відповідь на кризи, що виникали і зачіпали всю економіку ФРН. Ці закони відрізнялися переважно обсягами стимулювання та механізмами регулювання галузі відновлюваної енергетики. Завдяки постійним видозмінам

сектор ВДЕ міг стабільно розвиватися, не зазнаючи при цьому значних відхилень від поставлених планів [14].

Така тенденція спостерігалася до 2021 року. У 2021 році було розроблено новий EEG, який фіксував ще більш амбітні цілі щодо розвитку ВДЕ на території ФРН порівняно з попередніми періодами. Цей закон був спрямований на зниження фінансової підтримки галузі в частині субсидування «зелених» установок і виплат за EEG. Енергоємні компанії, як і раніше, могли бути звільнені від сплати повного збору за EEG, але при дотриманні певних умов. Також було запроваджено часткове фінансування витрат споживачів на EEG і надання грантів з федерального бюджету в розмірі 11 мільярдів євро, в результаті чого поліпшувалося становище споживачів на ринку електроенергетики. Закон про EEG 2021 сприяв більш інтенсивному та легкому впровадженню ВДЕ в загальну мережу електроенергетики. Згідно з вищезазначеним законопроектом, було запроваджено механізм ринкової інтеграції, який передбачав прямий продаж генерованої «чистої» електроенергії на фондову біржу. Така модель істотно полегшувала процеси надходження відновлюваної енергетики в систему. Головним же нововведенням стало впровадження інноваційних інструментів регулювання галузі, які остаточно змінили загальну картину індустрії відновлюваних джерел енергії. У 2021 році було презентовано систему аукціонів і тендерів, яка значно знижувала залежність виробників чистої електроенергії від уряду Німеччини та водночас спричиняла конкуренцію у вищезазначеній галузі, адже підприємства прагнули запропонувати найкращі умови для функціонування своїх станцій з метою перемоги в аукціонах та отримання контракту на будівництво або подальшу співпрацю. Такий механізм означав кінець системи, заснованої на наданні фіксованих пільгових тарифів за допомогою конкурентного процесу. Аукціони та тендери сприяли більш раціональній алокації коштів федерального бюджету, оскільки фінансова підтримка надавалася найефективнішим проектам. Така система створювала додаткові економічні стимули для розвитку і розширення проектів відновлюваної енергетики в сталий спосіб [15]. Загалом, EEG 2021 був спрямований на форсування енергетичного переходу у ФРН та підвищення

економічної ефективності проєктів, які ґрунтувалися на ВДЕ. Таким чином, після 2020 року інституційна підтримка галузі ВДЕ зазнала суттєвих змін, які здебільшого виражалися у зміні курсу форсування індустрії відновлюваної енергетики та її переході до принципів вільного ринку шляхом набуття самостійності [16].

1.3 Характер ціноутворення ринку відновлюваної електроенергії ФРН

Питання щодо цін на електроенергію в Німеччині та їхніх подальших тенденцій залишається доволі актуальним упродовж кількох останніх десятиліть. Важливо зазначити, що ціни на електроенергію у ФРН є одними з найвищих у Європі. Отже, розуміння структури ціноутворення ринку електроенергії відіграє значну роль в аналізі та дослідженні його кон'юнктури.

Якщо ж розглядати основні фактори впливу на вартість електроенергії в Німеччині, то тут слід виділити фундаментальні принципи попиту і пропозиції на ринку електроенергії, які безпосередньо корелюють з ціною. Так, чим більша пропозиція на ринку електроенергії, тим нижчі ціни на цей ресурс. І навпаки, дефіцит пропозиції призводить до зростання. Вартість виробництва також є значним впливовим фактором. Він залежить насамперед від ресурсів, що використовуються в процесі генерації електроенергії: газ, нафта, вугілля, ВДЕ тощо. Так, якщо міжнародні ціни на енергоносії будуть надто високими, то це безпосередньо позначиться на цінах на електроенергію у ФРН, що й сталося внаслідок енергетичної кризи 2022 року. Це пов'язано з тим, що ФРН, як і раніше, виробляє чималу частку електроенергії з викопного палива, значних обсягів якого в неї немає, що позначається на її залежності від імпорتنих поставок цієї сировини. У вартість виробництва також закладаються витрати на технічне обслуговування та експлуатацію установок, а також інвестиційні витрати на підтримання працездатності поточних електростанцій і будівництво нових. Витрати на мережеву і транспортну інфраструктуру також є одними з найважливіших визначальних чинників цін на електроенергію в Німеччині поряд із витратами на виробництво і податками, які, своєю чергою, залежать від

енергетичної політики держави. Вона може виражатися в наданні фінансування, субсидій, пільг тощо. Погодні умови можуть також впливати на ціну електроенергії. Чим сприятливіші погодні умови для генерації електроенергії з ВДЕ, тим більше цього ресурсу надійде в мережу, внаслідок чого ціна почне знижуватися відповідно до фундаментальних ринкових принципів. Усі перераховані складові взаємодіють одна з одною і позначаються на динаміці цін на ринку електроенергії в Німеччині [17].

Структуру ціни на цей ресурс загалом завжди визначала продуктивність електростанцій Німеччини; схожа картина спостерігалася і в інших країнах ЄС. У ФРН діє такий принцип: найдорожчі електростанції на ринку Німеччини, які в процесі генерації зазнають найбільших витрат, визначають ціни на електроенергію. Починаючи з 2021 року такими суб'єктами стали газові електростанції. Така система отримала назву «порядок заслуг». Електростанції, що генерують електрику за низькими цінами, могли продавати свій ресурс за завищеною вартістю, що визначається дорогими об'єктами. Однією з переваг цього порядку є стимулювання пропозиції електроенергії на ринку, оскільки виробники прагнули оптимізувати наявні процеси генерації з метою отримання додаткового прибутку, збільшуючи при цьому продуктивність і ефективність заводів. Це стимулювало перехід на поновлювані джерела енергії в Німеччині, що давало змогу гравцям з боку пропозиції суттєво економити на виробництві електроенергії та збільшувати потенційні вигоди від її торгівлі. Що більше «зеленої» електроенергії потрапляло в мережу, то менш дорогі станції визначали ціну на електроенергію. Така схема закріплювала загальний спадний тренд на електроенергію на фондовій біржі. Якщо складалася ситуація, коли ВДЕ могли задовольнити попит з боку споживачів у певні години, то уряду не було потрібно звертатися до дорогих електростанцій, які в першу чергу орієнтувалися на традиційні джерела енергії [18].

Проте енергетична криза 2022 року виявила недоліки в такій добре налагодженій системі. Річ у тім, що через порушення в логістиці поставок газу з росії, основного експортера цього ресурсу до ФРН, ціни на електрику від газових електростанцій значно зросли, оскільки газові електростанції, як і

раніше, відігравали ключову роль для задоволення попиту з боку споживачів у ФРН, у той час як «зелена» енергетика була все ще не в змозі забезпечувати 100% попиту і бути фундаментом ринку електроенергії. Через систему «порядку заслуг», газові електростанції все ще значно впливали на ціну електроенергії на фондовій біржі. З метою захисту споживачів уряд Німеччини планує реформувати ринок електроенергії, незначно зачіпаючи при цьому існуючу систему «порядку заслуг». На сьогодні керівництво ФРН перебуває в пошуку інструментів, які могли б зменшити вплив зростаючих цін на газ на роздрібну вартість електроенергії. З одного боку, можна було б збільшити фінансову підтримку газових електростанцій, щоб штучно занизити ціни на електроенергію. Проте, така картина означає нераціональне субсидування CO₂ викидів в атмосферу за рахунок коштів платників податків і поступовий відкат назад у частині досягнення вуглеводневої нейтральності Німеччини. З іншого боку, уряд ФРН розглядає варіант активного форсування більш дешевих видів палива в особі вугілля і поновлюваних джерел енергії, які могли б значно поліпшити ситуацію на ринку електроенергії. Якщо ж уряд активно вдаватиметься до використання вугільних електростанцій, то ситуація з парниковими викидами лише погіршиться, що не влаштовує ФРН. Таким чином, стимулювання розвитку відновлюваної енергетики є найімовірнішою опцією вирішення проблеми. На додаток до цього оптимізація систем зберігання електроенергії з ВДЕ і розширення електромережі можуть полегшити перехід на «зелену» електроенергію і позитивно позначитися на фондових цінах на цей ресурс, тим самим посприявши спадному тренду в середньостроковій перспективі [19].

Якщо говорити про склад цін на електроенергію, то його можна розділити на три основні блоки: витрати на виробництво і розподіл електроенергії, витрати на податки і мита, а також витрати на мережеві збори. Якщо до кризи 2022 року основною складовою ціни на електроенергію були податки і мита, то після вищезгаданої кризи загальна структура ціноутворення різко змінилася. Річ у тім, що витрати на виробництво і розподіл електроенергії стали головним компонентом, що впливає на ціну, що було пов'язано з високими

закупівельними цінами на біржі. Ця складова зросла в 6,7 рази для великих споживачів у період з 2019 по 2022 рік. Ціна на електроенергію з 2019 року збільшилася в 2,19 рази до 2022 року для енергоємних виробництв і підприємств Німеччини, тоді як малі споживачі стали платити в 1,14 рази більше. Така ситуація суперечила загальноприйнятим нормам на ринку: малі підприємства платять більше середнього за кожною складовою ціни на електроенергію, а великі – менше середніх значень. Слід зауважити, що частка витрат на мережеві збори не зазнала суттєвих змін у 2022 році. Іншими словами, енергетична криза 2022 року вже тоді почала реструктурувати ціноутворення на ринку електроенергії в Німеччині. Згодом же ціни на даному ринку стали поетапно знижуватися через поступову адаптацію уряду ФРН до мінливої кон'юнктури ринку. Детальніше цей аспект буде розглянуто в другому розділі роботи. Витрати на «зелені» сертифікати, які регулювали викиди CO₂ в атмосферу, також позначалися на собівартості електроенергії та могли становити близько 1/6 всіх витрат для газових електростанцій [20].

Таблиця 1.1

Структура цін на електроенергію для непобутових споживачів з мінімальним і максимальним обсягами річного споживання, 2019 і 2022 рр., цент/кВт-год

Обсяг споживання на рік, тис. кВт-год	2019			2022		
	Виробництво, розповсюдження	Мережевий збір	Податки, збори, надбавки	Виробництво, розповсюдження	Мережевий збір	Податки, збори, надбавки
До 20	5,25	6,82	15,17	12,26	7,75	11,75
Більше 150000	2,36	1,12	7,66	15,76	1,29	7,45
У середньому по категорії	3,17	3,27	11,12	12,98	3,49	8,46

Джерело: [20]

Варто також зазначити, що в регіональному розрізі у ФРН присутні відмінності між окремими землями, які виражаються в розмірі витрат на мережевий збір. У Німеччині склалася така ситуація, коли в регіонах з активним будівництвом мереж вищезгадані збори сягали суттєвих значень. Інвестиційні витрати, які несли оператори мереж, часто перекладалися на кінцевих споживачів в особі підприємств і домогосподарств, що негативно

позначалося на їхній ринковій позиції. Серед федеральних земель з високими мережевими зборами можна виокремити регіони на сході та півночі ФРН, в яких потрібна значна кількість витрат на інфраструктуру з метою транспортування надлишку «чистої» електроенергії на південь Німеччини. Якщо розглядати ціну електроенергії для домогосподарств у період з березня 2022 року по березень 2023 року, то найнижчі показники спостерігалися в Баварії та Гессені, в той час як Шлезвіг-Гольштейн вирізнявся найбільш високими значеннями [20].

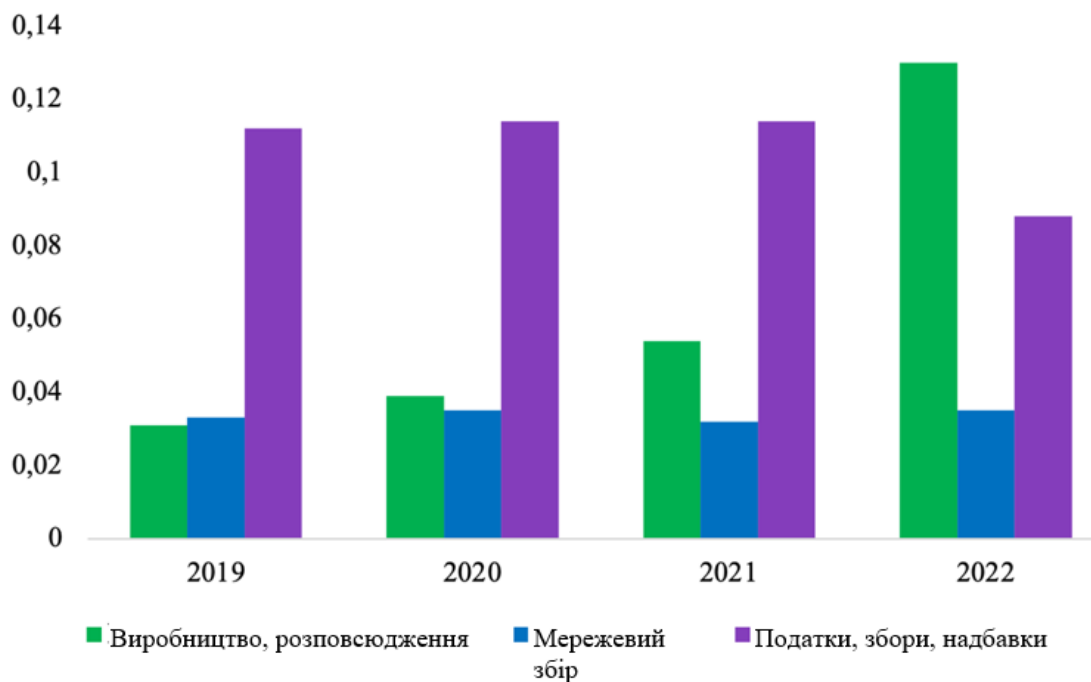


Рис. 1.3. Структура середніх цін для непобутових споживачів у ФРН у 2019-2022 рр. цент/кВт-год
Джерело: [20]

Таким чином, ціни на електроенергію в Німеччині залежать від цілої низки чинників, основними з-поміж яких є витрати на виробництво та розповсюдження електроенергії, мережевий збір, а також податки та мита. Ба більше, енергетична криза 2022 року значно реструктуризувала ціни на електроенергію, змінивши при цьому звичну картину ціноутворення на ринку електроенергетики.

РОЗДІЛ II. АНАЛІЗ РИНКОВОЇ КОН'ЮНКТУРИ РИНКУ ВДЕ ФРН

2.1 Стан галузі відновлюваної енергетики Німеччини до 2021 р.

Починаючи з кінця ХХ століття відновлювані джерела енергії активно розвивалися на території ФРН. На початку нового століття уряд прийняв рішення про ще більш амбітні плани частини «зеленої» енергетики і тотальної декарбонізації економіки Німеччини. Так, закон про відновлювані джерела енергії (EEG), прийнятий у 2000 році, значно сприяв динамічному розвитку та експансії відновлюваної енергетики у ФРН. Завдяки активному втручанням держави в загальноприйнятні ринкові механізми, темпи розвитку галузі ВДЕ у багато разів перевищували аналогічні показники інших європейських країн. Державна підтримка допомогла вищезгаданій галузі успішно адаптуватися до мінливої кон'юнктури ринку та викликів, які були спровоковані кризами 2008 та 2019 років. Вони допомогли ідентифікувати слабкі місця в галузі ВДЕ та нівелювати їхній ефект у подальшому.

Вже в 2014 році ВДЕ вперше вийшли в лідери серед джерел генерації електроенергії в Німеччині, обігнавши при цьому буре вугілля, частка якого становила 26%. До 2018 року частка сонячних і вітрових електростанцій зросла до 7,8% і 18,7% відповідно. Проте таке дбайливе ставлення держави до ВДЕ протягом тривалого періоду часу спричинило значне підвищення цін для населення, яке виникло через введення надбавок за EEG. Законопроект встановлював певний рівень надбавки за виробництво електроенергії з ВДЕ, яка йшла на покриття витрат і фінансування виробників чистої електроенергії. Даний інструмент стимулював генерацію «зеленої» електроенергії і поліпшував становище виробників на ринку. В результаті склалася ситуація, коли різниця між премією і ринковою ціною поступово зростала через значну пропозицію електроенергії, тим самим на плечі споживачів лягало все більше фінансове навантаження [21].

Уряду ФРН необхідно було діяти з метою запобігання подальшого поглиблення дисбалансу на ринку. Тому починаючи з 2017 року було введено систему аукціонів і тендерів, які були покликані поступово переводити економіку на ринкові відносини. Їх суть полягала в тому, що виробники чистої електроенергії прагнули оптимізувати процеси генерації електроенергії і запропонувати ціни за максимально низькою вартістю. Гравці ринку, які пропонували поставки з найнижчою ціною, вигравали аукціон. Більш того, вони отримували можливість гарантовано надавати електроенергію за контрактом протягом наступних 20 років. Таким чином, уряд ФРН поступово зменшував своє втручання в розвиток галузі за допомогою інтеграції ринкових механізмів регулювання у вигляді тендерів. Відмінною особливістю закону про EEG 2021 стала підтримка кінцевих споживачів електроенергії, тоді як попередні законопроекти були спрямовані в основному на стимулювання виробництва електроенергії з ВДЕ. Ця підтримка виражалася в частковому покритті надбавки за EEG з коштів державного бюджету та введенні грантів для субсидування і підтримки населення на суму понад 11 мільярдів євро. Більш того, події кризи 2019 року, викликані COVID-19, змусили уряд ФРН внести ряд додаткових коригувань в регулювання галузі. Так, історично, енергоємні компанії Німеччини мали певний ряд привілеїв щодо виплат надбавки за EEG. Для таких підприємств встановлювався певний поріг, перетинаючи який компанії могли платити знижену суму коштів за EEG. Таке рішення було прийняте з метою підтримки конкурентоспроможності містоутворюючих підприємств Німеччини на міжнародному ринку. COVID-19 спровокував рецесію в економіці ФРН, в результаті чого багато компаній більше не змогли задовольнити умови спеціального закону про регулювання компенсації. Для наочності, тільки за 2020 рік ВВП ФРН знизився на 5%, що є досить значним зниженням і показовим ідентифікатором спаду економічної активності в Німеччині. Істотне погіршення промислового виробництва в ФРН, яке прямо пропорційно було пов'язане з експортом німецького обладнання та інших товарів до зарубіжних країн, спровокувало вищезгаданий спад в економіці. Зниження промислового виробництва пояснювалося припиненням

роботи більшості підприємств країни через введені локдауни, в результаті чого ці компанії втратили значну частину свого потенційного доходу. Для підтримки економічної стабільності та часткового нівелювання негативних ефектів кризи COVID-19 уряд ФРН знизив порогові значення для енергоємних підприємств [22].

Таким чином, до 2021 року Німеччина застосувала чималу кількість регуляційних механізмів з метою адаптації індустрії відновлюваних джерел енергії до динамічно мінливої кон'юнктури ринку. Більш того, проблема зростання цін на електроенергію, як і раніше, зберігалася, що викликало побоювання у німецького уряду і провокувало нові дискусії щодо інструментів запобігання висхідному тренду вартості.

2.2 Трансформація ринку ВДЕ ФРН в контексті кризи 2022-2023 рр.

Енергетична криза в Німеччині, яка була спровокована кількома факторами, серед яких можна виділити підвищений світовий попит на електроенергію після ковідних локдаунів, загострення відносин Німеччини з РФ внаслідок повномасштабної війни проти України, внесла значні зміни в кон'юнктуру ринку електроенергетики. Як результат, ця криза позначилася на Німеччині, яка через відсутність істотних запасів власних родовищ корисних копалин, за винятком бурого вугілля, є залежною від зовнішніх поставок сировини. Росія протягом довгих років відігравала ключову роль у забезпеченні ФРН невідновлюваними джерелами енергії, переважно у вигляді природного газу. Через вищезазначені події постачання газу було частково призупинено, що поставило Німеччину в не вигідне становище. Уряду ФРН необхідно було терміново адаптуватися до нових умов, в результаті чого в 2022 році було прийнято рішення про відновлення роботи виведених з експлуатації вугільних електростанцій. Через високу вартість природного газу багато промислових компаній все частіше вдавалися до використання нафти як дешевшої альтернативи. Варто зауважити, що багато підприємств і домогосподарств вважали за краще економити на електроенергії через її прогресуючу ціну, що призвело до значного зниження споживання електроенергії та природного газу на 5% і 14% відповідно. Споживання опустилося до найнижчої позначки з часів

возз'єднання ФРН. Ці заходи допомогли Німеччині знизити вплив енергетичної кризи не тільки на галузь електроенергетики, але й на економіку ФРН в цілому. У 2022 році в атмосфері було зафіксовано на 5 мільйонів тон CO₂ більше, ніж спочатку планувалося. Таким чином, Німеччині довелося піти на значні поступки і відхилитися від раніше розроблених планів щодо досягнення вуглеводневої нейтральності [23].

Водночас 2022 рік став вдалим для ринку відновлюваної електроенергетики. Так, частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні збільшилася ще на 5% порівняно з попереднім роком, досягнувши 46,2%. У той час як загальне виробництво електроенергії з відновлюваних джерел енергії зросло на 8,5%, досягнувши позначки в 254 мільярди кіловат-годин. Стимулом зростання «зеленої» індустрії стали сприятливі погодні умови. Такі значні позитивні результати відновлюваної енергетики також допомогли пом'якшити настільки агресивне зростання цін на електроенергію. Це пояснювалося тим, що в мережу надходили значні обсяги чистої електроенергії, що в свою чергу збільшувало пропозицію на ринку і було противагою висхідному тренду цін на електроенергію. Уряд Німеччини взяв до уваги результати впливу індустрії відновлюваної енергетики на кризу 2022 року і виніс рішення про подальше форсування «зеленої» енергетики в країні. ФРН бачила в даній галузі інструмент захисту від впливу екстерналій і зниження залежності від імпорту викопного палива [24].

В результаті в Німеччині було прийнято ряд правових актів для більш динамічної трансформації ринку електроенергетики і оголошено розвиток відновлюваних джерел енергії одним з першочергових завдань держави з метою забезпечення національної безпеки країни. Дані заходи відкривали шлях для оптимізації процедур розробки та узгодження інноваційних проектів індустрії ВДЕ. Одним з головних амбітних завдань ФРН стало досягнення частки ВДЕ у виробництві електроенергії в 80% до 2030 року, тоді як попередня мета становила лише 65%. Більш того, Німеччина планує виділити близько 2% всіх своїх територій під проекти, пов'язані з генерацією енергії з вітру, і досягти вуглеводневої нейтральності до 2045 року. Також було

прийнято рішення про поступову відмову від використання вугілля для виробництва електроенергії до 2030 року в Рейнській області, що є досить значним кроком, оскільки спочатку передбачалося відмовитися від вугільних електростанцій на 8 років пізніше [25].

Незважаючи на те, що у деяких експертів можуть виникнути сумніви щодо виконання наміченого плану з розвитку ВДЕ, ФРН вже сьогодні досягла істотних результатів. Вперше за весь час частка ВДЕ у виробництві електроенергії перевищила 50%, що свідчить про потенційну можливість досягнення поставлених завдань. Варто також зазначити, що додатковим стимулом до форсування ВДЕ стало скорочення витрат, які несуть в собі зміни клімату. У період з 2000 по 2021 рр. було зафіксовано збитки в розмірі 145 мільярдів євро, в той час як до середини століття ці значення можуть збільшитися на 93%-521%, що принесе колосальні проблеми не тільки для галузі ВДЕ в контексті її підтримки та фінансування, але і для всієї економіки Німеччини. Ці цифри навіть не враховують втрату біорізноманіття та руйнування екосистеми в результаті кліматичних змін [26].

З метою більш динамічного форсування галузі відновлюваної енергетики на території ФРН на початку 2023 року був прийнятий новий закон про EEG, який мав на меті прискорити трансформацію ринку електроенергетики. До 2030 року планується виробляти до 600 ТВтг електроенергії з ВДЕ, в той час як у 2022 році було згенеровано 254 ТВтг електроенергії. Повноцінна трансформація галузі відповідно до принципів ринкової економіки також залишається одним з найважливіших завдань індустрії відновлюваних джерел енергії. Через те, що в 2022 році проблема зростання цін на електроенергію як і раніше зберігалася, до 2029 року будуть істотно розширені і збільшені обсяги тендерів на фотоелектричні установки, морську і вітрову енергетику з метою більш динамічної інтеграції ринкових механізмів. Більш того, до 2030 року передбачається виділити близько 215 ГВт і 115 ГВт для сонячної та вітрової електроенергії відповідно. Також передбачається введення та адаптація моделі еталонної прибутковості, яка спрямована на стимулювання районів з малими обсягами генерації електроенергії з вітру, особливо на півдні Німеччини. Така

стратегія включає в себе близько 12 пакетів заходів, які спрямовані на оптимізацію процесів в галузі відновлюваних джерел енергії Німеччини. Серед основних напрямків можна виділити трансформацію законів про формування та затвердження проектів розвитку ВДЕ з метою зниження бюрократії та прискорення процесів узгодження необхідних заходів для підтримки галузі. Окрема роль відводиться інвестиціям у НДДКР для розвитку технологічної бази галузі та поліпшення умов праці для залучення кваліфікованої робочої сили. Закон про відновлювані джерела енергії стосується і сонячної енергетики, в якій істотно спростили умови для будівництва та підключення фотоелектричних станцій і установок. Згідно з EEG у 2023 році передбачається призупинення подальшого зниження максимальних ставок винагороди для виробників електроенергії з ВДЕ. Більш того, тепер мережеве агентство ФРН зможе коригувати ці значення аж до 25%. Така процедура може бути використана в разі зростання собівартості виробництва чистої електроенергії через технологічні збої та кліматичні фактори. Для більш оптимальної координації функціонування індустрії ВДЕ було закріплено спеціальний комітет, що складається з секретарів федеральних земель і уряду. Держава буде зобов'язана щорічно звітувати перед створеним секретаріатом щодо стану та розвитку ВДЕ на території Німеччини, після чого приймається рішення про подальше розширення «зеленої» енергетики [27].

Однією з найважливіших особливостей EEG 2023 стала скасування надбавки, яка вводилася відповідно до закону про відновлювані джерела енергії в 2000 році. Такий сміливий крок став можливим тільки завдяки прийняттю закону про фінансування енергетичної галузі, суть якого полягала в тому, що уряд Німеччини відтепер компенсував завищені витрати галузі за рахунок коштів федерального бюджету. Це означало, що індустрія ВДЕ не залишається зовсім без підтримки з боку держави, оскільки фінансування, як і раніше, могло бути надано. Водночас продовжилася тенденція підтримки кінцевих споживачів електроенергії та зниження їхнього фінансового навантаження, яка почалася в 2017 році [28].

Таким чином, криза 2022 року спровокувала остаточну зміну парадигми в галузі електроенергетики та визначила подальші цілі в частині трансформації даної індустрії в бік «зеленої» електроенергетики та повноцінного переходу галузі на ринкові рейки. Більш того, уряд ФРН прийняв курс на оптимізацію та модернізацію систем ВДЕ і стимулювання молодих напрямків відновлюваних джерел енергії у вигляді водню.

Незважаючи на таку динамічну інтеграцію механізмів для трансформації ринку електроенергетики Німеччини, в країні як і раніше зберігалася проблема зростання цін на електроенергію. Оскільки в другій половині 2021 року ситуація зі зростанням цін на електроенергію продовжувала прогресувати, уряд Німеччини був змушений вживати додаткових заходів для стримування впливу екстерналій на економіку та підтримки галузі відновлюваної електроенергетики. На саміті ЄС у жовтні 2021 року було запропоновано провести реформу ціноутворення, від чого уряд ФРН спочатку утримався. Німеччина не розглядала реструктуризацію цін, оскільки вважала, що надання короткострокової допомоги підприємствам і домогосподарствам є більш ніж достатнім заходом для нівелювання негативних ефектів кризи. Проте подальше поглиблення кризи змусило ФРН переглянути своє рішення, в результаті чого країна була готова наростити обсяги стимулювання гравців ринку відновлюваної енергетики. Так, масштаби виділених коштів у вигляді трьох пакетів допомоги, які були виділені на підтримку галузі, були порівнянні з кон'юнктурними програмами 1974-1975 рр. у відсотковому відношенні до ВВП країни. На додаток до виділених коштів були розроблені умови надання фінансування та заходи щодо реструктуризації ціноутворення в країні [20].

Вплив кризи спровокував дискусії щодо поділу територій ФРН на цінові зони, в яких регіони з дефіцитом генерації електроенергії будуть платити більше за споживання, в той час як землі з надлишком виробництва будуть нести менші витрати. Проте, щодо даної концепції поки що не було досягнуто єдності, оскільки не тільки землі півдня в особі Баден-Вюртемберга і Баварії, але й більшість західних регіонів зі значною часткою промисловості у ВВП

виступають проти даної ідеї. Європейська комісія очікує рішення з порушеного питання вже в 2026 році [20].

Як уже зазначалося раніше, в результаті кризи було зафіксовано значну реструктуризацію цін на електроенергію. Через геополітичну ситуацію в світі ФРН стало досить проблематично стримувати зростання цін на електроенергію. Так, ціна газу в 2022 році збільшилася на 197% порівняно з попереднім періодом. Завдяки використанню СПГ, Німеччині вдалося швидко зменшити вартість імпортного газу до квітня 2023 року, приблизно на 58% в порівнянні з груднем 2022 року. З грудня 2022 року оптова ціна електроенергії зменшилася на 67,5% порівняно з показниками травня 2023 року, з 25,2 до 8,2 центів за кіловат-годину. Варто зазначити, що це зниження було пов'язане переважно зі зниженням вартості природного газу. Проте, в умовах зростання сертифікатів, згідно з реформою EU ETS, і використання СПГ замість імпортного трубопровідного газу, який на 1/3 дешевший за скраплений, передбачається подальше зростання вартості електроенергії. Щоб допомогти підприємствам зі збільшеним навантаженням, уряд ФРН у 2023 році виділив компаніям певних галузей фінансування в розмірі до 3 млрд євро для компенсації непрямих витрат, в основному – сертифікатів на викиди парникових газів. Цей захід був реалізований з метою уникнення релокації заводів і підтримки конкурентоспроможності містоутворюючих підприємств ФРН на міжнародному ринку. Обсяги допомоги визначалися показниками енергоефективності компаній. Щоб запобігти нераціональному використанню виділених субсидій, уряд ФРН зобов'язав підприємства не менше 50% отриманих коштів направляти на декарбонізацію виробництва та реалізацію стратегій управління електроенергією. Більш того, через очікуване зростання цін на сертифікати на викиди було внесено пропозицію про інтеграцію механізму виплати «кліматичних грошей», які були покликані пом'якшити тягар населення, пов'язаний зі збільшеною вартістю життя [20].

Оскільки мережеві відрахування також становлять істотну частку цін на електроенергію, уряд Німеччини був змушений спрямувати 12,84 мільярда євро на покриття, стабілізованих на рівні 2022 року, витрат на послуги операторів

магістральних мереж для виробників. Ставка цих відрахувань становила 3,12 центів за кіловат-годину. Такі заходи сприяли підтримці основних енергоємних підприємств ФРН [20].

Спад цін на електроенергію з другої половини 2022 року був досягнутий переважно за рахунок значного зниження податкового навантаження. Уряд зміг полегшити тягар споживачів за допомогою розширення фінансової підтримки для споживачів і впливу на податок на додану вартість (ПДВ). Мінімальним значенням для цього податку в ЄС є 5%, тоді як у Німеччині аналогічний показник досягає 19%. У жовтні 2022 року Німеччина зафіксувала 7% ПДВ до кінця жовтня 2024 року, що негативно позначилося на державному бюджеті країни. За попередніми оцінками, витрати склали близько 2 мільярдів євро, тоді як потенційні витрати можуть досягти 6,5 мільярдів євро. Незважаючи на такі суттєві заходи, представники бізнесу в Німеччині залишилися незадоволені виконаною роботою, оскільки очікували більш значущих кроків з боку держави в частині зниження податків. Обнулення збору, який був введений відповідно до закону про відновлювані джерела енергії, мало найбільший ефект від зменшення податкового тягаря. Якщо в січні 2022 року цей збір був компенсований за рахунок коштів федерального бюджету, що призвело до його зниження, то в 2023 році відрахування були обнулені. З цього часу виробники «зеленої» електроенергії покривали свої витрати за рахунок фонду «клімат і трансформація». Ще одним значущим заходом стало скасування збору на «відключувані навантаження», який був введений ще в 2013 році і був спрямований на підтримку стабільності мереж та енергосистем. Кошти з цього збору йшли на покриття витрат підприємств, які були викликані необхідністю відключення своїх потужностей в певні періоди часу з метою зниження споживання електроенергії. Більш того, з метою компенсації потенційних витрат енергоємних виробництв уряд Німеччини ввів додаткові пільги, які функціонували відповідно до механізму компенсації «пікових витрат». Для отримання пільги відповідно до даного інструменту виробникам чистої електроенергії необхідно було пред'явити плани та обґрунтування оптимізації енергоінтенсивності підприємств. Через вплив кризи в 2023 році компаніям

було дозволено претендувати на такі пільги лише підтверджуючи готовність до таких заходів ефективного зниження енергоспоживання, без демонстрації доказів [20].

Таблиця 2.1

Податки, включені в ціну на електроенергію, центи/кВт-год

Вид податку	2021	2022	2023
Збір на електроенергію	2,05	2,05	0
Збір на відключувані навантаження	0,009	0,003	0
Збір на мережеві підключення морської вітроенергетики	0,395	0,419	0,591
Постанови про оплату доступу до енергомереж	0,432	0,437	0,417
Надбавка за теплофікацію	0,254	0,378	0,357
Збір за законом про відновлювані джерела енергії	6,5	3,723/0	-
Концесійний збір	1,66	1,66	1,66
ПДВ	5,13	5,92/6,40	7,49
Всього податки	16,43	14,59/11,347	12,565

Джерело: [20]

Як можна зрозуміти з перерахованих вище заходів, уряд ФРН зробив чимало змін у регулюванні галузі електроенергетики, особливо щодо виробників. Проте кінцеві споживачі електроенергії також отримали істотну підтримку з боку держави. Так, була розроблена програма пом'якшення енергетичних витрат, відповідно до якої було виділено близько 5 мільярдів євро з державного бюджету. Ці кошти мали піти на фінансування енергоємних підприємств. Вони могли покривати до 2 млн євро, що становило приблизно 30% додаткових витрат підприємств. Якщо ж компанії хотіли отримати більш істотну суму субсидій, за умови наявності збитку за певний період, то вони були змушені претендувати на більшу допомогу, яка була в спеціальній антикризовій рамковій програмі. Варто зазначити, що дана програма не користувалася такою значною популярністю в порівнянні з компенсацією «пікових витрат». Уряд Німеччини не забував і про малий та середній бізнес, в

результаті чого було виділено близько 1 мільярда євро на стимулювання бізнесу та підтримку економічної стабільності. Більш того, деякі регіони направляли додаткове фінансування зі свого бюджету на додаток до федеральної програми [20].

Згідно з Третім пакетом допомоги в Німеччині було введено обмеження цін на електроенергію, яке відіграло роль «цінового гальма». Верхня межа обсягу грошових коштів, які були закладені в дану програму, становила від 50 до 70 мільярдів євро. Завдяки вищезазначеному інструменту кінцеві споживачі могли розраховувати на вартість електроенергії, яка не перевищувала пільгового тарифу. У даному тарифі виділяли дві групи: дрібні та великі споживачі. За цією класифікацією до дрібних відносили осіб із споживанням до 30 тис. кВт-год/рік, ставка тарифу прирівнювалася до 40 центів/кВт-год. Друга ж група – великі споживачі – могла розраховувати на чистий тариф в 13 центів/кВт-год, іншими словами, до нього ще додавалися податки, мережеві збори тощо. Також для вищезазначених типів пільг були встановлені обсяги від річного споживання електроенергії, на які поширювалися тарифи: 80% для першої групи і 70% для другої. Якщо ж ціни виходили за встановлені межі, то електроенергія продавалася за ціною постачальника. Такий захід стимулював покупців до економії, оскільки виробники могли пропонувати свій товар за завищеними цінами. Доходи енергоємних компаній, які були ними зароблені в період енергетичної кризи, послужили опорою для фінансування механізму «цінового гальма». Якщо ж виділеного обсягу було недостатньо, то Фонд економічної стабілізації надавав додаткову фінансову підтримку. Відрахування для стелі цін стосувалися виробників, які використовують для генерації електроенергії відновлювані джерела енергії, мазут, буре вугілля і ядерне паливо. З метою поступового зниження споживання природного газу було вирішено виключити з вищезазначеного списку кам'яновугільні установки. Незважаючи на те, що уряд все ж прагнув підтримати виробників електроенергії і звільнити їх від важкого тягаря, постачальники електроенергії висловлювали невдоволення щодо надмірного державного втручання і утиску їх прав [20].

Таким чином, можна зробити висновок про те, що уряд Німеччини докладає чимало зусиль для того, щоб забезпечити більш динамічну трансформацію ринку електроенергії та форсувати повноцінний перехід на відновлювану енергетику в найближчі десятиліття. Енергетична криза спровокувала реструктуризацію цін на електроенергію, через що Німеччині довелося адаптувати свою політику під нові виклики. Цей шок продемонстрував готовність країни вживати витратних заходів для досягнення поставленої мети: впровадження «цінового гальма», численні субсидії та пільги, відмова від закону про відновлювані джерела енергії та збільшення вартості сертифікатів на парникові викиди тощо. Більш того, ФРН прагне враховувати інтереси всіх як споживачів, так і виробників електроенергії з метою мінімізації збитків для всіх учасників ринку. Проте, незважаючи на такі суттєві кроки з боку уряду, багато експертів прогнозують збільшення цін на електроенергію в найближчій перспективі. Дане зростання обумовлене не тільки енергетичною кризою і складною геополітичною ситуацією, але й активним процесом інтеграції ВДЕ в галузь електроенергетики. З метою ще більшої мінімізації збитків від витрат від даної трансформації уряд ФРН планує впровадити субсидовані «трансформаційні ціни», які будуть функціонувати в період переходу на відновлювану енергетику до тих пір, поки ціна на електроенергію не почне знижуватися внаслідок інтеграції ВДЕ. Варто зазначити, що дані ціни будуть діяти в період після закінчення дії механізму «цінового гальма» і переважно для енергоємних компаній Німеччини, які орієнтовані на експорт і відповідають критеріям ефективного енергетичного менеджменту. Така стратегія сприятиме подальшому зміцненню ВДЕ в секторі електроенергетики ФРН [20].

РОЗДІЛ III. АНАЛІЗ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НІМЕЧЧИНИ

3.1. Статистичний аналіз і прогноз цін на електроенергію ФРН за допомогою моделей ARIMA і GARCH

З метою вивчення загальної картини на ринку електроенергетики ФРН та прогнозування подальшого тренду цінової динаміки в рамках даної роботи будуть застосовані кількісні та якісні статистичні методи для аналізу даних. Варто зазначити, що комбінація цих методів досить широко поширена в сучасних дослідженнях для отримання цілісного розуміння ринку електроенергетики. Як уже зазначалося раніше, для реалізації найбільш якісного аналізу одним з основних інструментів була обрана модель ARIMA-GARCH, яка буде використана для побудови подальшого прогнозу цін на електроенергію в Німеччині. Основною складовою даної моделі є щоденні погодинні біржові ціни на електроенергію в період з 2006 р. по квітень 2024 р. – дані інституту Фраунгофера, визнаного серед дослідників установи в сфері відновлюваної енергетики в Європі. Тим самим підтверджується достовірність і надійність використаних даних.

Методика інтегрованого ковзного середнього (ARIMA) буде задіяна для прогнозування тренду цін на основі фактичної інформації про часові ряди за допомогою лінійної регресії. Проте, дана модель має істотні недоліки, оскільки вона може не враховувати ефект волатильності. Це пояснюється тим, що в ARIMA умовна волатильність є постійною. Волатильність багато в чому пов'язана з ризиком, який відіграє істотну роль не тільки на ринку

електроенергетики, але і в усіх галузях економіки в цілому. З метою нівелювання даного недоліку було вирішено доповнити існуючий аналіз моделлю GARCH, здатною враховувати ефект умовної гетероскедастичності (ефект CH). Гетероскедастичність же в свою чергу і включає в себе умовну волатильність.

З метою оптимізації часового ряду фактичних даних було вирішено агрегувати щоденні погодинні показники в місяці з медіани, оскільки вона менш схильна до ефекту викидів у порівнянні із середнім значенням. Виходячи з наведеного нижче графіка (Рис. 3.1) можна помітити, що в 2022 році ціни на електроенергію зазнали висхідного тренду, який був спровокований енергетичною кризою. З метою реалізації моделі ARIMA-GARCH необхідно спочатку провести аналіз поточного часового ряду, щоб переконатися в їх якості.

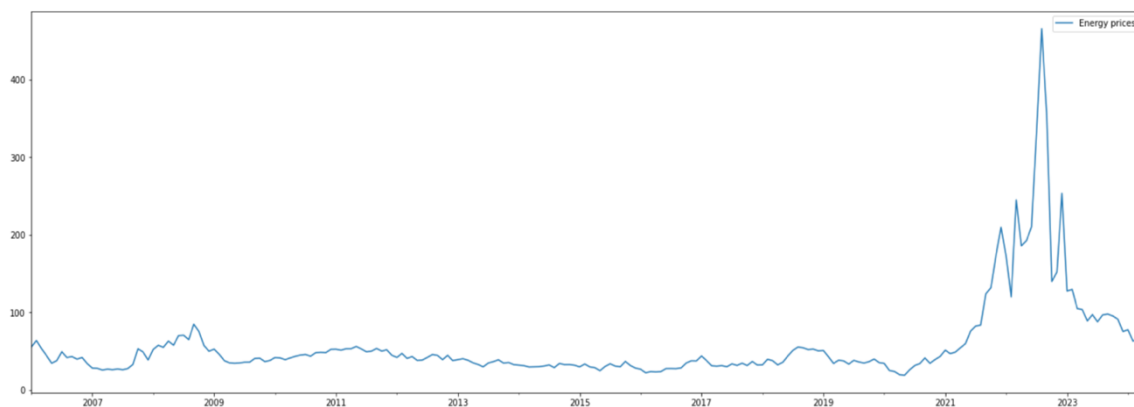


Рис. 3.1. Агреговані ціни на електроенергію в Німеччині в євро за МВт-годину

Джерело: [29]

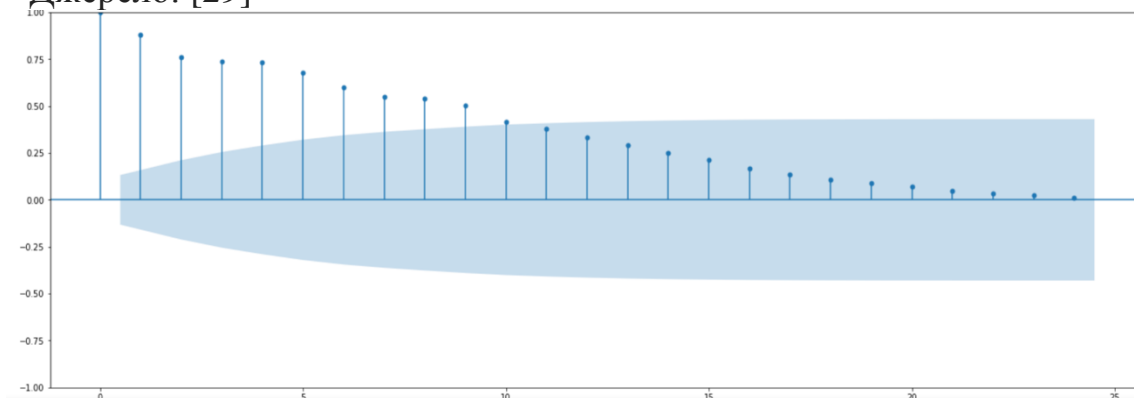


Рис. 3.2. Власні обчислення в Python, графік ACF

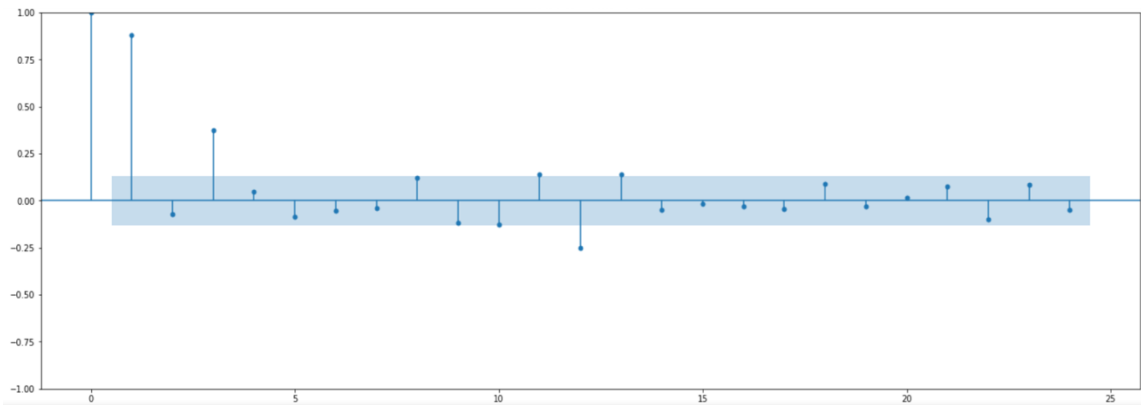


Рис. 3.3. Власні обчислення в Python, графік PACF

На основі графіка ACF (Рис. 3.2) можна припустити наявність автокореляційної залежності. Графік автокореляції повільно спадає, що свідчить про те, що суміжні значення ряду сильно залежні. Дане спостереження попередньо підтверджує наявність тренду. Якщо ж розглянути графік часткової автокореляції (Рис. 3.3), то тут не спостерігається сезонність, оскільки значущі лаги не чергуються і не коливаються. Стаціонарність є ще однією ознакою, яку необхідно перевірити з метою підвищення якості моделі. Більш того, вона є необхідною умовою для аналізу часових рядів. Стаціонарність передбачає відсутність з плином часу варіації в процесах генерації даних і автокореляції. Для цього був використаний тест Дікі-Фуллера (ADF test), в ході якого p-value виявилось рівним 0,107818, що перевищує 5% рівень значущості. Виходячи з цього можна зробити висновок, що нульова гіпотеза H_0 не відхиляється і ряд не є стаціонарним. Для того, щоб оптимізувати модель, було вирішено провести диференціювання і логарифмування вихідних даних: цей підхід призведе до стабілізації дисперсії, а також дозволить розглядати залежну змінну в термінах лог-вартості.

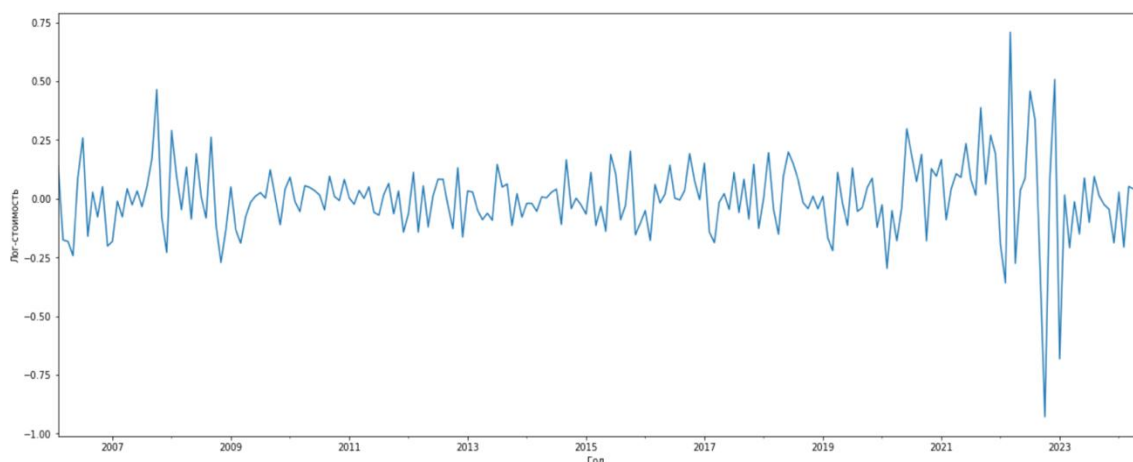


Рис. 3.4. Власні обчислення в Python, лог-вартість електроенергії в ФРН

В результаті логарифмування ряд лог-вартість електроенергії виявився більш стабільним, що говорить про те, що трендова складова відсутня. Більш того, попередньо можна стверджувати про те, що ряд лог-вартості – стаціонарний. Знову проведемо вищезгаданий тест ADF з метою перевірки даних. В ході перевірки p-value виявився рівним 0,002846, що менше критичного значення в 5%. Отже, можна стверджувати, що ряд лог-вартості електроенергії є стаціонарним. Більш того, з метою додаткової перевірки на стаціонарність був реалізований KPSS тест, в результаті якого значення test statistic виявилось менше p-value = 1, що зайвий раз говорить про стаціонарність ряду.

```
def adfuller_summary(X):
    result = adfuller(X)
    print('ADF Statistic: %f' % result[0])
    print('p-value: %f' % result[1])
    print('Critical Values:')
    for key, value in result[4].items():
        print('\t%s: %.3f' % (key, value))
adfuller_summary(df['log_prices'])
```

```
ADF Statistic: -3.806100
p-value: 0.002846
Critical Values:
1%: -3.462
5%: -2.876
10%: -2.574
```

Рис. 3.5. Власні обчислення в Python, ADF-тест для лог-вартості електроенергії

На користь припущення про стаціонарність також свідчать графіки ACF і PACF. Графік автокореляції не містить виражених максимумів, лаги розподілені відносно нуля, що свідчить про те, що в ряді домінує випадкова складова. Аналогічна ситуація спостерігається на графіку PACF, він також не відрізняється коливанням або чергуванням значущих лагів, що говорить про стаціонарність ряду. Слід також зазначити, що у графіків ACF і PACF 2 і 7 лаги є значущими.

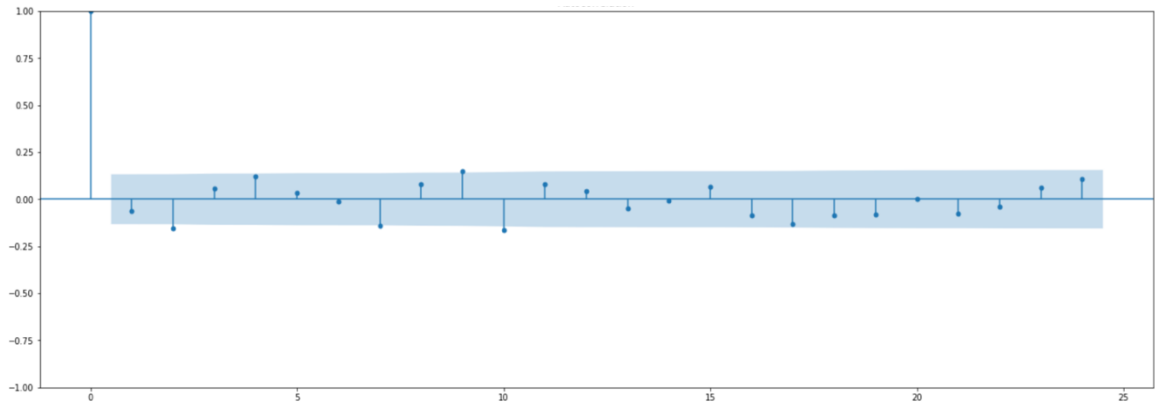


Рис. 3.6. Власні обчислення в Python, графік ACF для лог-вартості електроенергії

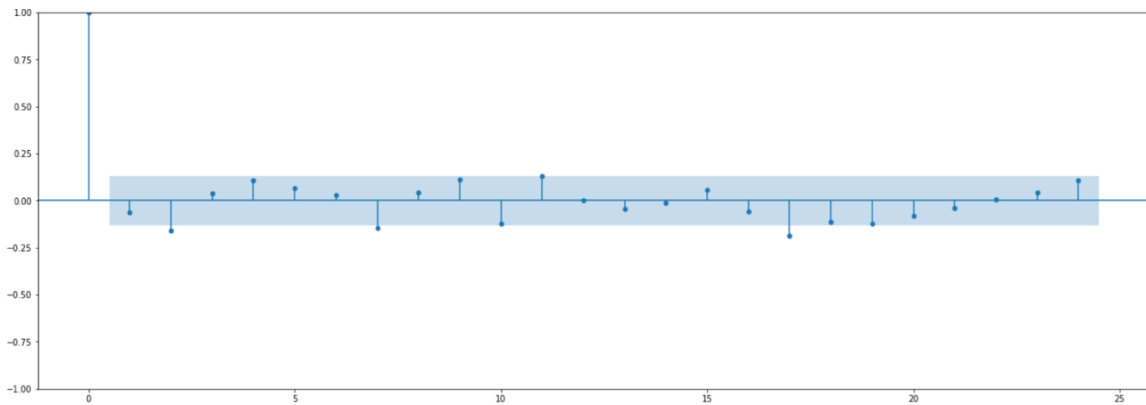


Рис. 3.7. Власні обчислення в Python, графік PACF для лог-вартості електроенергії

Через те, що на графіках ACF і PACF 2 і 7 лаг є значущими, було вирішено виключити їх з моделі ARIMA (p, d, q). Параметри p і q , що відповідають за моделі AR і MA відповідно, прийматимуть значення від 2 до 7. Оскільки вихідні дані вдалося привести до стаціонарного вигляду і модель реалізується за лог-вартістю часового ряду, то параметр d , що відповідає за порядок різниці, дорівнюватиме 0. В результаті проведення аналізу, найкращою моделлю виявилася ARIMA (6, 0, 6). Для виявлення найбільш якісної моделі був застосований метод середньоквадратичного відхилення, який визначив мінімальне відхилення саме для вищезгаданої моделі. У свою чергу, це свідчить про те, що ARIMA (6, 0, 6) матиме найменшу міру відмінностей між передбачуваними і спостережуваними значеннями. Детальніше з графіками даної моделі можна ознайомитися в додатку.

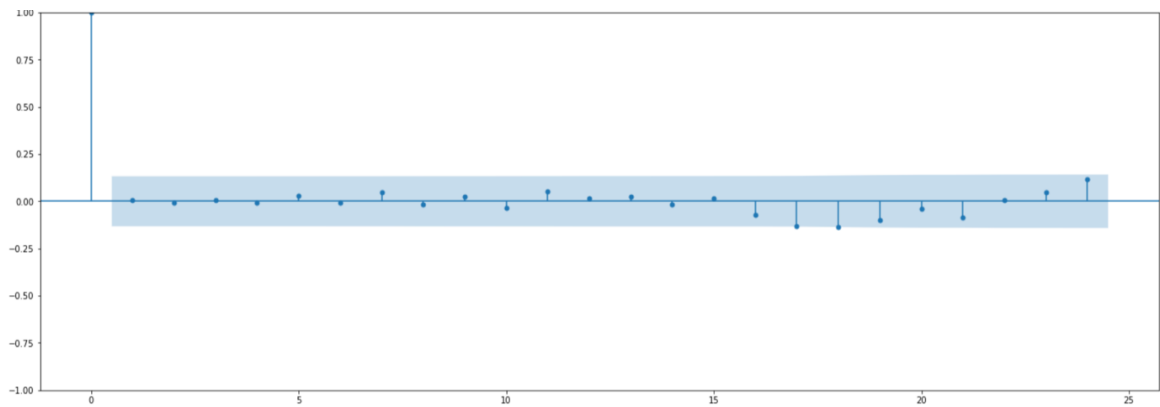


Рис. 3.8. Власні обчислення в Python, графік ACF для залишків моделі

ARIMA

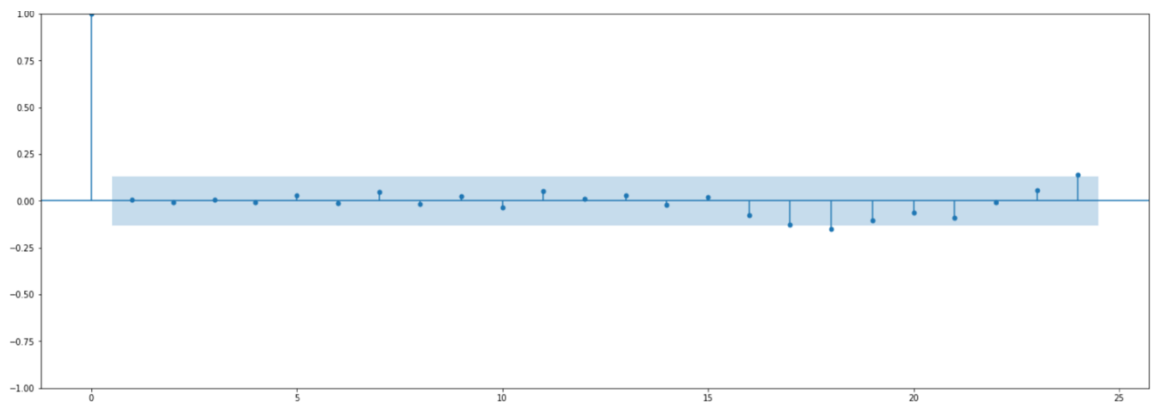


Рис. 3.9. Власні обчислення в Python, графік PACF для залишків моделі ARIMA

Як можна помітити, кількість значущих лагів у моделі ARIMA (6, 0, 6) значно зменшилася, порівняно з вихідною моделлю. Більш того, тепер більшість лагів більш близько розподілені біля нуля. Також, всі значущі лаги починаються з лагу під номером 17, що порівняно «далеко» від наших вихідних значень, а тому, подібним лагом можна знехтувати. Після цих дій була проведена перевірка залишків моделі на наявність ефекту умовної гетероскедастичності (CH), за допомогою піднесення залишків моделі до квадрату. В результаті виявлення CH ефекту було вирішено використовувати модель GARCH, яка, за рахунок свого вміння враховувати ефект гетероскедастичності, дозволить нам врахувати волатильність часового ряду. Після того, як в основу моделі GARCH лягли залишки ARIMA (6, 0, 6), було проведено аналіз і визначено найкращу модель – GARCH (1, 0, 1). Саме для даної моделі інформаційні критерії AIC і BIC виявилися найменшими, що вказує на високу якість моделі. В результаті аналізу графіків ACF і PACF залишків моделі GARCH (1, 0, 1) не було виявлено автокореляції між лагами. Таким чином, ми змогли підібрати необхідний тип моделі GARCH, що дозволить

нам врахувати волатильність часового ряду і зробити прогноз подальшого тренду цін на електроенергію в Німеччині. Нижче наведено необхідний графік цінової динаміки на десять місяців вперед (Рис. 3.10). Варто зазначити, що даний метод демонструє лише цінову динаміку у вигляді залишків моделі, а не прогнозні значення цін, оскільки в рамках поточної роботи необхідно зрозуміти подальший тренд вартості електроенергії в ФРН.

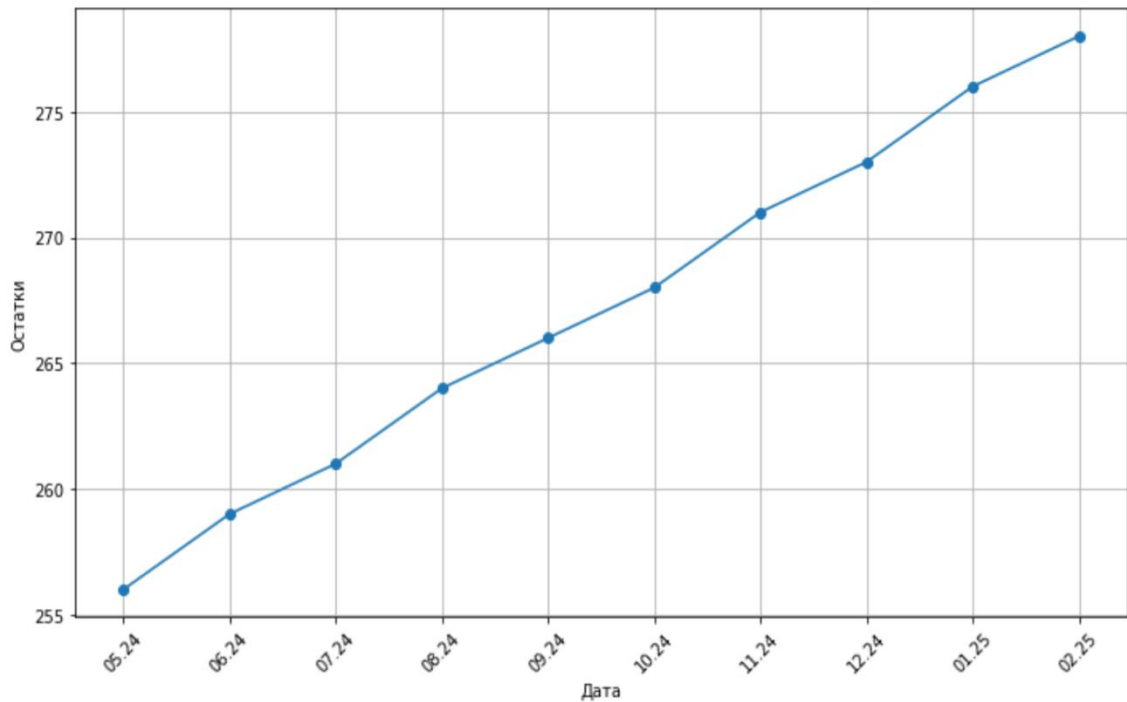


Рис. 3.10. Власні обчислення в Python, прогноз цінової динаміки електроенергії в Німеччині на 10 місяців

Таким чином, в Німеччині в найближчі місяці в середньому очікується підвищення ціни на електроенергію. Проте, збільшення вартості не буде відбуватися динамічними темпами і не досягне піків 2023 року. Завдяки втручанню держави Німеччині вдалося значно знизити вартість електроенергії за допомогою численних змін у вигляді надання пільг, субсидій і спеціальних пакетів фінансування галузі відновлюваної енергетики. Якщо розглядати стан ринку в довгостроковій перспективі, то з урахуванням усіх вжитих заходів і цілеспрямованої трансформації ринку в бік відновлюваної енергетики, вартість електроенергії почне поступово знижуватися внаслідок зменшення впливу факторів зростання у вигляді залежності від викопного палива. Даний аналіз підтверджує висунуту раніше гіпотезу. Позитивна цінова динаміка в короткостроковій перспективі обумовлена проблемою, що як і раніше зберігається в структурі ціноутворення: істотна частка витрат на виробництво електроенергії.

Хоча уряду і вдалося частково вирішити її, невизначеність на ринку природного газу і залежність Німеччини від зовнішніх постачальників все ще викликає побоювання у багатьох гравців ринку електроенергетики. Більш того, загострення ситуації на Близькому Сході, роль якого у вищезгаданій галузі сильно зросла після зниження поставок газу з РФ, може послужити драйвером подальшого підвищення цін. Високі податки, збори та мита в секторі електроенергетики також можуть зіграти роль у потенційному збільшенні вартості.

Ще одним фактором зростання цін на електроенергію може стати плата за використання електромереж, яка в 2024 році може зрости на 25%. Основною причиною цього підвищення є необхідність залучення інвестицій для підтримки працездатності енергосистем, що стане складним після скасування субсидії на 5,5 мільярдів євро на мережевий збір. Більш того, зростання плати за електромережу буде значною мірою пов'язане з розширенням і перетворенням енергосистеми в ході енергетичного переходу ФРН. Іншими словами, підвищення цін у короткостроковій перспективі обумовлено витратами динамічної трансформації ринку в бік відновлюваної енергетики [30].

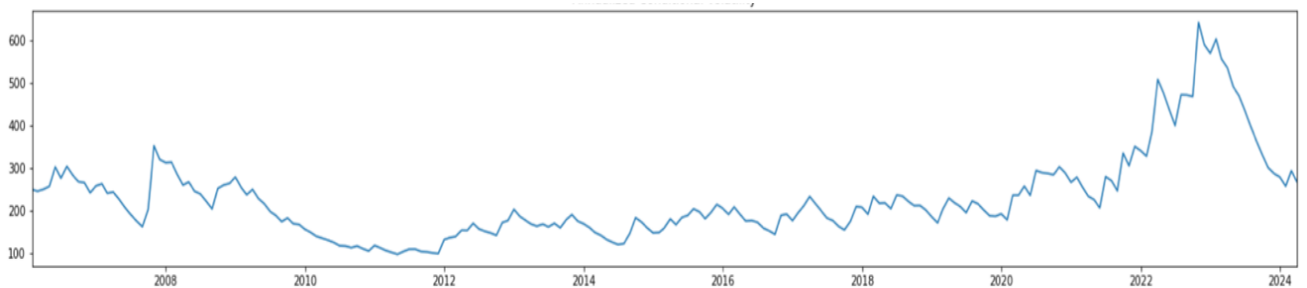


Рис. 3.11. Власні обчислення в Python, умовна волатильність на основі моделі GARCH в річному обчисленні

3.2 Потенціал розвитку ВДЕ як спосіб досягнення енергетичної незалежності Німеччини

Енергетична криза змусила уряд Німеччини значно прискорити темпи енергетичного переходу та інтеграції відновлюваних джерел енергії в економіку країни. Посилення впливу факторів зростання цін на електроенергію, які були розглянуті в попередніх розділах, не могло не викликати занепокоєння в Німеччині. В результаті чого ФРН прийняла значну кількість законів і

правових актів, спрямованих на форсування індустрії ВДЕ і допомогу гравцям ринку електроенергетики в адаптації до його трансформації за допомогою надання субсидій, пільг і фінансування. Варто зазначити, що даний перехід вимагатиме значного обсягу часу і грошових коштів, частина з яких вже була вкладена в галузь. Дані заходи є необхідними для потенційного зниження залежності Німеччини від впливу зовнішніх факторів у вигляді цін на викопне паливо, яке традиційно використовувалося в Німеччині. Більш того, Федеральний фонд клімату і перетворень планує виділити значну кількість коштів на фінансування галузі в 2024 році – близько 49 мільярдів євро на підтримку індустрії ВДЕ, що може значно прискорити темпи трансформації сектора електроенергетики і посприяти адаптації гравців вищезгаданого ринку. Ці кошти будуть спрямовані на підтримку енергетичної оптимізації будівель і споруд, розвиток електротранспорту та стимулювання водневої економіки Німеччини з метою її поступової і більш активної інтеграції. Слід зауважити, що в процесі активної експансії відновлюваної енергетики уряд буде поступово нарощувати технологічну базу для форсування водню в країні, оскільки саме цей ресурс у перспективі буде основною заміною нафти, вугілля та природному газу. Якщо ФРН планує стати кліматично нейтральною до 2045 року, то їй необхідний розвиток зеленого водню, який відіграватиме ключову роль для енергоємних компаній країни. Водень може бути використаний не тільки в морському та повітряному транспорті, які досить важко електрифікувати, але й в енергоємних проектах, таких як виробництво сталі та цементу. На додаток до численних переваг вищезазначеного ресурсу у вигляді безпеки поставок і гнучкості, форсування водневих технологій обіцяє значне розширення кількості робочих місць у цьому напрямку. Для ефективного енергетичного переходу уряду також знадобиться значний обсяг інвестицій у реконструкцію енергосистем і мереж, до яких подається електроенергія, для їх пристосування до відновлюваної енергетики. З цією метою і було виділено додаткові 5,5 мільярдів євро на субсидування мережевого збору з метою підтримки працездатності енергомережі. Коли уряду вдасться нівелювати витрати на оптимізацію електромережі, це сприятиме зниженню ціни на

електроенергію в майбутньому, що позитивно позначиться як на домогосподарствах, так і на промислових підприємствах Німеччини [31].

У перспективі уряд Німеччини значно прискорить процеси затвердження та будівництва нових електростанцій, що працюють на енергії ВДЕ. Вже сьогодні можна спостерігати позитивну динаміку в цьому аспекті. Так, якщо порівнювати з показниками за весь 2022 рік, то тільки в першій половині 2023 року в мережу було введено на 50% більше вітрових установок. Більш того, до кінця минулого року був досягнутий рекорд за цими показниками, так як було підключено близько 826 нових вітрових турбін, що еквівалентно 3,6 ГВт. Варто відзначити, що в будівництві сонячних електростанцій в 2023 році також був поставлений рекорд: було введено в експлуатацію понад мільйон нових сонячних установок потужністю 14,6 ГВт. Що стосується проектів, то в 2023 році було схвалено 1500 нових енергетичних проектів з будівництва заводів потужністю 8 ГВт. Для порівняння, це майже в 2 рази більше результатів за 2021 і 2022 роки. Основною заслугою такого прориву є значне спрощення процедур затвердження будівництва «зелених» станцій. Окрема увага також приділяється тендерам і аукціонам, кількість яких буде динамічно зростати. Тендери на морську енергетику займуть особливу роль, оскільки саме цей напрямок є одним з найскладніших для реалізації через розташування установок. На додаток до цього, працездатність і ефективність морських вітряних турбін вища, ніж їх аналогів на суші, тому уряд планує в найближчому році форсувати морську енергетику з метою підвищення її конкурентоспроможності [32].

ФРН також планує розширити місця, в яких можна буде встановлювати сонячні електростанції. Акцент буде зроблено на сільськогосподарських угіддях, болотах, військових зонах, а також бічних смугах залізниць і автомагістралей. За допомогою таких нововведень Німеччині вдасться значно наростити обсяги генерації електроенергії з ВДЕ. Не варто також забувати, що галузь відновлюваної енергетики є вагомим економічним стимулом для країни, оскільки саме цей сектор відкриває численні додаткові можливості для працевлаштування кваліфікованих кадрів, особливо на тлі скорочення і подальшої потенційної релокації містоутворюючих підприємств Німеччини в інші країни з метою

зниження виробничих витрат. Таким шляхом вже скористалися не тільки німецькі автогіганти в особі «Mercedes-Benz Group AG», «BMW Group AG», але і хімічний концерн «BASF SE», що сигналізує про потенційне зниження не тільки робочих місць в країні, але і податків, що надходять до федерального бюджету. Інші промислові лідери Німеччини можуть наслідувати приклад перерахованих промислових гігантів, в результаті чого це явище стане масовим. Сектор відновлюваної енергетики стане в даному випадку ключем до вирішення вищезазначеної проблеми. Крім цього, Німеччина готує ряд міжнародних проектів у секторі ВДЕ, які сприятимуть подальшому зниженню використання вугілля і просуванню «зеленої» енергетики. Серед основних країн-партнерів можна виділити Францію, США, Великобританію і Південну Африку [33].

Таким чином, Німеччина задіює всі можливі ресурси з метою досягнення в найближчому майбутньому намічених цілей щодо вуглеводневої нейтральності та динамічної трансформації ринку електроенергетики. Комплекс заходів, які були прийняті до поточного періоду, вже забезпечує необхідну базу для розвитку ВДЕ і прокладає подальший шлях для повноцінної та успішної інтеграції відновлюваної енергетики в економіку країни. Іншими словами, якщо Німеччина продовжить дотримуватися наміченого курсу, то в найближчому майбутньому відновлювані джерела енергії стануть саме тим інструментом, який забезпечить енергетичну незалежність і безпеку ФРН.

ВИСНОВКИ

З тих пір, як наприкінці ХХ століття країни ЄС прийняли рішення про поступове зниження викидів парникових газів в атмосферу за допомогою поступової інтеграції «зелених» технологій в економіку країн, Німеччина доклала значних зусиль до реалізації завдань у цій галузі в порівнянні з іншими державами світу. Більш того, на сьогоднішній день Німеччина є одним з лідерів у вищезазначеній сфері не тільки в ЄС, але і на міжнародній арені. В кінці ХХ століття ФРН взяла курс на зниження залежності від електростанцій, що генерують електрику за допомогою викопного палива, в основному – вугілля. З метою більш динамічної інтеграції ВДЕ в сектор електроенергетики Німеччини в 2000 році був прийнятий Закон про відновлювані джерела енергії (EEG), який був спрямований на стимулювання виробництва електроенергії з ВДЕ. У міру розвитку галузі цей законопроект ставив у невідповідне становище кінцевих споживачів електроенергії, оскільки через механізм надбавок для виробників «зеленої» електроенергії ті могли перекладати на покупців свої витрати, що поступово підвищувало вартість електроенергії на ринку. Незважаючи на істотні успіхи EEG, уряду Німеччини необхідно було вирішувати вищезазначену проблему. В результаті трансформації законодавства на користь тендерів і аукціонів ФРН поступово інтегрувала ринкові механізми регулювання галузі відновлюваної енергетики, які були вперше представлені в EEG 2017. Їхня основна ідея полягає в тому, щоб найбільш енергоефективні виробники «зеленої» електроенергії, які пропонують свої послуги за найнижчою вартістю, отримували контракт на їх надання протягом обмеженого періоду часу. Таким чином, уряд поступово зменшував своє втручання в регулювання галузі та переводив її на ринкові рейки. Більш того, в процесі форсування індустрії відновлюваних джерел енергії інституційні механізми галузі були адаптовані під кон'юнктуру ринку, що дозволяло знизити вплив економічних і геополітичних шоків на ринок електроенергетики. Іншими словами, кризи відігравали роль лакмусового папірця, завдяки якому можна було своєчасно виявити слабкі місця в політиці держави. Цей принцип став

одним з основних факторів успіху розвитку сектора відновлюваної енергетики ФРН.

Енергетична криза 2022 року внесла значні корективи в ринок електроенергетики. Вона стала причиною підвищеної уваги до основної проблеми німецької економіки – залежності від імпортного викопного палива, переважно нафти і газу, що пов'язано з дефіцитом родовищ невідновлюваних джерел енергії на території Німеччини. Припинення поставок російського газу посилило тенденцію до зростання цін на електроенергію в країні, що негативно позначилося не тільки на компаніях і промислових підприємствах ФРН, але й на приватних домогосподарствах. З метою екстреної адаптації уряд ФРН у 2022 році прийняв рішення про відновлення роботи виведених з експлуатації вугільних електростанцій. Крім того, багато промислових компаній все частіше схилилися до використання нафти як дешевшої альтернативи природному газу. Даний шок також спричинив реструктуризацію складових ціни на електроенергію. Історично, ціни на електроенергію були представлені трьома основними блоками: витрати на мережеві збори, витрати на податки і мита, а також витрати на виробництво і розподіл електроенергії. Останні ж в результаті впливу енергетичного шоку стали головною складовою ціни, в той час як історично саме податки і мита становили найбільшу частку ціни. Справа в тому, що зростання ролі витрат на виробництво і розподіл обумовлено збільшенням цін на природний газ в результаті припинення поставок з РФ. Газові електростанції все ще відігравали ключову роль у задоволенні попиту на електроенергію з боку споживачів, тоді як відновлювана енергетика не могла повноцінно покрити попит і виконувати функцію основоположного елемента сектора електроенергетики. Уряду Німеччини необхідно було вживати заходів з метою пом'якшення впливу енергетичної кризи, через що ФРН перейшла на СПГ і обрала курс форсування відновлюваних джерел енергії в країні. Для більш динамічного розвитку відновлюваної енергетики в Німеччині було прийнято ряд правових актів і законів, спрямованих на динамічну трансформацію ринку в бік вуглеводневої нейтральності. Такі заходи не тільки стимулювали експансію ВДЕ, але й оптимізували процедури ініціалізації та

узгодження інноваційних проектів у даній галузі. Більш того, це стало одним із першочергових завдань ФРН для забезпечення незалежності та національної безпеки в країні.

Серед усіх вжитих заходів особливе місце посідає закон про відновлювані джерела енергії (EEG) 2023, який мав на меті значно прискорити енергетичний перехід у Німеччині. Головною його особливістю стало скасування надбавки за EEG завдяки введенню закону про фінансування завищених витрат галузі за рахунок коштів федерального бюджету, в результаті чого продовжувався тренд зниження фінансового навантаження кінцевих споживачів, який був розпочатий ще в 2017 році. Іншими словами, галузь відновлюваної енергетики не залишалася зовсім без підтримки, оскільки компанії як і раніше могли розраховувати на фінансову допомогу. Більш того, вищезгаданий законопроект істотно розширював обсяги тендерів на відновлювані джерела енергії для прискореної інтеграції ринкових механізмів до 2029 року. Для залучення кваліфікованої робочої сили, яка є одним з основоположних елементів галузі ВДЕ, планується оптимізація умов праці, а також поліпшення технологічної бази галузі шляхом інвестування в НДДКР.

Також варто відзначити той факт, що в 2024 році Федеральний фонд клімату і перетворень планує направити близько 49 мільярдів євро на підтримку сектора відновлюваної енергетики, що може істотно форсувати темпи енергопереходу і посприяти адаптації гравців ринку електроенергетики до нових реалій.

Таким чином, енергетична криза 2022 року проілюструвала готовність Німеччини йти на рішучі та витратні заходи з метою досягнення поставлених завдань. Серед численних інструментів, інтегрованих у відповідь на шок, можна виділити: відмову від надбавки за EEG, впровадження «цінового гальма», виділення значного обсягу фінансової підтримки та пільг, збільшення вартості сертифікатів на викиди парникових газів, прийняття механізму виплати «кліматичних грошей» тощо. Особливу роль також відіграв вплив уряду на податки і збори, що згодом призвело до зниження податкового тягаря кінцевих споживачів електроенергії. Цей захід багато в чому сприяв низхідному

тренду цін на електроенергію з другої половини 2022 року. Результат вищезазначених законопроектів – уряду Німеччини вдалося зменшити навантаження на споживачів і значно знизити ціни на електроенергію. Більш того, в процесі форсування ВДЕ ФРН прагне враховувати інтереси всіх учасників ринку з метою мінімізації потенційного збитку. Проте, незважаючи на такі значні заходи з боку уряду, багато експертів прогнозують збільшення цін на електроенергію найближчим часом. В рамках реалізованого аналізу за допомогою моделі ARIMA-GARCH було також отримано прогноз зростання цін на електроенергію на 10 місяців з травня 2024 року. Важливо відзначити, що ескалація цін на електроенергію не буде відбуватися динамічними темпами і, згідно з прогнозом, може підвищитися лише до рівня 2021 року. Висхідний тренд багато в чому обумовлений проблемою, яка все ще присутня в структурі ціноутворення, оскільки частка витрат на виробництво і розповсюдження електроенергії, як і раніше, зберігає свою значимість.

Плата за використання електромереж може стати додатковим фактором зростання цін на електроенергію. Необхідність залучення інвестицій для оптимізації та підтримки працездатності енергосистем, яка стане обтяжливою в результаті скасування субсидії на 5,5 мільярдів євро на фінансування мережевого збору, може стати основною причиною вищезазначеного зростання. Позитивна динаміка плати за електромережу буде значною мірою пов'язана з перетворенням і розширенням енергосистеми в ході енергетичного переходу ФРН. Іншими словами, витрати динамічного процесу енергопереходу в бік відновлюваної енергетики обумовлюють потенційне зростання цін на електроенергію в короткостроковій перспективі.

В результаті впровадження інструментів форсування індустрії відновлюваної енергетики уряду вдалося забезпечити необхідну базу для розвитку ВДЕ, що прокладає подальший шлях для повноцінної та успішної інтеграції відновлюваної енергетики в економіку країни. З урахуванням всіх вжитих заходів і радикальної трансформації ринку в бік відновлюваної енергетики в довгостроковій перспективі очікується зниження впливу факторів зростання у вигляді залежності від викопного палива, а значить вартість електроенергії також

почне поступове зниження. Якщо Німеччина продовжить дотримуватися даного курсу, то відновлювані джерела енергії в майбутньому стануть інструментом, який забезпечить енергетичну незалежність і безпеку ФРН.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2022 // Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt //2023// URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-03-16_uba_hg_erneuerbareenergien_dt_bf.pdf

2. Механізми стимулювання розвитку відновлювальних джерел енергетики (формування «зелених» тарифів та використання «зелених» аукціонів) Інформаційна довідка, підготовлена Європейським інформаційно-дослідницьким центром] <https://infocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/29501.pdf>.

3. Гелетуха Г., Железна Т., Дроздова О. Аналіз механізмів стимулювання розвитку «зеленої» електроенергетики в Європейському Союзі [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://biomass.kiev.ua/images/library/articles/analysis-of-subsidy-systems.pdf>

4. Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2022 // Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt //2023// URL: (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-03-16_uba_hg_erneuerbareenergien_dt_bf.pdf)

5. Renn O., Marshall J. P. Coal, nuclear and renewable energy policies in Germany: From the 1950s to the “Energiewende” //Energy Policy. – 2016. – Т. 99. – С. 224-232 // URL: (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421516302294?casa_token=mRldhGqWdZQAAAAA:7KpBci1VEeChuEAtcY5kz3bqCo8jGFOZZdytw2cYpJqa9-MCdwg0uZQqPTd62dw3mvP7SC1j)

6. Альтернативна енергетика: міжнародний досвід, проблеми та перспективи [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://bit.ly/2zNCcKW>

7. Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2022 // Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt //2023// URL:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-03-16_uba_hg_erneuerbareenergien_dt_bf.pdf

8. Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2022 // Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz //2023// URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2022.html>

9. The World Bank // URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=DE>

10. Кращі європейські практики реалізації вимог Директиви 2009/28/ЄС щодо заохочення використання відновлюваних джерел енергії [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.reee.org.ua/assets/2014/09/best-european-practices.pdf>

11. Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2022 // Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt //2023// URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-03-16_uba_hg_erneuerbareenergien_dt_bf.pdf

12. Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2022 // Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt //2023// URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-03-16_uba_hg_erneuerbareenergien_dt_bf.pdf

13. Тарифи для підтримки «зеленої енергетики» [Електронний ресурс] — Режим доступу: http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/84623/Doroge_zadovolenna_Nynishni_taryfy_dla_pidtrymky_zelenoji/

14. Appunn K. , Wehrmann B. ; Wire C. E. ; Coming of age: How will Germany's renewable energy pioneers fare in the free market? //2019// URL: <https://www.cleanenergywire.org/news/coming-age-how-will-germanys-renewable-energy-pioneers-fare-free-market>

15. Зарубіжний досвід стимулювання відновлювальних джерел енергетики [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://bit.ly/2uE1A0w>
16. Appunn K.; Wire C. E. ; What's new in Germany's Renewable Energy Act 2021 //2021// URL: (<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/whats-new-germanys-renewable-energy-act-2021>)
17. Вугільний дисбаланс Німеччини, або критична стадія енергетичного повороту. Електронний ресурс: <https://ua-energy.org/uk/posts/vuhilnyi-dysbalans-nimechchynu>
18. Landmesser D. Wie kommen die Strompreise zustande? //2022// URL: (<https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/strompreis-preisbildung-101.html>)
19. «Альтернативна» Німеччина 2050 року – міф чи реальність? Електронний ресурс: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/1500>
20. Світове споживання енергії. Електронний ресурс: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
21. Рецесія в Німеччині: коротка чи довга? Електронний ресурс: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3800555-recesia-v-nimeccini-kоротка-ci-dovga.html>
22. Erneuerbare Energien // Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz // URL: (<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien>)
23. Kern V. A new era of transformation //2023// URL: (<https://www.deutschland.de/en/topic/environment/the-energy-transformation-in-germany-status-and-progress>)
24. Німеччина має новий план: 80% відновлюваної енергії до 2030 року. Електронний ресурс: https://lb.ua/world/2022/07/09/522684_nimechchina_maie_noviy_plan_80.html
25. Kern V. A new era of transformation //2023// URL: (<https://www.deutschland.de/en/topic/environment/the-energy-transformation-in-germany-status-and-progress>)

26. Стратегія біорізноманіття ЄС до 2030 року: повернення природи в наше життя. Електронний ресурс: https://uncg.org.ua/strategiia-bioriznomanittia-ies-do-2030-roku-povernennia-pryrody-v-nashe-zhyttia/?gad_source

27. Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2022 // Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz //2023// URL: (<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2022.html>)

28. Erneuerbare Energien // Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz // URL: (<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien>)

29. Stromproduktion und Börsenstrompreise in Deutschland // Fraunhofer ISE // URL: (https://www.energy-charts.info/charts/price_spot_market/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=2024×lider=0&timezone=utc&legendItems=000000100000000)

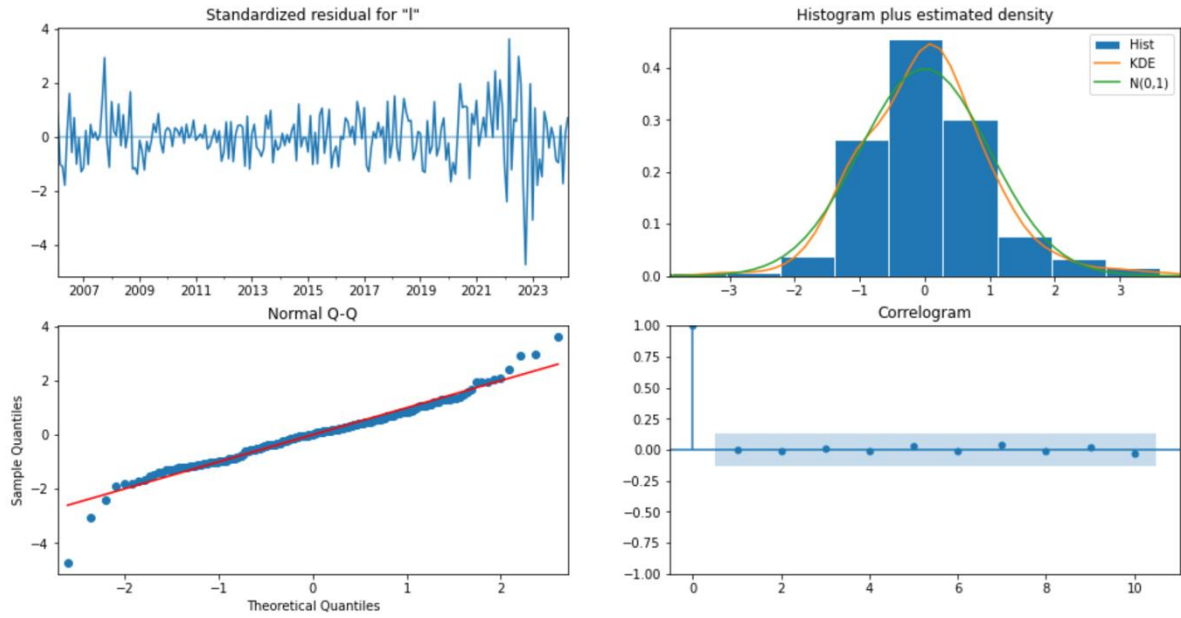
30. Reiter N. Strom wird 2024 deutlich teurer: Diese Anbieter erhöhen die Preise //2024// URL: (<https://www.merkur.de/verbraucher/energie-strom-preise-2024-teurer-anbieter-erhoehen-kosten-wechsel-92830005.html#:~:text=Bundesweit%20erh\u00f6hen%20106%20Stromanbieter%20in,mehr%20bei%20der%20Stromrechnung%20zahlen>)

31. Anteil der Erneuerbaren Energien steigt // Die Bundesregierung //2024// URL: (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/faq-energiewende-2067498>)

32. So läuft der Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland // Die Bundesregierung //2024// URL: (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/ausbau-erneuerbare-energien-2225808#:~:text=Erstmals%20mehr%20als%2050%20Prozent%20Strom%20aus%20Erneuerbaren%20Energien&text=Und%20erstmals%20wurde%20mit%2056,aus%20Erneuerbaren%20Energien%20gedeckt%20werden>)

33. Das Zeitalter der erneuerbaren Energien // Die Bundesregierung //2024// URL: (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/erneuerbare-energien-317608>)

ДОДАТКИ



Власні обчислення в Python, графіки стандартизованих залишків, гістограми, Q-Q plot і корелограми для моделі ARIMA (6,0,6)