

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ МІЖНАРОДНИХ ВІДНОСИН

Кафедра міжнародних комунікацій і політології

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему

**СУЧАСНА ЕНЕРГЕТИЧНА ПОЛІТИКА НІМЕЧЧИНИ**

Галузь знань 29 – Міжнародні відносини

Спеціальність 291 – Міжнародні відносини, суспільні комунікації та регіональні студії

Спеціалізація Міжнародна інформація

Освітня програма Міжнародна інформація

ДРМВІ. 291

Виконала: здобувачка групи МВІм-21-1 \_\_\_\_\_ І.В.Михайлова  
(підпис)

Керівник: доц., к. психол.н. \_\_\_\_\_ О.І. Бондаренко  
(підпис, дата)

**До захисту допускаю:**

Зав. кафедри  
Міжнародної комунікації  
та політології

\_\_\_\_\_ О.О. Заславська  
(підпис, дата)

\_\_\_\_\_ 2022 р.

Хмельницький, 2022

## ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: міжнародних відносин

Кафедра міжнародних відносин та туризму

Рівень вищої освіти: Другий(магістерський)

Галузь знань 29 – Міжнародні відносини

Спеціальність 291 – Міжнародні відносини, суспільні комунікації та регіональні студії

Спеціалізація Міжнародна інформація

Освітня програма Міжнародна інформація

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри міжнародної комунікації та політології

\_\_\_\_\_ Заславська О.О.

### ЗАВДАННЯ

#### НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Михайлової Ірини Валеріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Сучасна енергетична політика Німеччини»

керівник роботи Бондаренко О.І., к психол.н., доц

Затверджено наказом ректора університету від 1 липня 2022 р. № 87

2. Строк подання студентом роботи на кафедрі 8 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: *матеріали міжнародних організацій, міжурядових європейських організацій, державних органів влади, інформаційно-аналітичних центрів, статистичні звіти, публікації в ЗМІ, Інтернет, виступи провідних політиків та лідерів суспільної думки.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

- аналіз основних теоретичних засад енергетичної політики Німеччини;
- аналіз сучасного стану енергетичної політики Німеччини;
- когнітивне моделювання та прогнозування енергетичної політики Німеччини.

5. Дата видачі завдання “1” вересня 2022 р.

Керівник \_\_\_\_\_

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів	Примітки
1	Одержання теми та збір бібліографії	01.09.2022- 12.09.2022	
2	Попередній аналіз матеріалів з теми кваліфікаційної роботи у відкритих джерелах інформації	13.09.2022- 20.09.2022	
3	Збір та узагальнення зібраного матеріалу	21.09.2022- 12.10.2022	
4	Уточнення мети, задач і обґрунтування концепції роботи.	13.10.2022- 15.10.2022	
5	Вибір методів аналізу матеріалів. Попереднє формулювання гіпотез, припущень, тощо.	16.10.2022- 20.10.2022	
6	Підготовка тексту основної частини роботи та подання його на рецензування науковому керівнику	20.10.2022- 30.11.2022	
7	Підготовка вступу, формулювання висновків, наукової новизни та практичної значимості кваліфікаційної роботи	01.12.2022- 04.12.2022	
8	Остаточне коригування, оформлення кваліфікаційної роботи	5.12.2022	
9	Підготовка до захисту на засіданні Екзаменаційної комісії	8.12.2022	
10	Здача роботи на кафедрі	8.12.2022	

Студент-дипломник

\_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

## АНОТАЦІЯ

на дипломну роботу Михайлової Ірини Валеріївни

Тема роботи: Сучасна енергетична політика Німеччини

Спеціальність: 291 «Міжнародні відносини, суспільні комунікації та регіональні студії (Міжнародна інформація)»

Науковий керівник: к. психолог. н. Бондаренко О. І.

м. Хмельницький, 2022 р.

Дипломна робота виконана на 119с., містить 15 таблиць, 27 рисунків, список використаних джерел складається зі 120 найменувань.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНА ПОЛІТИКА, НІМЕЧЧИНА, ЄС, ЕНЕРГЕТИЧНА СТРАТЕГІЯ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПЕРЕХІД, ENERGIEWENDE, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСЬ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА, ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ.

Актуальність теми обумовлена тим, що розпочатий у Німеччині «Енергетичний поворот» націлений на те, щоб трансформувати та виключити зі структури енергетики країни вуглеводневу складову. Економіка використання природного газу перебуває у стадії зміни. Війна РФ в Україні змінює політичні погляди та відносини Євросоюзу з Росією в галузі енергетики – геополітика переважає економіку енергетики. У свою чергу це призводить до зміни енергетичної політики Німеччини.

У першому розділі досліджено загальні відомості організаційної структури енергетичної політики Німеччини, історичні аспекти розвитку та законодавство з енергетичного питання.

У другому розділі проаналізовано політичну стратегію енергетичного переходу Німеччини, напрямки енергоефективності, енергетичний та газовий ринки.

У третьому розділі проведено когнітивне моделювання енергетичної політики та прогнозування рівня енергопродуктивності.

## ANNOTATION

for the diploma work of Mykhailova Iryna Valeriivna

Topic of the diploma work: Modern energy policy of Germany

Specialty: 291 «International Relations, Public Communications and Regional Studies (International Information)»

Research supervisor: Ph.D., Assoc. Prof. Bondarenko O. I.

Khmelnyskyi, 2022

The diploma thesis consists of 119 pages and contains 15 tables, 27 figures, the table of authorities has 120 items.

Keywords: ENERGY POLICY, GERMANY, EU, ENERGY STRATEGY, ENERGY TRANSITION, ENERGIEWENDE, ENERGY EFFICIENCY, RENEWABLE ENERGY, GREENHOUSE GAS EMISSIONS.

The relevance of the work that the "ENERGIEWENDE" initiated in Germany aims to transform and eliminate the hydrocarbon component from the country's energy structure. The economics of using natural gas is in a stage of change. The Russian Federation's war in Ukraine is changing the political views and relations of the European Union with Russia in the field of energy - geopolitics prevails over the economy of energy. In turn, this leads to a change in the energy policy of Germany.

In the first chapter, the general information of the organizational structure of Germany's energy policy, historical aspects of development and legislation on the energy issue were investigated.

The second chapter analyzed the political strategy of Germany's energy transition, directions of energy efficiency, energy and gas markets.

In the third chapter, cognitive modeling of energy policy and forecasting of energy productivity was done.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК РИСУНКІВ.....	8
ПЕРЕЛІК ТАБЛИЦЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЛІТИКИ НІМЕЧЧИНИ.....	13
1.1. Загальна характеристика країни.....	14
1.2. Структура енергетичної політики Німеччини.....	17
1.3. Історичні аспекти розвитку енергетичної політики Німеччини.....	20
1.4. Законодавство національної політики та політики ЄС з енергетичного питання.....	24
1.5. Аналіз вивченості досліджуваної проблеми у науковій літературі.....	31
Висновки до розділу.....	32
2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЛІТИКИ НІМЕЧЧИНИ.....	34
2.1. Політичні стратегії.....	34
2.2. Напрямок енергоефективності енергетичної політики Німеччини.....	40
2.3. Альтернативна енергетика.....	44
2.4. Енергетичний ринок Німеччини.....	53
2.5. Газовий ринок Німеччини.....	61
2.6. Зовнішньополітичні відносини в енергетичному секторі країни.....	67
Висновки до розділу.....	71
3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНАЗУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЛІТИКИ НІМЕЧЧИНИ .....	73
3.1. Аналіз факторів когнітивної моделі енергетичної політики	

Німеччини.....	73
3.2. Когнітивне моделювання енергетичної політики Німеччини.....	84
3.3. Сценарний підхід у прогнозуванні енергетичної політики Німеччини..	92
3.4. Прогнозування рівня енергопродуктивності в Німеччині.....	95
Висновки до розділу.....	99
ВИСНОВКИ.....	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	106

## ПЕРЕЛІК РИСУНКІВ

Рисунок 1.1 - Етнічний склад населення Німеччини.....	13
Рисунок 1.2 - Іноземне населення , яке проживає у Німеччині за краї-ною/регіо-ном народження.....	14
Рисунок 1.3 - Цільовий трикутник енергетичної політики.....	25
Рисунок 1.4 - Прогрес ЄС у досягненні кліматичних та енергетичних цілей на 2020 та 2030 роки. ....	29
Рисунок 1.5 - Викиди парникових газів в ЄС до 2020 р., прогнози до 2035 р. та цілі скорочення до 2050 р. ....	30
Рисунок 2.1 - Цільові показники енергоефективності для споживання первинної електроенергії.....	41
Рисунок 2.2 - Цільові показники енергоефективності для кінцевого спо-живання електроенергії.....	41
Рисунок 2.3 - Викиди парникових газів у Німеччині (млн. тон в еквіва-ленті CO <sub>2</sub> ).....	42
Рисунок 2.4 - Викиди парникових газів у 2021 році за секторами.....	44
Рисунок 2.5 - Чиста вироблена електроенергія за джерелами у 2021 р.....	45
Рисунок 2.6 - Розвиток виробництва електроенергії з відновлюваних джерел ене-ргії.....	46
Рисунок 2.7 - Рейтинг країн за виробленням сонячної електроенергії, ГВт .....	48
Рисунок 2.8 - Виробництво первинної енергії ВДЕ за джере-лами.....	51
Рисунок 2.9 - Виробництво енергії з біомаси (млрд кВт-год) за 2021 р.....	52

Рисунок 2.10 - Загальне споживання електроенергії країнами у 2021 р. (мільйон тон нафтового еквіваленту) .....	53
Рисунок 2.11 - Структура імпорту енергії в Німеччині у 2021 р. за джерелами енергії (частки в % - загальний обсяг приблизно 12 500 Пдж).....	54
Рисунок 2.12 - Електроенергія вироблена в Німеччині та подана в мережу.....	56
Рисунок 2.13 - Подача електроенергії в загальну електромережу (в мі-льярдах кВт/год).....	56
Рисунок 2.14 - Розвиток цін на електроенергію для домогосподарств у Німеччині з 2011-2021 р.р. (в центах/кВт-год при річному споживанні 3500кВт-год).....	60
Рисунок 2.15. Частка попиту на первину енергію у Німеччині.....	62
Рисунок 2.16. Імпорт газу Німеччини 2019.....	64
Рисунок 3.1 – Когнітивна модель енергетичної політики Німеччини.....	84
Рисунок 3.2 – Значення узагальнених коефіцієнтів зворотного зв'язку когнітивної моделі енергетичної політики Німеччини.....	88
Рисунок 3.3 – Коефіцієнти впливу факторів системи на цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини».....	90
Рисунок 3.4 – Коефіцієнти впливу цільового фактору «Енергетична політика Німеччини» на фактори системи.....	91
Рисунок 3.5 – Вплив факторів системи на цільовий – «Енергетична політика Німеччини» за різними сценаріями.....	93
Рисунок 3.6 – Прогноз показника енергопродуктивності Німеччини.....	98

## ПЕРЕЛІК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 1.1 - Основні економічні показники Німеччини.....	16
Таблиця 1.2. Розподіл економічної діяльності Німеччини за секторами.....	17
Таблиця 2.1 - Основні показники Енергетичної стратегії Німеччини до 2050 року .....	35
Таблиця 2.2 - Статистика наземної вітроенергетики [112].....	47
Таблиця 2.3 - Розвиток сонячної електроенергії.....	49
Таблиця 2.4. Імпортована та експортована кількість електроенергії.....	57
Таблиця 2.5 - Імпортована та експортована кількість електроенергії у перших півріччях 2021 і 2022 рр.....	58
Таблиця 3.1 - Лінгвістичні змінні взаємодії факторів та їх числові значення.....	74
Таблиця 3.2 – Вихідна матриця взаємодії факторів когнітивної моделі.....	85
Таблиця 3.3 – Результати розрахунків когнітивної моделі енергетичної політики Німеччини.....	86
Таблиця 3.4 – Нормалізовані результати розрахунків когнітивної моделі енергетичної політики Німеччини.....	87
Таблиця 3. 5 – Сценарії з подачею одиничних імпульсів до системи.....	92
Таблиця 3.6 - Зміна показника енергопродуктивності в Німеччині по роках [120].....	95
Таблиця 3.7 - Результати обчислень коефіцієнтів $\alpha$ , $\beta$ за формулами Бесея для прогнозування енергоефективності в Німеччині.....	96
Таблиця 3.8– Прогноз показника енергопродуктивності Німеччини.....	98

## ВСТУП

Глобальні кліматичні зміни, виснаження викопних енергетичних ресурсів на планеті змушують цивілізований світ приділяти все більше уваги ефективності використання наявних енергетичних ресурсів та збільшенню частки відновлюваних джерел. Без перебільшення можна сказати, що в цьому сенсі Німеччина випереджає решту світу.

Ще до початку головування Німеччини в Раді ЄС у першій половині 2007 року канцлер Ангела Меркель проводила політику енергозбереження, ефективного використання енергії та збільшення частки відновлюваних джерел енергії у цій країні. У цей період Європейський Союз вирішив збільшити частку відновлюваних джерел енергії, які використовуються всіма членами ЄС, до 20% від загального споживання енергії.

Німеччина відіграє одну з центральних ролей у глобальній кліматичній політиці. Успіх у декарбонізації її економіки має важливе значення для досягнення цілей, визначених Паризькою угодою. За даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, перед промислово розвиненими країнами поставлено завдання скоротити викиди CO<sub>2</sub> принаймні на 80–95% до 2050 року, що вимагає виробництва електроенергії з майже нульовим викидом вуглецю. Це підкреслює особливу роль електроенергетики в переході до низьковуглецевої енергії. Будучи четвертою за величиною економікою у світі та орієнтованою на експорт державою, Німеччина сприймається на міжнародному рівні як потужний зразок для наслідування.

Актуальність теми обумовлена тим, що розпочатий у Німеччині «Енергетичний поворот» націлений на те, щоб трансформувати та виключити зі структури енергетики країни вуглеводневу складову. Економіка використання природного газу перебуває у стадії зміни, але ще сильніше зараз змінюється під впливом геополітичного фактору. Війна РФ в Україні змінює політичні погляди та відносини Євросоюзу з Росією в галузі енергетики – геополітика переважає економіку енергетики. У свою чергу це призводить до зміни енергетичної політики

Німеччини.

Метою дипломної роботи є всебічне дослідження та виявлення особливостей енергетичної політики ФРН в реалізації енергетичної стратегії.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні завдання:

- Аналіз основних теоретичних засад енергетичної політики Німеччини;
- Аналіз сучасного стану енергетичної політики Німеччини;
- Когнітивне моделювання та прогнозування енергетичної політики Німеччини.

Об'єктом дослідження є енергетична політика Німеччини.

Предметом дослідження є теоретичні та прикладні аспекти енергетичної політики Німеччини.

Методи дослідження. Для реалізації мети й завдань дослідження використовувався комплекс методів, зокрема: теоретичний аналіз літературних джерел з теми дослідження; структурно-функціональний, який розкриває систему основних характеристик енергетичної політики держави як сфери суспільного життя; компаративістський, що дає можливість порівняння різних концепцій формування політики в історичних просторово-часових вимірах; прогностичний (пошуковий, констатуючий); статистичний, когнітивне моделювання та тредсезонне моделювання енергетичної політики Німеччини. Використання загальнологічних та спеціальних наукових методів дозволило одержати наведені наукові й практичні результати.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у комплексному дослідженні особливостей енергетичної політики країн та їх взаємодії при реалізації міжнародних енергетичних проектів; у систематизації відомостей та статистичних даних про розвиток енергетичної політики Німеччини, у визначенні факторів, що впливають на сучасний стан енергетичної політики Німеччини; у розробці когнітивного моделювання та прогнозування енергетичної політики Німеччини.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЛІТИКИ НІМЕЧЧИНИ

## 1.1 Загальна характеристика країни

Федеративна Республіка Німеччина – держава, що розташована у Центральній Європі та займає площу 357 тис.кв.км. Столиця та водночас найбільше місто країни - Берлін. Згідно з політичними кордонами, Німеччина межує на півночі з Данією та омивається Балтійським та Північним морями, на заході межує з Нідерландами, Бельгією, Люксембургом та Францією, на півдні – з Швейцарією, Австрією і Чехією, а на сході – з Польщею. Схід Німеччини не має природних кордонів, що спричинило багато проблем в історії Європи.

З населенням 83,7 мільйонів станом на 2022 р., Німеччина є найбільш густонаселеною країною в Європейському Союзі та дев'ятнадцята за кількістю населення країна світу. Понад 20 мільйонів жителів мають іммігрантське походження: 11,4 мільйона з них є іноземцями, а понад 10 мільйонів мають німецьке громадянство (див.рис.1.1).

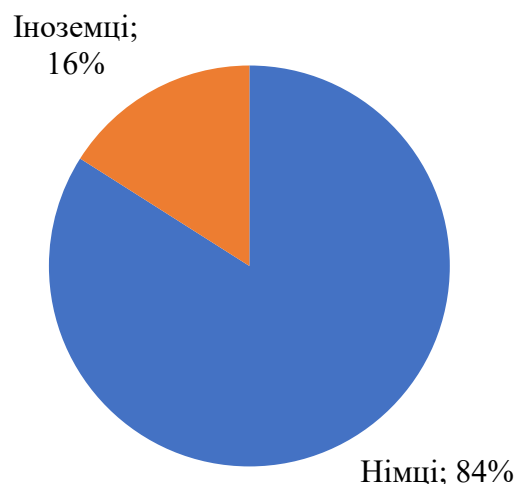


Рисунок 1.1 - Етнічний склад населення Німеччини [96]

Німеччина є другим за популярністю імміграційним напрямком у світі (див. рис.1.2) [96]. Державною та офіційною мовою є німецька. Спеціальні положення існують у Саксонії та Бранденбурзі для використання відповідно

лужицької та нижньолужицької мов, а в Шлезвіг-Гольштейні – для використання нижньонімецької, фризської та датської мов. Густота населення становить 227 жителів на квадратний кілометр (588 на квадратну милю). Коефіцієнт народжуваності, який становить 1,57 народжених дітей на жінку (за оцінками 2022 р.), є одним із найнижчих показників народжуваності у світі [96].

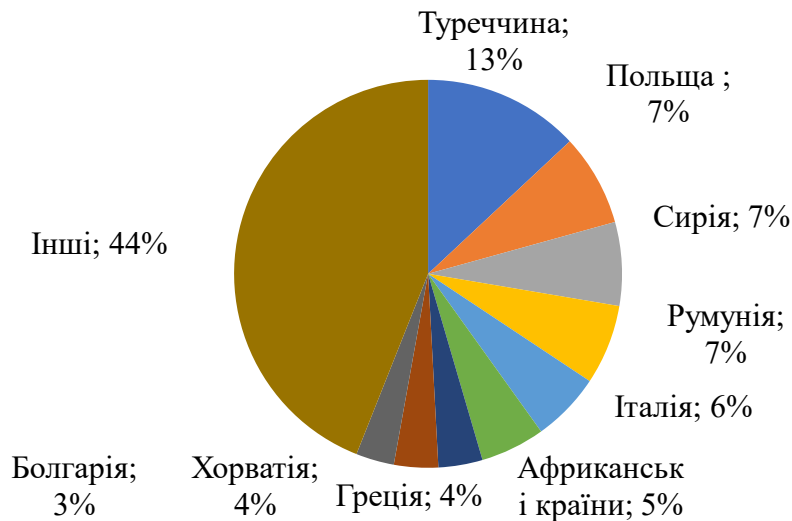


Рисунок 1.2 - Іноземне населення , яке проживає у Німеччині за країною/регіоном народження [96]

Населення Німеччини охоплено планом медичного страхування, передбаченим законом, з критеріями, які дозволяють деяким групам обрати приватний договір медичного страхування. Згідно з даними ВООЗ, у 2019 р. Німеччина посідала 21 місце у світі за тривалістю життя з 78,7 року для чоловіків і 84,8 року для жінок , і мала дуже низький рівень дитячої смертності (4 на 1000 народжених живими). [45]

Німеччина є демократичною федеративною парламентською республікою [10]. Країна має 16 штатів або провінцій, які мають місцеві органи влади та законодавчі органи, які користуються значною децентралізацією по відношенню до федерального уряду [22]. Главою уряду є канцлер - Олаф Шольц з 8 грудня 2021 р. [95], який обирається абсолютною більшістю голосів у Федеральних зборах на чотирирічний термін. Канцлер має виконавчу владу, яка включає виконання законів і управління повсякденним бізнесом країни. Федеральних міністрів

призначає президент за поданням канцлера.

Главою держави є президент -Франк-Вальтер Штайнмаєр з 19 березня 2017 р. [96], який обирається на п'ятирічний термін Федеральним з'їздом, до складу якого входять члени Федеральних зборів і рівна кількість делегатів, обраних законодавчими зборами провінцій.

Законодавча влада в Німеччині є двопалатною. Парламент складається з двох палат: Бундестагу (нижньої палати)[27], наразі 709 місць, члени якого обираються загальним голосуванням, що поєднує пропорційне та пряме представництво, на чотирирічний термін. Друга палата - Бундесрат(верхня палата)[22], яка має 69 місць, а членами є делегати від 16 земель (регіонів) країни. Вибори до Бундесрату не проводяться, а повноваження його членів становлять чотири роки. Його склад визначається складом регіональних урядів. Уряд прямо чи опосередковано залежить від підтримки парламенту, яка зазвичай виражається вотумом довіри. Канцлер не може розпустити парламент безпосередньо, але він може рекомендувати розпуск президенту у разі вотуму недовіри в Бундестазі. Законодавча влада належить як уряду, так і парламенту. Громадяни Німеччини користуються значними політичними правами[10].

Німеччина є найбільшою економічно сильною державою в Європі та четвертою у світі. Після історичної рецесії в 2020 р. через спалах пандемії COVID-19 економіка країни зросла приблизно на 3,1% у 2021 р., незважаючи на те, що виробничий і будівельний сектори боролися з дефіцитом пропозиції. Безпрецедентні заходи, вжиті для боротьби з пандемією та стабілізації економіки – зосереджені на субсидіях компаніям, продовженні схеми скороченої роботи та збільшенні витрат на охорону здоров'я, на вакцинацію та тестування – призвели до збільшення дефіциту бюджету Німеччини, який, за оцінками, досяг 5,7%. Співвідношення боргу до ВВП зросло до 72,5% у 2021 р. Проте очікується, що країна повернеться на шлях скорочення боргу цього року (69,8%) і в 2023 р. (68%) (див.таб.1.1)[56]. Інфляція споживчих цін у 2021 р. оцінювалася на рівні 2,9% в основному через зростання цін на товари та енергоносії.

У 2021 р. рівень безробіття оцінювався в 3,7%. Очікування щодо прийому

на роботу та відсоток підприємств, які повідомили про нестачу робочої сили, повернулися до докризового рівня або перевищили його, що створило основу для відновлення зайнятості та зростання заробітної плати. МВФ прогнозує поступове зниження безробіття до 3,6% цього року та 3,5% у 2023 р. (див. таб. 1.1)[56].

Таблиця 1.1 - Основні економічні показники Німеччини

Основні показники	2020	2021	2022
ВВП (млрд. дол. США)	3.00	4.00	4.00
ВВП (постійні ціни, річна % зміна)	-3,7	2.6	1.5
ВВП на душу населення (дол. США)	46	51	48
Баланс державного управління (у % ВВП)	-2,9	-3,0	-3,0
Валовий борг загального державного управління (у % ВВП)	68,0	69.6	71.1
Рівень інфляції (%)	0,4	3.2	8.5
Рівень безробіття (% від робочої сили)	3.6	3.6	2.9
Поточний рахунок (млрд. дол. США)	272,47	313,61	168,74
Поточний рахунок (у % ВВП)	7.0	7.4	4.2

Сільськогосподарський сектор Німеччини досить обмежений: він становить лише 0,7% ВВП і в ньому працює 1% робочої сили країни. Основна сільськогосподарська продукція: молоко, свинина, цукровий буряк, картопля, пшениця, ячмінь, зернові культури. У Німеччині налічується близько 262 776 сільськогосподарських холдингів, більшість з яких є одноосібними власниками, тобто більшість фермерів ведуть свій бізнес самостійно або зі своїми сім'ями [87]. Останніми роками кількість господарств, присвячених органічному землеробству, стабільно зростає, досягнувши 26 133 у 2021 році.

Промисловий сектор становить близько 26,5% ВВП [56] і в ньому зайнято 27% робочої сили країни. Німеччина є найбільш промислово розвиненою

країною Європи, і її економіка добре диверсифікована: автомобільна промисловість є найбільшим сектором країни, але Німеччина також зберігає інші спеціалізовані сектори, включаючи машинобудування, електричне та електронне обладнання та хімічну продукцію. Загалом тільки обробна діяльність становить 18% ВВП. Промислова діяльність зосереджена в основному в землях Баден-Вюртемберг і Північний Рейн-Вестфалія, де знаходиться більше половини з 1600 німецьких виробничих компаній, визначених як лідери світового ринку.

Таблиця 1.2. Розподіл економічної діяльності Німеччини за секторами

Розподіл економічної діяльності за секторами	Сільське господарство	Промисловість	Послуги
Зайнятість за секторами (у % від загальної зайнятості)	1.2	27.2	71.6
Додана вартість (у % ВВП)	0,7	26.5	63.4
Додана вартість (річна % зміна)	1.7	-7,4	-3,8

Сектор послуг Німеччини є провідним роботодавцем (72% робочої сили) і забезпечує 63,4% ВВП країни. Зростання сектору в останні роки в основному було зумовлене високим попитом на послуги, пов'язані з бізнесом, і розвитком нових технологій, які сприяли створенню цілих нових галузей у третинному секторі. Сектор розміщення та харчування також відіграє важливу роль із загальним оборотом у 98 мільярдів євро. Німецька економічна модель значною мірою спирається на щільну мережу малих і середніх підприємств (МСП), часто дуже відкритих до міжнародного середовища: згідно з останніми даними Destatis, близько 57% від загальної кількості зайнятих працюють у МСП, а частка зайнятих на мікропідприємствах становить 18%. [87].

## 1.2 Структура та суб'єкти енергетичної політики Німеччини

Енергетичну політику можна трактувати як сукупність інституційних

умов, сил і зусиль, які спрямовані на прийняття суспільно обов'язкових рішень щодо структури та розвитку забезпечення, розподілу та використання енергії. Енергетична політика є галузевою структурною політикою та особливим компонентом економічної політики з перехресними зв'язками з екологічною та кліматичною політикою, а також з політикою розвитку, транспорту, соціальною та технологічною політикою. Оскільки торгівля енергією передбачає міжнародну залежність, енергетична політика також пов'язана із зовнішньою політикою та безпековою політикою [109].

Розрізняються два види енергетичної політики:

енергетична політика, орієнтована на попит, має на меті гарантування енергетичної безпеки. Щоб бути в безпеці, створюються надлишкові потужності на електростанції та лінії електромереж.

енергетична політика, орієнтована на постачання, базується на аналізі того, скільки енергії доступно та за яких умов, і, у разі недостатнього постачання, намагається вплинути на попит за допомогою управління попитом (наприклад, розподіл енергії, запит на енергозбереження та підвищення енергоефективності).

У Німеччині федеральний уряд, а також землі несуть відповідальність у сфері енергетичної політики. Проте головну відповідальність за створення законодавства щодо енергетичної політики несе федеральний уряд. Землі роблять свій внесок у формування енергетичної політики через Бундесрат, де вони беруть участь у федеральному законодавстві.

Німеччина є країною соціальної ринкової економіки, і керівний принцип енергетичної політики полягає в тому, що державне втручання зведене до мінімуму та використовується лише в тому випадку, якщо ринковий механізм не існує або не працює.

Федеральне міністерство економіки та енергетики (BMWi)[26] відповідає за енергетичну політику, енергетичний перехід і аспекти кліматичної політики енергетичного переходу на федеральному рівні. З огляду на те, що BMWi також є міністерством, яке контролює промисловість Німеччини, одним із напрямків його діяльності є забезпечення того, щоб перехід до енергетики не ставив під

загрозу конкурентоспроможність німецької промисловості. Він відповідає за політику виведення на ринок відновлюваних джерел енергії, енергоефективності та планування на випадок надзвичайних ситуацій для нафти, газу та електроенергії. Він також відповідає за політику енергетичних досліджень, інституційні енергетичні дослідження та фінансування проектів прикладних енергетичних досліджень. BMWi є німецьким представником з питань енергетичної політики в Європейському Союзі та на міжнародному рівні. І BMWi, і Федеральне міністерство внутрішніх справ, будівництва та громадськості (BMI) [23] займаються питаннями, пов'язаними зі збереженням енергії в будівлях.

Федеральне міністерство навколишнього середовища, охорони природи та ядерної безпеки (BMUV) [27] відповідає за політику щодо навколишнього середовища та зміни клімату. Міністерство було створено у 1986 році у відповідь на Чорнобильську ядерну катастрофу як спеціальне міністерство для вирішення проблем навколишнього середовища. Серед його повноважень — захист населення від токсинів і радіації навколишнього середовища, забезпечення ефективного використання сировини, просування кліматичних заходів і сприяння використанню природних ресурсів для збереження біорізноманіття та безпечного середовища існування. Окрім розробки законодавства в межах своїх предметних галузей, BMUV також бере участь у науково-дослідних роботах для підтримки екологічних технологій та в національному та міжнародному екологічному співробітництві.

Федеральне міністерство транспорту та цифрової інфраструктури (BMDV) [24] відповідає за паливну стратегію уряду та координує енергетичний перехід у транспортному секторі. Повноваження BMDV поширюються на широкий спектр видів транспорту, включаючи авіаційний, автомобільний, залізничний і водний. Він також координує європейську транспортну політику та допомагає реалізувати Стратегію мобільності та палива 2013 року.

У контексті енергетики Федеральне міністерство продовольства та сільського господарства (BMEL) [25] в основному відповідає за нагляд за біоенергетичним сектором, включаючи біопаливо та біомасу. Зокрема, BMEL сприяє

сталому та безпечному для навколишнього середовища виробництву та використанню біомаси як для внутрішнього палива, так і для імпорту. BMEL виділяє близько 50 мільйонів євро на дослідження та розробки в галузі відновлюваної енергетики з тематичним фокусом на виробництві енергії з біомаси. У зв'язку з цим він допомагає впроваджувати Стратегію національної політики у сфері біо-економіки 2014 року.

### **1.3 Історичні аспекти розвитку енергетичної політики Німеччини**

Реалізація політики на користь відновлюваних джерел енергії в Німеччині не була простою. Значний вплив на історію німецької енергетичної політики в ядерній сфері мали нафтова криза 70-х рр, аварія на Чорнобильській АЕС в Україні та нещодавня аварія на АЕС Фукусіма в Японії.

Що стосується вугілля, то занепокоєння почалося ще в 1960-х роках щодо впливу забруднення твердими частинками на здоров'я людей. У відповідь на це технічна еліта наголосила на можливостях зробити вугілля чистішим, і було запроваджено політику високих труб для розведення забруднюючих речовин. Згодом було помічено, що високі труби впливають на "Waldsterben", або повільне вимирання німецьких лісів, через поширення викидів нітратів у верхні шари атмосфери та створення кислотних дощів[65]. Опозиція до вугілля посилилася з усвідомленням зміни клімату в 90-х роках. Як наслідок, домінуючі наративи про вугілля як надійне внутрішнє джерело енергії та про атомну енергетику як недорого та екологічно чисту електростанцію зіткнулися зі скептицизмом та відкритим протестом. Зміна наративів спричинила значні зміни та корективи у ставленні громадськості, а також у регулюванні та управлінні ризиками [111].

Енергетична політика Німеччини в період з 1945 по 1973 роки характеризувалася відносно низьким ступенем державного втручання і широким визнанням як ядерної, так і вугільної енергетики в якості джерел енергії. У перші повоєнні десятиліття енергетична політика Німеччини була, по суті, вугільною

політикою через економічну та політичну потужність вугільної промисловості[50]. У 1950 році на вугілля припадало майже 90% споживання первинної енергії в Німеччині. Понад півмільйона людей були зайняті у вугільній промисловості протягом 1950-х рр. Більша частина галузі була розташована в Рурському басейні в Північному Рейні-Вестфалії, одній з економічно і політично найпотужніших з одинадцяти земель у складі Федеративної Республіки.

Атомна енергетика почала набувати важливого значення наприкінці 1950-х рр. Проатомні інтереси знайшли прихильного партнера у спеціально створеному Міністерстві атомних справ, яке за часів соціал-ліберальної коаліції перетворилося на Міністерство досліджень і технологій.

У 1967 році були розміщені перші комерційні замовлення на два легководні реактори від німецьких комунальних підприємств, через два роки - ще три, а в 1971 році - ще п'ять замовлень. До 1973 року всі десять проектів мали дозволи на початок будівництва, а в найближчому майбутньому планувалося будівництво додаткових станцій.

Нафтова криза 1973-1974 рр. докорінно змінила енергетичну політику ФРН, перетворивши її з відносно обмежених заходів із захисту вугільних компаній та їхніх працівників на комплексну політику, спрямовану на забезпечення дешевого енергопостачання з дотриманням вимог охорони довкілля. Ця зміна знайшла своє відображення у Федеральній енергетичній програмі 1973 року, яка була переглянута у 1974 році внаслідок скорочення поставок нафти арабськими країнами під час так званої "нафтової кризи".

Незважаючи на суперечки щодо забезпечення фінансування (між рівнем штатів і федеральним рівнем), а також щодо типу заходів (регулювання проти ринкових стимулів), основний пакет був узгоджений у 1979 році і підтверджений у третьому перегляді енергетичної програми у 1981 році. На час цього перегляду вугілля розглядалося як внутрішній ресурс, і було введено в експлуатацію сім нових вугільних електростанцій. Крім того, було замовлено майже десяток атомних електростанцій, а інші планувалося побудувати пізніше. Незважаючи на серйозні дебати щодо ядерної безпеки, більшість еліт ФРН підтримали розширення

вугільної та атомної енергетики як найкращі гарантії енергетичної безпеки. Водночас, у 1970-х роках екологічний рух та громадський протест проти ядерної енергетики став потужною політичною силою, що призвело до створення нової партії - Зелених [82].

Незважаючи на запеклі демонстрації та судові справи, які перешкоджали будівництву або експлуатації декількох атомних електростанцій, рух протесту не мав особливого успіху в тому, щоб зупинити ядерну політику або вплинути на більшість німецького народу з метою вироблення антиядерної позиції [103]. До 1986 року всі партії, окрім партії Зелених, підтримували ядерну експансію. На початку 1980-х років навіть спостерігалось поступове поліпшення перспектив ядерної енергетики, незважаючи на постійні політичні успіхи протестуючих.

Аварія на Чорнобильській АЕС мала значний вплив на громадську думку і спричинила суттєві зміни у політиці федерального уряду. Найбільш очевидною зміною стало створення ВМУ, федерального міністерства навколишнього середовища, охорони природи та безпеки реакторів.

Після Чорнобиля соціал-демократи (СДПН) зайняли більш критичну позицію по відношенню до ядерної енергетики, підкреслюючи при цьому вугільну політику як частину своєї програми енергетичної безпеки. Ця програма мала два компоненти. По-перше, вугільні субсидії для нерентабельних шахт з видобутку кам'яного вугілля були гарантовані в Національному плані поетапної відмови від вугілля до 2018 року [45]. По друге, з міркувань економічної та енергетичної безпеки, буре вугілля не було включено до плану поетапної відмови. Буре вугілля розглядалось як національний резерв, який слід продовжувати підтримувати.

Ситуація змінилася, коли коаліція СДПН і Партії зелених здобула федеральну владу в 1998 р. Після інавгурації новий уряд наголосив на сталому розвитку у своїй енергетичній політиці. Його трьома ключовими принципами були: безпека постачання, економічна ефективність та екологічна сумісність. Уряд визначив кілька ключових напрямків діяльності: 1) пом'якшення наслідків зміни клімату; 2) підвищення енергоефективності; 3) продовження використання вітчизняного вугілля та бурого вугілля; 4) створення більшої конкуренції на

лібералізованих енергетичних ринках; 5) сприяння використанню відновлюваних джерел енергії; 6) створення рівних умов для енергетичних компаній по всій Європі. Ця програма була доповнена поетапною відмовою від ядерної енергетики [60].

Включення енергетичної безпеки до переліку основних цілей визнало відносно високу залежність Німеччини від імпорту енергоносіїв та триваюче виснаження місцевих запасів викопного палива. Передбачалося, що подальша лібералізація ринку забезпечить ефективне використання енергоресурсів, диверсифікацію джерел постачання, а також поліпшення енергетичних послуг і торгівлі енергоносіями. Уряд довірив прийняття рішень щодо інвестицій, нових потужностей, енергетичній галузі, певною мірою поступившись своїми повноваженнями, навіть при спробі змінити енергетичну політику. Після 2011 року ситуація змінилася, коли уряд розпочав "Energiewende".

Федеральний уряд відреагував на аварію на АЕС Фукусіма рішенням закрити сім найстаріших ядерних енергоблоків і не відкривати один, який на той час вже не працював [84].

У червні 2011 року всі партії в німецькому Бундестазі проголосували за Energiewende. Закон передбачав поетапну ліквідацію всіх атомних електростанцій, що залишилися, до 2022 року. Крім того, новий закон містив положення щодо скорочення частки викопного палива з понад 80% у 2011 році до 20% у 2050 році. Енергоефективність мала бути підвищена на 40% порівняно з середніми показниками ефективності 1990 року. Реактори, зупинені одразу після аварії, так і залишити закритими [83].

Розчарування в енергетичній політиці уряду посилилося через значне зростання цін на електроенергію [19]. Оскільки уряд Німеччини гарантує фіксовану ціну на подачу сонячної енергії в національну мережу протягом 20 років, ціна на електроенергію суттєво зросла з 2012 року, через різке збільшення кількості сонячних панелей на приватних об'єктах (переважно на дахах). Додаткові витрати на подачу електроенергії в національну мережу впливають на всіх споживачів електроенергії, за винятком енергоємних галузей [3].

Одним з найкращих індикаторів незворотності рішення відмовитись від атомної енергетики є реакція атомної промисловості Німеччини. Siemens, будівельний та інжиніринговий конгломерат, який побудував усі 17 німецьких атомних електростанцій Німеччини, оголосив у вересні 2011 року, що він більше не будуватиме атомні електростанції в жодній точці світу, відмовившись від планів співпраці з російською Державною атомною енергетичною корпорацією "Росатом" щодо будівництва нових атомних електростанцій [111]. Всі основні політичні, соціальні та громадські актори слідували офіційній політиці уряду ФРН і готувалися до нерозповсюдження ядерної зброї. німецького уряду і готувалися до без'ядерного майбутнього.

#### **1.4 Законодавча база національної політики Німеччини та політики ЄС з енергетичного питання**

Закон про енергетичну промисловість (EnWG) [41] є «основним законом» німецької енергетики. Він регулює недискримінаційний доступ до мережі з квітня 1998 року та імплементує вимоги європейських директив прискорення в національне законодавство. Закон про енергетичну промисловість (EnWG) об'єднує енергетичну політику Німеччини в так званий цільовий трикутник енергетичної політики(див.рис 1.3).

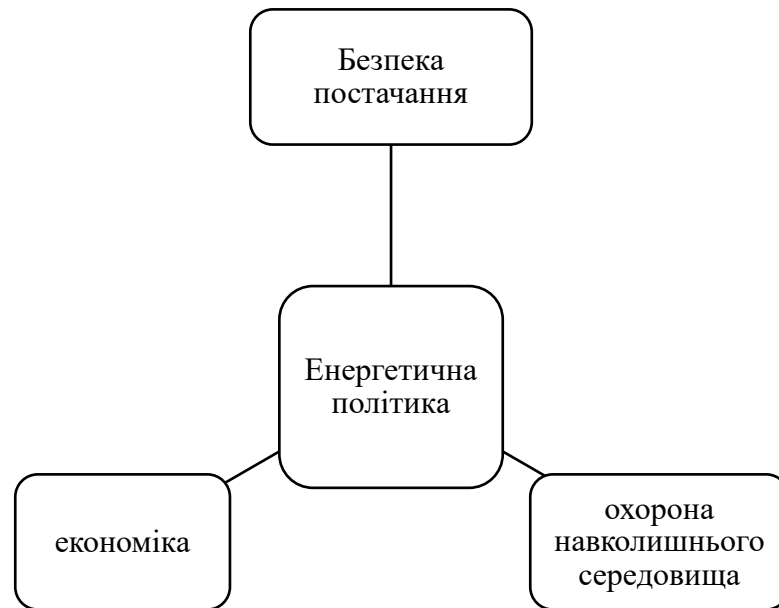


Рисунок 1.3 - Цільовий трикутник енергетичної політики

У пункті 1 сказано: «Метою закону є забезпечення населення максимально безпечним, недорогим, зручним для споживача, ефективним та екологічно чистим дротовим постачанням електроенергії та газу (з доповненням поправки 2005 р.), яка все більше базується на відновлюваних джерелах енергії»[42].

Регулювання електро- та газопостачання слугує цілям забезпечення ефективної та невикривленої конкуренції у постачанні електроенергії та газу та забезпечення довгострокової ефективної та надійної роботи енергопостачальних мереж. Метою цього закону також є імплементація та імплементація законодавства Європейського Співтовариства у сфері мережевого енергопостачання[41][42].

Цей закон було прийнято, щоб забезпечити найбільш безпечно, дороге, зручне для споживачів, ефективне та екологічно чисте постачання електроенергії та газу для населення, яке все більше охоплюється відновлюваними джерелами енергії. Регулювання мереж електро- та газопостачання забезпечує ефективну та неспотворену конкуренцію та надійну роботу. Крім того, цей закон імплементує право Європейського співтовариства у сфері мережевого енергопостачання.

У грудні 2020 р. правляча коаліція Німеччини погодила зміни до закону про енергетику, щоб створити правову основу для продовження розширення

використання відновлюваної енергетики в довгостроковій перспективі та допомогти країні досягти мети виробляти 65% електроенергії з чистих джерел з 2030р.

Закон набув чинності 1 січня 2021 року. Він спрямований на те, щоб як постачання електроенергії, так і споживання електроенергії стали нейтральними до викидів вуглецю до 2050 року. З цією метою закон визначає темпи, з якими стійка енергія, така як вітрова та фотоелектрична буде розширено протягом наступних кількох років[5].

Закон про відновлювані джерела енергії (EEG) [34] є центральною частиною законодавчої бази, що підтримує відновлювані джерела енергії. Він підлягає регулярному перегляду та протягом багатьох років доповнювався декількома допоміжними законами та постановами.

Спочатку EEG передбачав систему підтримки, засновану на чистих пільгових тарифах. EEG 2014 вперше представила тендерну модель для нових сонячних проєктів[34].

У січні 2017 р. набув чинності наступний значний перегляд Закону Німеччини про відновлювані джерела енергії (EEG 2017)[35], а також окремий закон, що регулює розширення офшорних вітрових електростанцій ( WindSeeG)[76] . Серед змін він замінив фіксований тариф на вітрову, сонячну енергію та біомасу ринковою тендерною моделлю із заздалегідь визначеними обсягами потужності, які продаються на аукціоні в кожному тендері. Для офшорної вітряної енергії система підтримки на основі зеленого тарифу все ще застосовується для всіх вітряних турбін, введених в експлуатацію до 1 січня 2021 року[76]. Фінансова підтримка для інших відновлюваних джерел енергії – гідроенергетики чи геотермальних станцій – і малих електростанцій продовжує визначатися законом.[35]

Очікувалось, що ця системна зміна зменшить вартість державної субсидії та збільшить конкуренцію та різноманітність між гравцями. Було узгоджено також німецьку систему підтримки з Керівними принципами ЄС щодо державної допомоги для захисту навколишнього середовища та енергетики на 2014-2020 рр.[50] . Крім того, система надає більше контролю над збільшенням

встановленої потужності, оскільки обсяги тендерів базуються на цілях зростання.

Сектор відновлюваних джерел енергії в Німеччині продовжує розвиватися. Тендерна система створила нові виклики для галузі та потребує подальших коригувань. Водночас система забезпечує стабільну нормативно-правову базу, одночасно знижуючи витрати населення на просування відновлюваної енергетики.

Законодавча база німецького сектору відновлюваних джерел енергії змінюється все частіше, щоб йти в ногу з розвитком і адаптуватися до нього.

Проект законодавства Федерального уряду Німеччини від 2020 року щодо реформування WindSeeG пропонує низку змін для збільшення потужності офшорної вітрової енергії з 15 до 20 ГВт до 2030 р. та 40 ГВт до 2040 р. [76]. У проекті передбачено збільшення максимальної вартості пропозицій для підвищення зацікавленості потенційних інвесторів і успішної реалізації проектів.

Проект EEG 2021[36], опублікований урядом Німеччини 25 серпня 2020 р., представляв мету вивести Німеччину на електроенергію без парникових газів до 2050 р. Крім того, проект EEG 2021 передбачав, що для розрахунку ринкової премії до отримання операторами установок застосовується середньорічне значення замість поточного середньомісячного значення[36].

Законодавство Німеччини в енергетичній сфері взаємопов'язано з енергетичним та кліматичним законодавством ЄС. Європейський Союз зобов'язався досягти цілей кліматичної та енергетичної політики відповідно до Рамкової конвенції про зміну клімату[66] та різних власних резолюцій.

У рамках Рамкової конвенції про зміну клімату 2002 р. ЄС (тоді ще «Європейське співтовариство» з 15 держав-членів) зобов'язався в Кіотському протоколі скоротити викиди шести найважливіших парникових газів у середньому за період з 2008-2012 порівняно з базовим роком (зазвичай 1990) на 8%. Були зареєстровані гази вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), закис азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ), галогеновані фторвуглеці (HFC), фторвуглець (FC) і гексафторид сірки ( $\text{SF}_6$ )[66].

У рамках другого періоду зобов'язань (з 2013 по 2020 рік) Кіотського протоколу ЄС та його 28 держав-членів зобов'язалися скоротити викиди семи

важливих парникових газів на 20%. До цього додається газоподібний трифторид азоту (NF<sub>3</sub>). Крім того, ЄС зобов'язався досягти подальших цілей до 2020 року в рамках кліматичного та енергетичного пакету[67]. Положення, які набули чинності в 2009 році, включають такі зобов'язання:

викиди парникових газів скорочуються на 20% порівняно з 1990 роком або на 30%, якщо інші промислово розвинені країни домовляться про порівняльні цілі;

використання відновлюваних джерел енергії буде збільшено до 20% від загального кінцевого споживання енергії;

енергоефективність збільшена на 20% порівняно з розробкою без подальших зусиль щодо підвищення ефективності.[67]

Із законом ЄС про клімат [43], було підвищено довгострокову ціль до 2050 року. Замість скорочення на 80-95% тепер ЄС націлений на нульовий чистий викид парникових газів («вуглецевий нейтралітет»), а потім на негативні викиди до 2050 року. Щоб досягти цієї довгострокової мети, ЄС скорегував свою проміжну ціль до 2030 року з 40% до 55% скорочення викидів порівняно з 1990 роком[43]. Розпочато процес встановлення цілі до 2040 року.

Крім того, збільшились існуючі енергетичні цілі:

ціль щодо використання відновлюваних джерел енергії має бути збільшена з 30% до 40% від загального кінцевого споживання енергії;

мета енергоефективності (споживання первинної енергії) збільшено з 32,5% до 39% порівняно з розробкою без подальших зусиль щодо ефективності.

Очікується, що ціль відновлюваної енергії до 2020 року буде досягнута, частково через падіння цін на вітрову та сонячну енергію. Відсутні цілі деякими державами-членами були компенсовані іншими державами-членами. З огляду на ціль до 2030 р., темпи розширення повинні значно збільшитися (див.рис.1.4).

Що стосується підвищення енергоефективності, то можна спостерігати зміну тенденції зростання енергоспоживання (особливо в транспортному секторі), яка спостерігалася з 2014 р. (див.рис.1.4).

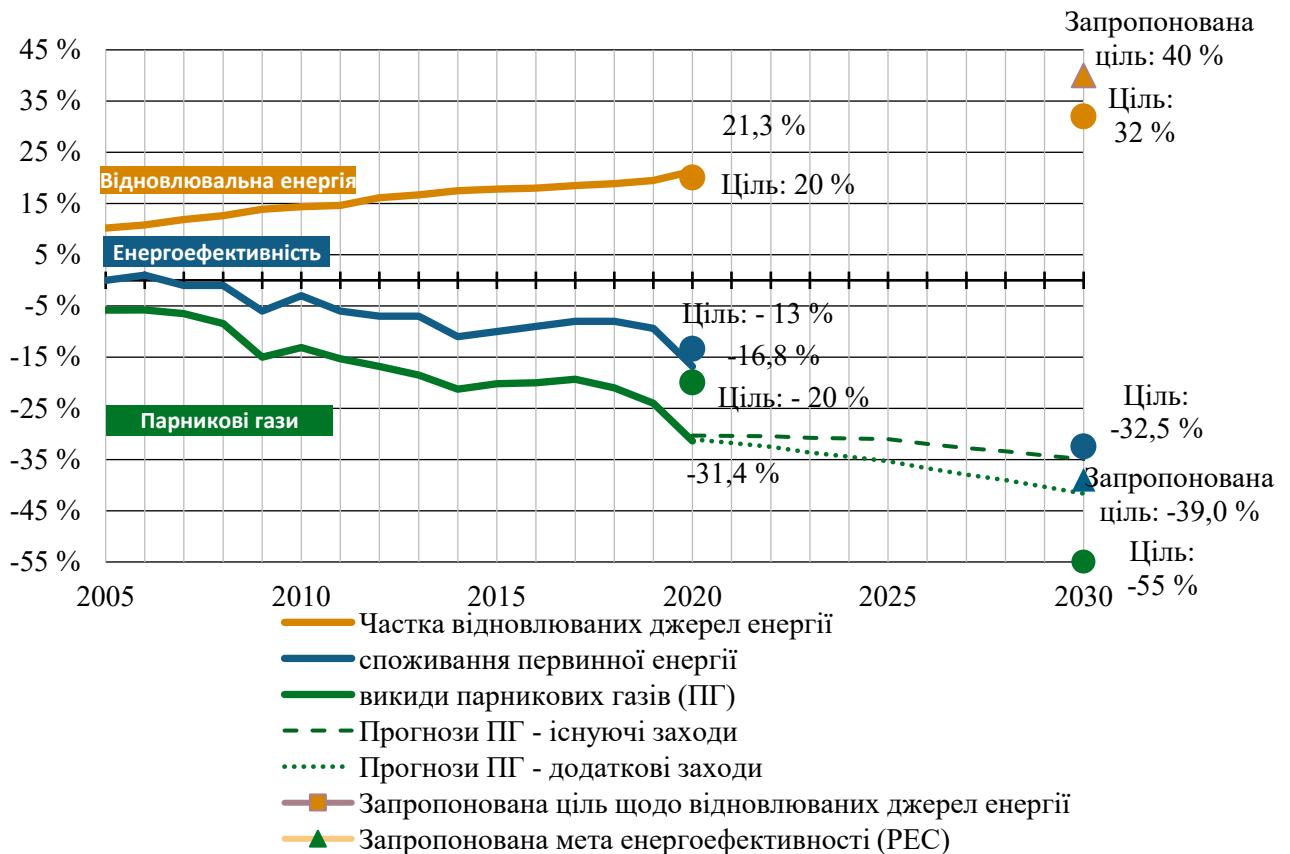


Рисунок 1.4 - Прогрес ЄС у досягненні кліматичних та енергетичних цілей на 2020 та 2030 роки. [44]

Однак лише значне покращення з 2019 по 2020 р. призвело до досягнення мети на 2020 рік. Для досягнення мети до 2030 р. нова політика та заходи повинні призвести до значного зростання амбіцій. Зокрема, у будівельному секторі тут необхідно вжити подальших заходів.

Ціль для відновлюваних джерел енергії: 20% частка відновлюваних джерел енергії в кінцевому споживанні енергії в ЄС у 2020 р. порівняно з 9% у 2005 р.

Ціль щодо енергоефективності: скоротити споживання енергії на 20% до 2020 року порівняно зі сценарієм «бізнес як завжди», що відповідає зменшенню на 13% порівняно з 2005 роком.

Ціль щодо скорочення викидів парникових газів: скорочення викидів парникових газів на 20% порівняно з 1990 роком (у 2005 році скорочення було досягнуто на -7%). Пунктир та пунктирні лінії відповідають прогнозам викидів на основі даних, наданих державами-членами у 2015 році.

Ціль щодо скорочення викидів парникових газів у 2020 році перевищена. Явність досягнення цієї мети сягає економічної кризи під час пандемії корони. Для середньострокових і довгострокових цілей ситуація інша (див.рис.1.5).

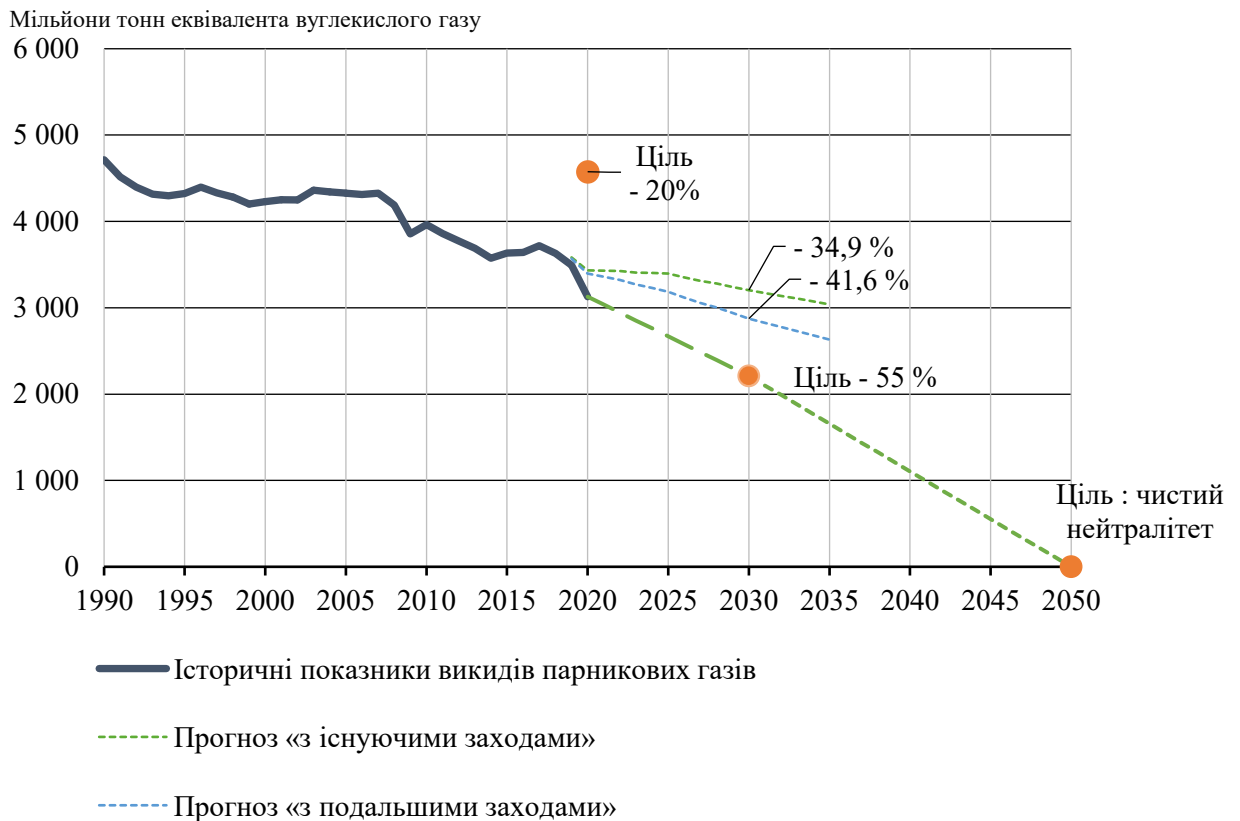


Рисунок 1.5 - Викиди парникових газів в ЄС до 2020 р., прогнози до 2035 р. та цілі скорочення до 2050 р. [44]

Для того, щоб досягти цільового показника зменшення викидів парникових газів на 55% у 2030 р., річні скорочення порівняно з прогнозами за допомогою існуючих заходів (WEM) повинні бути майже втричі збільшені. Для загального скорочення на 95% у 2050 р. їх навіть доведеться збільшити майже в 7 разів.

## 1.5 Аналіз вивченості проблеми у науковій літературі

Дослідженню сучасної німецької енергетичної політики присвячені численні наукові праці, авторами яких є вітчизняні та зарубіжні науковці.

Спостерігається, що здебільшого дослідження зачіпають лише деякі складові або певні аспекти енергетичної політики. До прикладу: дослідження енергетичного переходу, дослідження розвитку відновлювальної енергетики, дослідження енергоефективності країни, дослідження енергетичної безпеки, двосторонні відносини в енергетичній сфері та інше.

Сучасні дослідження в галузі енергетики вказують на важливу роль відновлюваної енергетики як фактору стійкості та елемента досягнення цілей глобального розвитку [94]. Оскільки нові джерела енергії створюють можливість для економічного зростання без шкоди для навколишнього середовища. Німеччина поставила перед собою мету повністю перевести енергетичну систему на відновлювані джерела енергії до 2050 р. Деякі науковці, серед яких Хансен, запропонували механізм переходу німецької енергетичної системи в опалювальному, промисловому, транспортному та електричному секторах на відновлювані джерела енергії [52].

Дослідженню енергетичного розвитку та енергоефективності присвятили свої праці такі вчені Г. Гелетуха, Т. Желєзна, А.К.Праховнік[116], С.П. Денисюк [117], В.І.Ліщук, М. Є. Ліщук, А.Т.Московчук [119] та інші. Беручи до уваги вагомий внесок науковців у вивчення міжнародного досвіду стратегічного планування сталого енергетичного розвитку, постає актуальним питання поглиблення досліджень цієї проблематики з новими геополітичними викликами.

Питання забезпечення енергетичної безпеки, з огляду на свою актуальність, привертає увагу дослідників та експертів, було досліджено як проблему балансу сил між переходом на альтернативні джерела енергії та забезпеченням безперебійного постачання енергоносіїв з геополітично нестабільних регіонів (Cotella, Giancarlo, Silvia Crivello) [31]. Помітною є також проблема різного темпу трансформації енергетичних систем в окремих країнах ЄС, що розхитує єдність Енергетичного союзу та негативно впливає на енергетичну безпеку ЄС та Німеччини загалом (Mata Pérez, María de la Esperanza, Daniel Scholten, Karen Smith Stegen) [68].

Дослідження двосторонніх енергетичних відносин Німеччини охоплюють

багато матеріалів. Нова енергетична політика Німеччини досліджувалась політологом Крістен Вестфаль з Німецького інституту міжнародної політики та безпеки, в дослідженнях Йонаса Гретса з Центру безпекових студій у Цюріху робиться акцент на співпраці енергетичних компаній Росії та Німеччини.

Для дослідження також використовувались офіційні документи та концепції прийняті в німецькому Бундестазі та на рівні ЄС. Зважаючи на вище вказані роботи, можна сказати про те, що більшість авторів робили акценту на певній складовій енергетичної політики Німеччини. У зв'язку з цим дослідження покликане дати аналіз теоретичним та концептуальним засадам енергетичної політики, а також здійснення прогнозування подальшого розвитку зважаючи на нові політичні нестабільності.

### **Висновки до розділу:**

Вплив нафтової кризи та холодна війна з її військовою напругою, аварії на АЕС Чорнобиль та Фокусіма глибоко вплинули на вибір німецького народу в галузі енергетики. Країна звернулася до відновлюваних джерел енергії та проактивної політики на підтримку енергоефективності.

Німеччина особливо постраждала від нафтової кризи 1970-х років. Між 1973 і 1975 роками рівень безробіття в Західній Німеччині зріс втричі, а потім знову піднявся після 1979 року. У Східній Німеччині безробіття офіційно не існувало, але криза також мала серйозний вплив. Західна Німеччина вирішила інвестувати у розвиток відновлюваних джерел енергії як спосіб відновити енергетичну незалежність, а також відродити економіку країни. Після возз'єднання 1989 року бажання інвестувати в майбутнє стало ще більш очевидним.

Сьогодні, незважаючи на те, що металургійна, машинобудівна та автомобільна промисловість залишаються найбільшими в країні, відновлювані джерела енергії на шляху до того, щоб стати новою опорою німецької економіки. У 2010 році Німеччина стала другим у світі інвестором в енергетичний сектор після

Китаю, вклавши понад 30 мільярдів євро.

Використання ядерної енергії завжди викликало суперечки в Німеччині. Поетапне припинення вперше було оголошено коаліційним урядом соціал-демократів, а потім відкладено урядом, де домінували християнські демократи, а потім його знову підтвердила канцлер Ангела Меркель у березні 2011 року одразу після аварії на Фукусімі. Відтоді ця активна реструктуризація енергетичного балансу домінувала в енергетичній політиці Німеччини.

На додаток до супутніх економічних і технічних проблем, рішення про поступову відмову від ядерної енергетики поставило Німеччину перед проблемою зростаючих рахунків за електроенергію для її громадян.

## 2 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЛІТИКИ НІМЕЧЧИНИ

### 2.1 Політичні стратегії в енергетичній сфері

Energiewende - це постійний перехід Німеччини до низьковуглецевого, екологічно чистого, надійного та доступного енергопостачання[14]. Нова система має намір значною мірою покладатися на відновлювані джерела енергії, енергоефективність та управління попитом на енергію.

Energiewende є основним планом перетворення енергетичної системи на більш ефективну, що забезпечується переважно відновлюваними джерелами енергії. У 2010 році федеральний уряд прийняв документ «Енергетична концепція», в якому викладено енергетичну політику Німеччини до 2050 року та зокрема визначено заходи щодо розвитку відновлюваних джерел енергії та енергоефективності. У 2011 році його було доповнено рішенням про повну відмову від ядерної генерації електроенергії до 2022 року. Таким чином, Energiewende має на меті просунути Німеччину до низьковуглецевої, без'ядерної енергетичної системи до середини століття.

Стратегію енергетичного переходу можна підсумувати трьома цілями:

Зменшити споживання енергії в усіх секторах (за принципом «ефективність перш за все»).

Використовувати відновлювану енергію безпосередньо там, де це економічно та екологічно доцільно.

Покрити залишкову потребу в енергії електроенергією з відновлюваних джерел.

Для досягнення цієї мети концепція зосереджена на значному розширенні використання відновлюваних джерел енергії, а також на швидкому підвищенні енергоефективності, встановлюючи галузеві цілі до 2020 року[14].

Зокрема, Енергетична концепція визначає мету скоротити споживання

первинної енергії на 20% до 2020 року та на 50% до 2050 року (з базового 2008 року). Крім того, передбачається скорочення викидів парникових газів (ПГ) на 40% до 2020 року, 55% до 2030 року та 80-95% до 2050 року (від базового 1990 року), а також збільшення частки споживання електроенергії від відновлюваних джерел до принаймні 35% у 2020 році, 50% до 2030 року, 65% до 2040 року та 80% до 2050 року(див.таб.2.1)[14].

Таблиця 2.1 - Основні показники Енергетичної стратегії Німеччини до 2050 року [33]

Показники	2012	2020	2030	2040	2050
Частка ВДЕ у загальному кінцевому споживанні енергії	10%	18%	30%	45%	60%
Частка ВДЕ у споживанні електроенергії	20%	35%	50%	65%	80%
Скорочення споживання первинної енергії(порівняно з 2008р.)	-5%	-20%	-30%	-40%	-50%
Скорочення споживання електроенергії(порівняно з 2008р.)	-1%	-10%			-25%
Скорочення кінцевого енергоспоживання на транспорті (порівняно з 2008р.)		-10%			-40%
Скорочення викидів парникових газів (порівняно з 1990р.)	-27%	-40%	-55%	-70%	-80%

У 2002 році уряд вирішив поступово припинити комерційне використання атомної енергії для виробництва електроенергії після того, як існуючі атомні електростанції досягнуть законодавчо визначених залишкових обсягів виробництва електроенергії. Після парламентських виборів 2009 року федеральний уряд прийняв модифіковану енергетичну політику, яка включала ідею використання атомної енергії як «сполучної технології» для більшого відновлюваного виробництва. Згідно з 11-м Законом про внесення змін до Закону про атомну енергію, який набув чинності в грудні 2010 року, уряд подовжив терміни експлуатації атомних електростанцій у середньому на 12 років[4].

Однак після аварії на АЕС «Фукусіма-Даїчі» в Японії в березні 2011 року

уряд Німеччини переоцінив ризики, пов'язані з ядерною енергетикою, і вирішив прискорити поетапне виведення з експлуатації комерційних атомних електростанцій шляхом прийняття 13-го Закону про внесення змін до Закону про атомну енергію, який набув чинності в серпні 2011 року[4].

13-й Закон про внесення змін до Закону про атомну енергію скасував додаткові обсяги залишкової електроенергії, які були розподілені на кожен діючу атомну електростанцію в 11-му Законі про внесення змін до Закону про атомну енергію. Крім того, ліцензії для кожної діючої атомної станції були обмежені, щоб усі об'єкти закрилися не пізніше кінця 2022 року. 16-й Закон про внесення змін до Закону про атомну енергію передбачає додаткові правила для відповідного фінансового розрахунку для операторів атомних станцій, як це визначено Федеральним конституційним судом[4].

Остання національна стратегія Німеччини щодо зміни клімату визначена в Плані дій щодо клімату до 2050 року, який визначає довгостроковий шлях скорочення викидів у конкретних секторах, як це відображено в Енергетичній концепції. Порівняно з базовим 1990 роком, ключові цілі полягають у досягненні 40% скорочення викидів парникових газів до 2020 року, 55% до 2030 року, 70% до 2040 року та 80-95% до 2050 року(див.таб.2.1)[33]. Ці цілі доповнюються коротко- та середньостроковими цілями щодо викидів, споживання енергії та постачання відновлюваної енергії[20].

Оскільки Німеччина є членом Європейського Союзу, її кліматична політика керується рамками кліматичної політики ЄС: кліматичним пакетом до 2020 року та кліматичним планом до 2030 року. Великі спалювальні установки в енергетичному та промисловому секторах є частиною Системи торгівлі викидами ЄС (ETS), тоді як викиди, які не входять до ETS, до 2020 року підпадають під дію Рішення про розподіл зусиль. Нещодавно прийнятий Регламент про розподіл зусиль стосується викидів, які не входять до ETS, з 2021 по 2030 рік[7].

Щоб досягти цільового показника скорочення викидів парникових газів до 2020 року, у грудні 2014 року федеральний уряд прийняв Програму дій щодо зміни клімату до 2020 року, яка містить понад 110 заходів. Ключовими

напрямами політичних стратегій, описаними в програмі, є Національний план дій з енергоефективності (NAPE), стратегія екологічно безпечного будівництва та житла (Стратегія енергоефективності для будівель), заходи в транспортному секторі (включаючи плату за пробіг для вантажних транспортних засобів і федеральні кошти для громадського транспорту на далекі відстані), а також заходи в секторі електроенергетики (для збільшення відновлюваної енергії, модернізації електростанцій, що працюють на викопному паливі, і розвитку більшої кількості когенераційних установок)[12][37].

У грудні 2018 року уряд Німеччини подав до Європейського Союзу проект Національного енергетичного та кліматичного плану, в якому висвітлено п'ять проблемних областей для стратегій скорочення викидів, включаючи енергоефективність і розширення мережі [38].

Наприкінці 2021 року, новий уряд Німеччини оголосив про плани провести широкі реформи енергетичного сектору в 2022 році. Енергетична криза, яка вибухнула після російського вторгнення в Україну, ще більше прискорила цей законодавчий процес і вимагала додаткових зусиль для забезпечення безпеки постачання та скорочення залежності від природних газу з Росії.

8 липня 2022 року уряд Німеччини ухвалив найбільшу поправку до енергетичної політики за останні десятиліття. Пакет, який має понад 593 сторінки, містить поправки до п'яти законів, які прискорять поширення відновлюваної енергії. Ці п'ять законів:

- Закон про відновлювану енергетику, який тепер містить розширені шляхи розширення потужностей відновлюваної енергетики та заходи для їх досягнення.
- Закон про офшорну вітрову енергетику, який тепер містить збільшені обсяги тендерів (що прискорює будівництво офшорної вітрової енергетики) і перероблені правила субсидування.
- Закон про наземну вітрову енергетику, який включає новий Закон про вимоги до вітрової енергетики, що вводить зобов'язання зробити 2% території Німеччини доступною для використання вітрової енергії, а також вносить

зміни до Федерального будівельного кодексу відповідно до цієї вимоги щодо території.

- Федеральний закон про охорону природи, який стандартизує та спрощує оцінку захисту видів і заходи для забезпечення швидшого отримання дозволів, особливо для проектів вітрової енергетики.
- Закон про енергетичну промисловість, який містить нормативні акти, які повинні прискорити розширення мережі, терміново необхідне для покращення інтеграції відновлюваної енергії на національному рівні[15].

Крім того, пакет містить додаткові положення, до яких федеральний уряд може звернутися в короткий термін у разі подальшого погіршення ситуації з постачанням на енергетичних ринках. Це:

- Замінний закон про режим очікування електростанцій: містить інструменти для вилучення газових електростанцій з ринку електроенергії для економії газу при виробництві електроенергії.
- Закон про енергетичну безпеку: розширює набір варіантів політики, які уряд може використовувати для підтримки енергетичних ринків і ланцюгів поставок у разі серйозного погіршення постачання газу[15].

Реформи, здійснені з початку російсько-українського конфлікту, значною мірою підтверджують попереднє зобов'язання Німеччини досягти кліматичної нейтральності в 2045 році. Пакет вводить нові заходи для досягнення цієї мети. Досягнення кліматичних цілей вимагає поступової відмови від вугілля. Німеччина встановила 2038 рік як найпізнішу дату відмови від вугілля, а федеральний уряд сподівається повністю відмовитися від вугілля у 2030 році. Незважаючи на те, що парламент скасував проект цілі щодо 100% відновлюваної електроенергії до 2035 року, натомість він вимагає, щоб постачання електроенергії було майже кліматично нейтральним до 2035 року, а до 2030 року 80% електроенергії має вироблятися з відновлюваних джерел[8].

Незважаючи на те, що Німеччина відклала вихід з експлуатації вугільних електростанцій на наступний рік і активувала електростанції у своєму резерві, тимчасове збільшення видобутку вугілля в основному замінить газові

електростанції, щоб звільнити поставки газу для опалення житлових і громадських будівель. і промисловість, де його важче замінити в короткостроковій перспективі, ніж у виробництві електроенергії. Закон про заміну електростанцій у режимі очікування, який регулює відновлення вугільної електростанції, обмежує відновлення вугілля до 31 березня 2024 року[17]. Закон надає тимчасову страховку на випадок серйозного дефіциту газу для опалення та промисловості цієї зими. Велика частина газу вже використовується для цих цілей, і газ відіграє обмежену роль в енергетиці.

Надмірна залежність від імпортованого газу є основною причиною нинішньої енергетичної кризи в Німеччині, а дефіцит ядерної енергії через відключення половини французького атомного парку є другорядним фактором, що сприяє підвищенню цін на електроенергію[8].

Закон про відновлювані джерела енергії тепер також визначає використання відновлюваних джерел енергії як переважний суспільний інтерес і питання національної безпеки[17]. Разом з іншими заходами це пришвидшить дозвільні та планувальні процедури. Це також створює нові стимули для зеленого водню та швидшого розширення фотоелектричної системи на дахах. Нові правила щодо вимог до території для вітроенергетики та прискорення планування та отримання дозволів вирішують проблеми, які перешкоджали вітроенергетиці в Німеччині в останні кілька років. Як внесок у зниження цін на електроенергію уряд знизив податок на відновлювану енергію до нуля з 1 липня 2022 року, а Німеччина скасує податок з 2023 року, замінивши кошти фіскальними субсидіями[17].

Хоча більшість енергетичних криз зосереджують увагу громадськості на постачанні енергії, політика щодо попиту є так само важливою та часто більш економічною в довгостроковій перспективі. Німеччина поспішає прийняти заходи з боку попиту для підвищення ефективності та зменшення залежності від газу. Оскільки викопний газ і нафта все ще становлять значну частку житлового опалення в Німеччині, важливим заходом у секторі опалення є розширення використання теплових насосів. Будучи високоефективною технологією опалення на основі електроенергії, вони забезпечують нагрівання з майже нульовим

викидом вуглецю в поєднанні з енергією з відновлюваних джерел енергії. Згідно з новим федеральним урядом, Німеччина планує встановити 6 мільйонів теплових насосів до 2030 року[1]. Це підтримується щедрими субсидіями (35% капітальних витрат, 45% у разі заміни масляного котла). Це розширення буде складним, не в останню чергу тому, що виробники теплових насосів повинні досить швидко розширювати виробництво, а також через брак кваліфікованих робітників для встановлення теплових насосів. Теплові насоси також, швидше за все, знайдуть більше застосування в централізованому опаленні, де вони можуть доводити річкову воду або низькосортне відпрацьоване тепло до температур, придатних для тепломережі. У промисловості також теплові насоси можуть забезпечити технологічне тепло та допомогти замінити газ. Для цього будуть потрібні додаткові стимули.

## **2.2 Напрямок енергоефективності енергетичної політики Німеччини**

Ключовими елементами в енергетичній стратегії ФРН є енергоефективність, енергозбереження, екологія та відновлювана енергетика.

2022 рік став роком енергетичної реформи в Німеччині. Метою нового уряду було прискорити зростання відновлюваної енергетики, збільшення використання водню, декарбонізація теплотранспортної системи та розширення енергомережі. До кінця 2022 року більшість необхідних законодавчих змін буде введено в дію, щоб наступні три роки почали показувати, як ці зміни роблять «фізичну» різницю, за якою можна виміряти ефективність уряду. Реформи є частиною більш комплексної «програми дій щодо клімату» (Klimaschutz-Sofortprogramm).

Міністерство економіки та клімату ( BMWK ) представило перший план свого законодавчого графіку, зазначивши, що будуть розглядатися різні сфери, необхідні для прискорення зростання відновлюваної енергетики. Два великих пакета – Великодній пакет[16] і Літній пакет, називають «пакетами прискорення планування» або «програмою надзвичайних ситуацій».

Цільові показники енергоефективності встановлені на 2030, 2040 та 2045 роки для первинної (див.рис.2.1) та кінцевої (див.рис.2.2) енергії відповідають вимогам поточної пропозиції Європейської Комісії щодо внесення змін до Директиви ЄС з енергоефективності. Вони також сумісні з амбіційним рівнем національного закону про захист клімату [ 39].

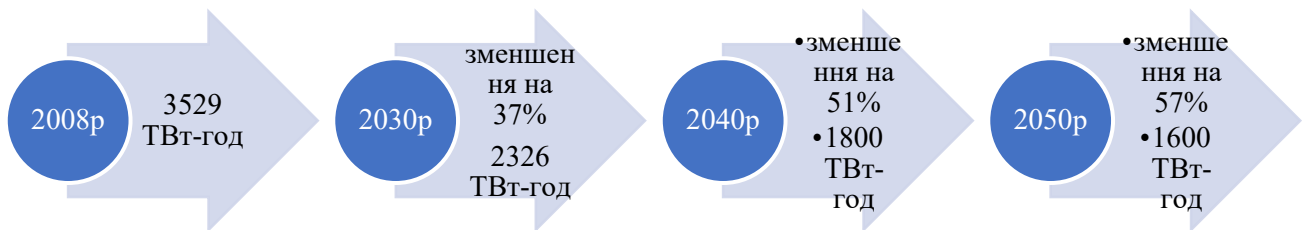


Рисунок 2.1 - Цільові показники енергоефективності для споживання первинної електроенергії [ 39]

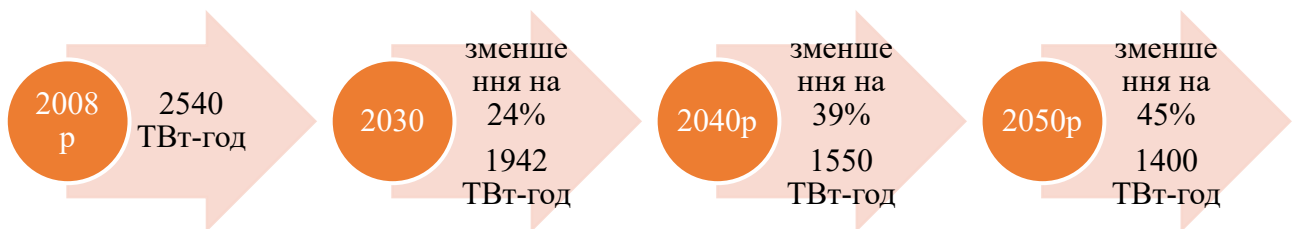


Рисунок 2.2 - Цільові показники енергоефективності для кінцевого споживання електроенергії [ 39]

В якості першого кроку уряд узгодив Реформу федерального фінансування ефективних будівель (BEG) з чіткими критеріями захисту клімату та зосередився на існуючому будівельному фонді[6].

«Ефект енергозбереження та захисту клімату приблизно в 4,5 рази вищий при енергоефективній реконструкції будівель, ніж при новому будівництві» – сказав міністр економіки Роберт Хабек. Хоча зміни щодо фінансування реконструкції незабаром почнуть діяти, підтримку нового будівництва буде реформовано на наступному етапі у 2023 р., повідомили в його міністерстві. Уряд додав, що виділив 13-14 млрд. євро на рік на енергоефективні будівлі в найближчі роки, з яких 12-13 мільярдів призначено на реконструкцію існуючих будівель [107].

Реформа будівельних субсидій стала необхідною через напружену ситуацію з енергопостачанням і високі ціни внаслідок війни Росії проти України, а також загострення кліматичної кризи, заявили в уряді. «Використання меншої кількості енергії є найдешевшим і найефективнішим внеском у більшу незалежність і захист клімату, а також допомагає заощадити витрати на енергію», — сказав Хабек [107].

Використання відновлюваних джерел енергії становить вищий суспільний інтерес і йому буде надано пріоритет над іншими проблемами, доки не буде досягнуто нейтралітету парникових газів.

Викиди парникових газів у Німеччині значно скоротилися з 1990 року. Загальні викиди до 2021 року впали приблизно на 480 мільйонів тон, або на 38,7%. За 2021 рік було повідомлено про загальні викиди 762 млн т. (див.рис.2.3). Таким чином, викиди значно збільшуються порівняно з 2020 роком, який характеризувався особливими ефектами [101].

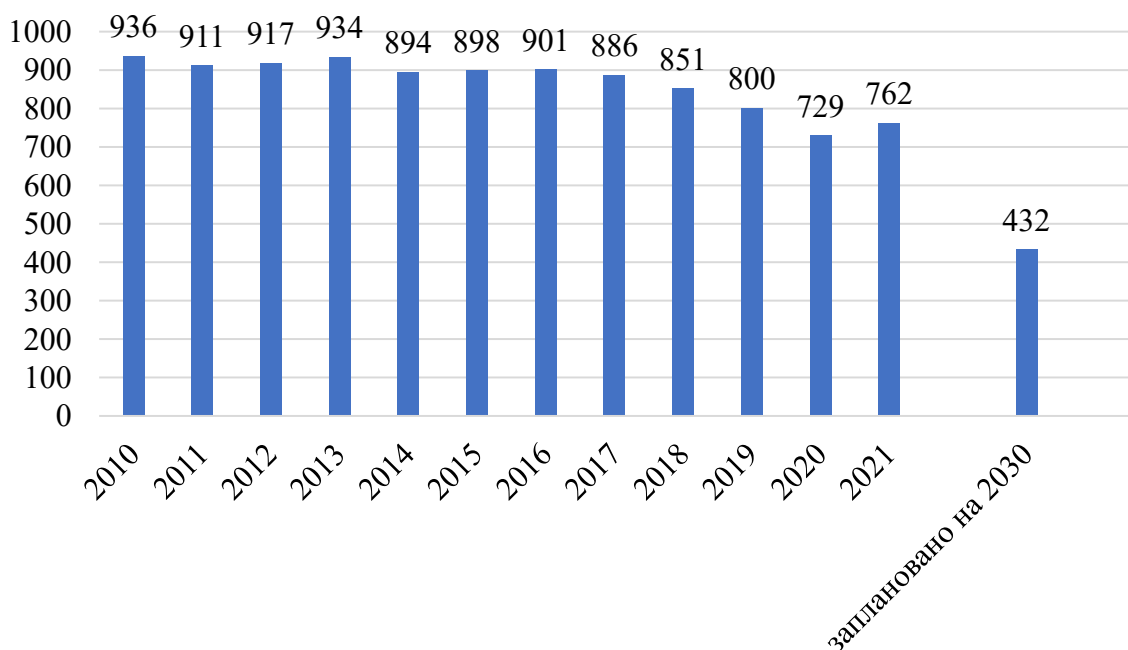


Рисунок 2.3 - Викиди парникових газів у Німеччині (млн. тон в еквіваленті CO<sub>2</sub>) [101]

Найчіткіше зростання спостерігалось в енергетиці (див.рис.2.4). Викиди від виробництва електроенергії з кам'яного та бурого вугілля зросли особливо

значно через збільшення використання вугілля. Використання природного газу з меншими викидами зменшилось у другій половині року через значне підвищення цін на газ. Основними причинами збільшення використання викопного палива для виробництва електроенергії є суттєво зменшене виробництво електроенергії з відновлюваних джерел енергії, зокрема менше виробництво енергії вітру, а також збільшення валового споживання електроенергії[18].

Нова реформа EEG спрямована на узгодження розширення використання відновлюваних джерел енергії в енергетичному секторі з метою обмеження глобального потепління до 1,5°C. Ціль до 2030 року: частка відновлюваних джерел енергії у споживанні електроенергії досягне щонайменше 80 відсотків. Німеччина має на меті приблизно подвоїти свою наземну вітрову потужність до 115 гігават (ГВт) до 2030 року (160 ГВт у 2040 році). Загальна потужність нових сонячних фотоелектричних установок становитиме 22 ГВт на рік станом на 2026 рік, щоб досягти загальної потужності 215 ГВт до 2030 року (400 ГВт у 2040 році), порівняно з приблизно 60 ГВт у 2021 році [6].



Рисунок 2.4 - Викиди парникових газів у 2021 році за секторами [6]

«Щоб досягти цілей федерального уряду до 2030 р., викиди тепер потрібно скорочувати на шість відсотків на рік. З 2010 р. в середньому не було навіть двох

відсотків. Щоб досягти цього, Німеччині зараз потрібні спільні енергетичні зусилля. Разом ми повинні використати всі наші сили, щоб стати незалежними від російської енергетики та захистити наш клімат», - Дірк Месснер [18].

### 2.3 Альтернативна енергетика

Енергетична концепція 2010 року встановлює цілі щодо відновлюваної енергії у виробництві електроенергії та загальному енергопостачанні в Німеччині. Виробництво електроенергії з відновлюваних джерел енергії (вітру, сонця, біоенергії) замість викопного (вугілля, газу) і ядерного палива лежить в основі енергетичного переходу Німеччини(див.рис. 2.5).

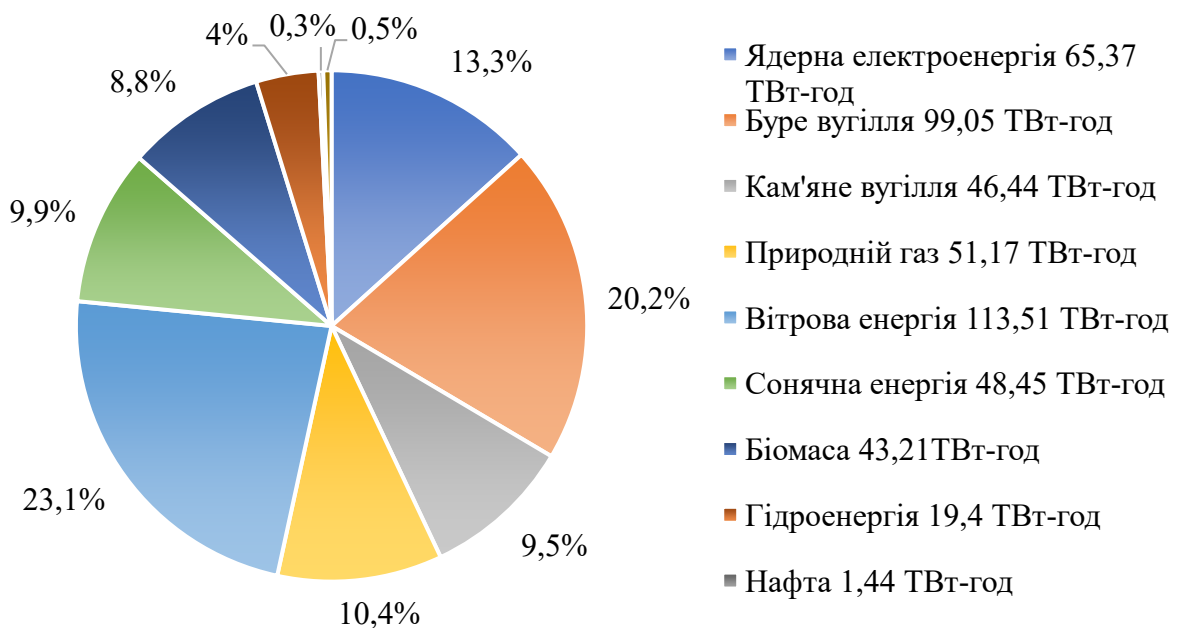


Рисунок 2.5 - Чиста вироблена електроенергія за джерелами у 2021 р. [27]

Покращене виробництво електроенергії з відновлюваних джерел енергії, особливо сонячного випромінювання та вітру, є важливим для сталого енергопостачання в майбутньому. Однак, на відміну від звичайних джерел енергії, доступність відновлюваних джерел енергії тісно пов'язана з метеорологічними умовами, тобто кількістю сонячної радіації та вітру, і, отже, у часі та просторі набагато більш мінлива. Крім того, збільшення мобільності на електричне опалення

посилює вплив погодних умов на попит на електроенергію. Поточну енергетичну систему необхідно налаштувати, щоб впоратися зі зростанням (і коливанням) виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, а також із вимогами, що залежать від погоди, щоб підтримувати її надійність і стабільність[92].

Уже у 2020 році обов'язкова ціль Німеччини у 18 відсотків валового кінцевого споживання енергії, встановлена в рамках Директиви ЄС про відновлювані джерела енергії, була перевищена на 19,3 відсотка. У 2021 році валове кінцеве споживання енергії з відновлюваних джерел енергії в електроенергетиці, теплоенергетиці та транспорті дещо зросло до 483 мільярдів кВт-год згідно з розрахунковими специфікаціями RED. Це відповідало частці 19,7 відсотка від загального валового кінцевого споживання енергії [47].

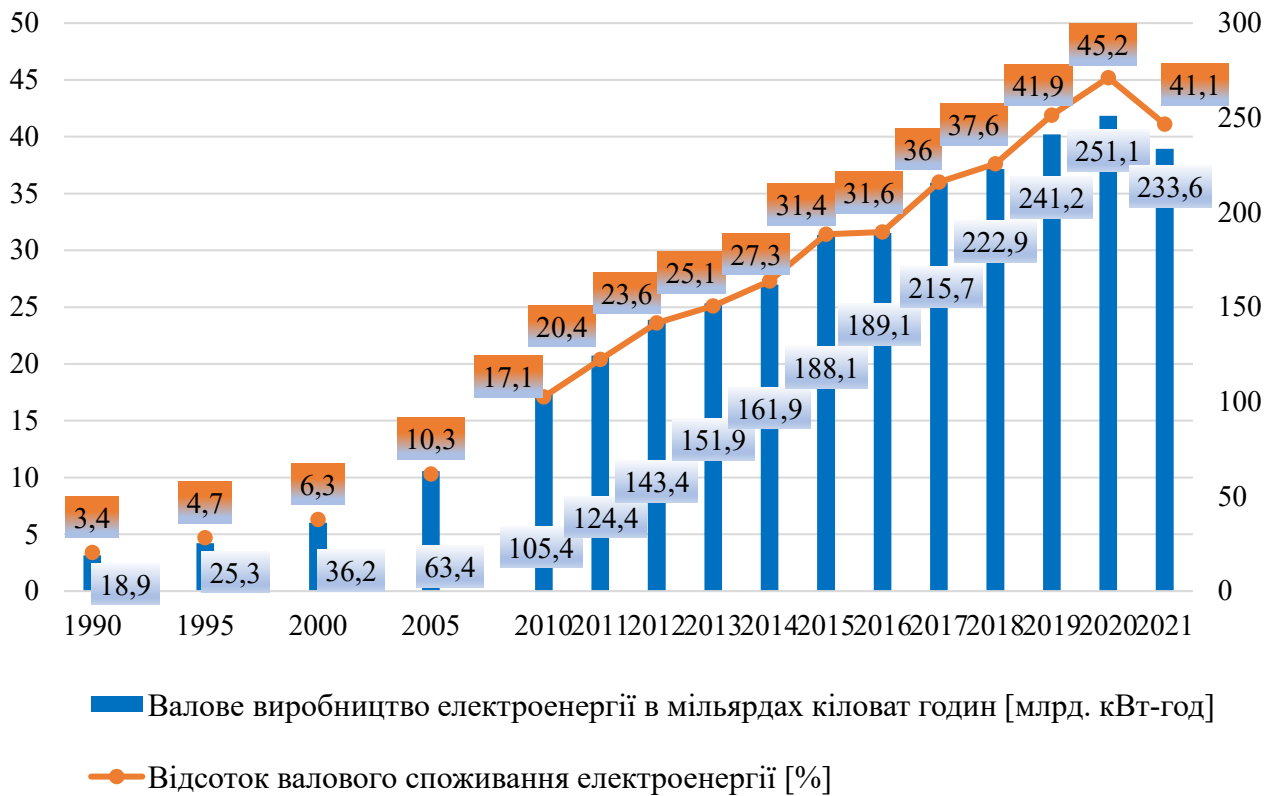


Рисунок 2.6 - Розвиток виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії [47]

Вітроенергетика Німеччини є однією з найбільших у світі та має найбільший ринок у регіоні та є світовим лідером у розвитку технологій. Наприкінці 2021 року по всій країні працювало загалом 28 230 наземних турбін із сумарною

потужністю близько 56 гігават (ГВт). З валовим збільшенням приблизно на 5,3 ГВт, 2017 рік мав найсильніше зростання потужності. Потім розширення знизилося до менш ніж 1 ГВт у 2019 році, а в 2021 році було додано 1,6 ГВт. Нова ціль розширення – щорічне збільшення потужності на 10 ГВт до 2025 року та загальна встановлена потужність 115 ГВт до 2030 року(див. таб.2.2)[105].

Таблиця 2.2 - Статистика наземної вітроенергетики [112]

Рік	Кількість встановлених турбін за рік	Потужність встановлених турбін	Загальна кількість турбін	Загальна потужність
2012	998	2415,16 МВт	22907	30989,33 МВт
2013	1154	2998,41 МВт	23645	33729,83 МВт
2014	1766	4750,26 МВт	24867	38115,74 МВт
2015	1115	3535,77 МВт	25982	41651,50 МВт
2016	1288	4259,17 МВт	27270	45910,67 МВт
2017	1792	5333,53 МВт	28675	50776,93 МВт
2018	743	2402 МВт	29213	52931 МВт
2019	325	1078 МВт	29456	53912 МВт
2020	420	1431 МВт	29608	54938 МВт
2021	484	1925 МВт	28230	56130 МВт
1 півріччя 2022 р.	238	977 МВт	28287	56848 МВт

Зрив розширення після 2017 року був спричинений декількома факторами, але регуляторні проблеми багато хто розглядає як головну проблему[108]. Аналіз, проведений лобістською групою енергетичної галузі BDEW, показав, що зменшення кількості дозволів, виданих для наземних вітряних турбін, було головним фактором падіння розширення, причому за три роки кількість виданих ліцензій впала на 70 відсотків[2]. За даними вітроенергетичних груп, для середньої турбіни на даний момент потрібно від чотирьох до шести років від побудови до початку експлуатації, а близько 10 ГВт потужності турбіни були затримані в

процесі ліцензування в 2021 році.

Виклики для виробників турбін і операторів вітрових електростанцій також виникають через обов'язкову мінімальну відстань від житлових районів або в результаті судових позовів, ініційованих громадськими рухами та екологічними групами, хоча останні опитування показують, що німці залишаються переважною за подальше розширення [105].

Незважаючи на труднощі з будівництвом турбіни, виробництво електроенергії за допомогою берегової вітряної енергії загалом неухильно зростало протягом останніх років, але зазнало спаду в 2021 році через несприятливі погодні умови та застій у нарощуванні потужностей [9]. За весь 2021 рік берегова вітрова енергетика передала в мережу близько 92 терват-годин (ТВт-год) електроенергії та внесла трохи менше 16 відсотків виробництва електроенергії, що робить її єдиним найважливішим джерелом відновлюваної енергії [105].

Незважаючи на те, що Німеччина належить до країн із найменшою кількістю сонячних годин, вона є одним із найбільших виробників сонячної енергії у світі. За даними Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA), у 2020 році країна посіла 5 місце у світі після кількох років лідерства (див.рис.2.7) [109].

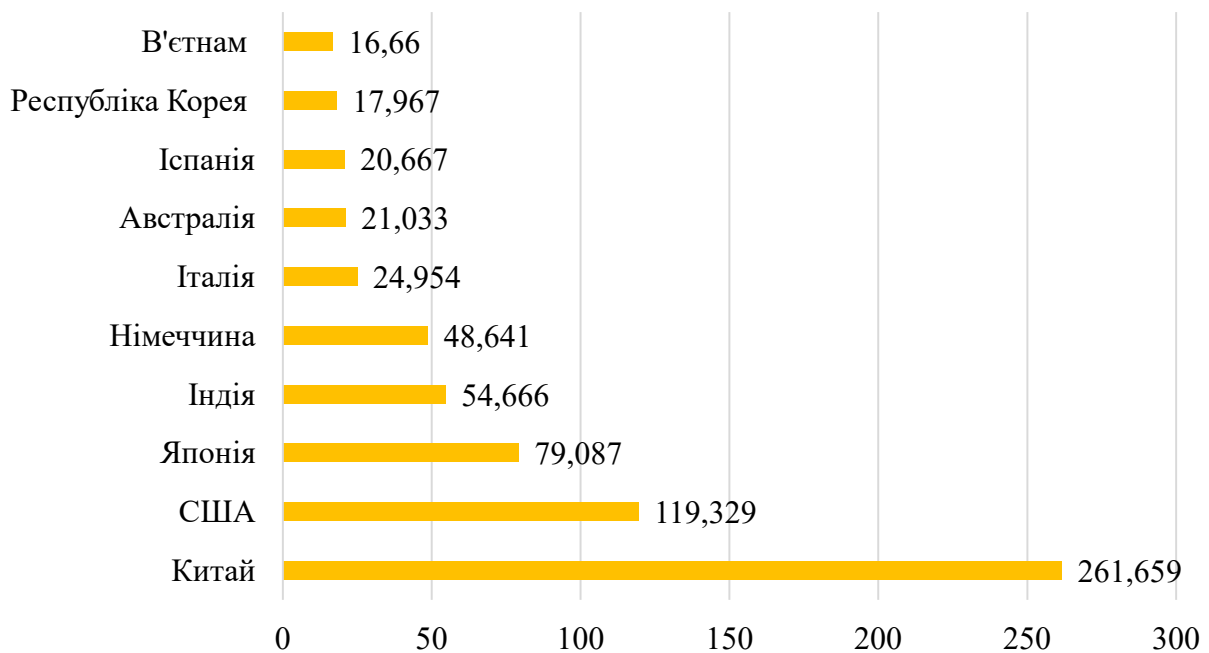


Рисунок 2.7 - Рейтинг країн за виробленням сонячної електроенергії, ГВт [61]

У 2021 році Німеччина додала приблизно 5,3 ГВт потужностей сонячної енергії, що на 10 % більше, ніж роком раніше, але все ще набагато менше, ніж у роки свого буму приблизно в 2010 році. Але галузь може очікувати, що кількість установок скоро зросте, оскільки це ключовий компонент прагнення країни до більшої енергетичної незалежності після вторгнення Росії в Україну [110] .

Новий уряд Німеччини пообіцяв, що до 2030 р. відновлювані джерела — вітер і сонце — складатимуть 80% виробництва електроенергії замість 42%. До 2035 р. уряд заявив, що виробництво електроенергії має бути нейтральним до вуглецю [78]. За місяць фотоелектричні (PV) системи виробили 8,23 терават-годин електроенергії, що становить близько п'ятої частини чистого виробництва електроенергії (див.таб.2.3). Вони поступалися лише електростанціям, що працюють на бурому вугіллі , які дали майже 22% чистого виробництва.

Таблиця 2.3 - Розвиток сонячної електроенергії [14]

рік	Потужність (МВт)	Річне чисте виробництво (ГВт·год)	% валового споживання електроенергії	Коефіцієнт емності (%)
2010	18006	11729	1.9	7.4
2011	25916	19599	3.23	8.6
2012	34077	26220	4.35	8.8
2013	36710	30020	5.13	9.6
2014	37900	34735	6.08	10.9
2015	39224	37330	6.5	11.3
2016	40679	36820	6.4	10.7
2017	42293	38001	6.6	10.6
2018	45158	43451	7.7	11.6
2019	48914	44334	8.2	11.1
2020	53721	48525		
2021	58728	49011		

На початку 2022 року перші дві землі Німеччини запровадили зобов'язання щодо сонячної фотоелектричної системи для певних будівельних проєктів , і очікується, що кілька інших земель наслідують їхній приклад із подібним

законодавством. Національний уряд запропонував у своїй коаліційній угоді зробити сонячні панелі на даху обов'язковими для нових комерційних будівель і встановити їх «як правило» на нових приватних будівлях. Уряд також погодився відкрити більше сільськогосподарських площ, а також пустот для сонячних фотоелектричних установок.

Багато громадян хочуть взяти участь у розширенні сонячної енергетики, оскільки все більше власників будинків думають про встановлення панелей на своїх дахах, часто разом із сонячними батареями у своїх підвалах. За даними Агентства з відновлюваної енергетики (АЕЕ), станом на кінець 2021 року кожне третє домогосподарство розглядало можливість установки для виробництва електроенергії або опалення, причому основними рушійними факторами були більша енергоавтономність і зростання цін [48].

Біоенергетика займає найбільшу частку у забезпеченні відновлюваними джерелами енергії в Німеччині та в усьому світі. Це робить значний внесок у скорочення викидів парникових газів, оскільки використання біомаси для виробництва енергії не виділяє більше вуглекислого газу, ніж було раніше поглинено рослинами. Крім того, біоенергетика є джерелом додаткової вартості для сільського та лісового господарства та для сільської місцевості в цілому [11].

Енергія з біомаси є універсальною і може бути доступною як твердий, рідкий або газоподібний енергоносіє. Її можна використовувати для виробництва тепла та електроенергії, а також палива. Це робить його найбільш універсальним з усіх відновлюваних видів енергії та замінює викопне паливо в багатьох сферах. Крім того, їх енергозабезпечення не залежить від джерел вітру та сонця, які коливаються протягом дня чи року [73].

Біоенергетика також впливає на сільське господарство та сільську місцевість через використання сільськогосподарських та лісових угідь. Окрему біоенергію критикували, оскільки її виробництво може конкурувати з виробництвом їжі за землю, а виробництво біогазу, зокрема, вважається відповідальним за непропорційно високий рівень вирощування кукурудзи в регіоні. Федеральний уряд протистояв цій проблемі, обмеживши використання кукурудзи. Багато

вкладено у створення культур, які служать пасовищем для бджіл і сприяють розпушенню сівозміни та збільшенню біорізноманіття [11].

Однак біоенергію отримують не лише з відновлюваної сировини, а й із біогенних залишків і відходів. Ці матеріальні потоки доступні у великих кількостях по всьому світу. Невикористаний потенціал також має бути використаний у цій країні певною мірою в майбутньому [73].

У 2021 році з часткою в 52% біомаса продовжує робити найбільший внесок у виробництво енергії з відновлюваних джерел, випереджаючи енергію вітру (майже 28%) і сонячну енергію (фотоелектричну та сонячну теплову) (12%), а також гідроенергію (4%) і геотермальна енергія (4 %) (див.рис.2.8) [1].

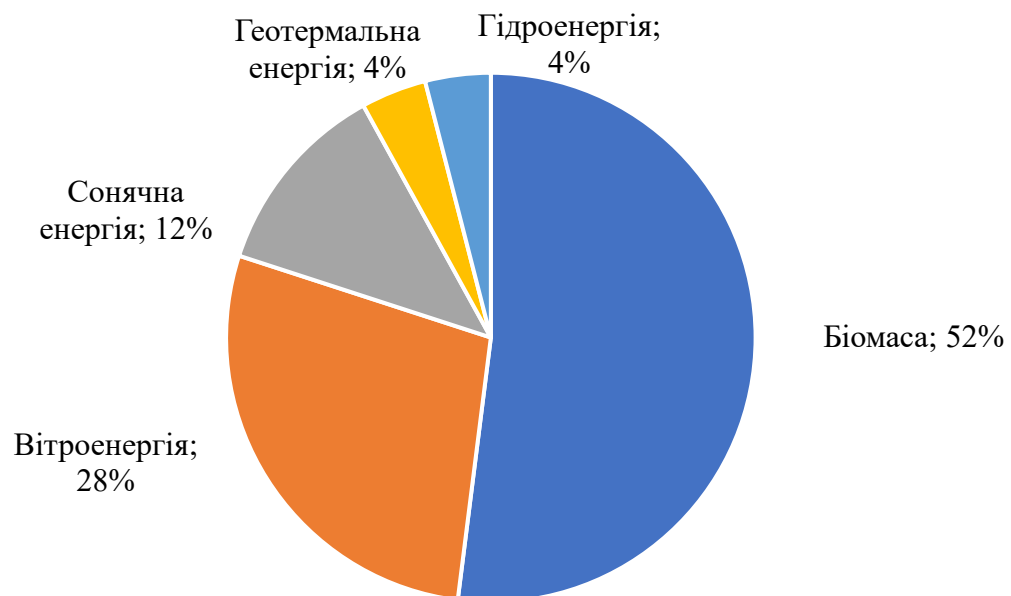


Рисунок 2.8 - Виробництво первинної енергії ВДЕ за джерелами [1]

У 2021 році з біомаси та біогенних відходів було вироблено близько 50,0 млрд кВт-год електроенергії (див.рис.2.9). Загалом виробництво електроенергії з біомаси залишалося приблизно таким же протягом останніх 5 років[101].

Біоенергетика також є важливою опорою для багатьох підприємств сільського та лісового господарства. Тому що сільське господарство Німеччини значною мірою залучено до виробництва відновлюваної енергії. У 2020 році по всій Німеччині працювало понад 9500 біогазових установок із встановленою

потужністю понад 5600 МВт [1]. Багато заводів експлуатуються фермерами, навіть комерційні біогазові установки фермери є постачальниками таких субстратів, як наприклад гною або кукурудзяного силосу. Існують також системи на основі деревини, рослинного масла або іншої біомаси [73].

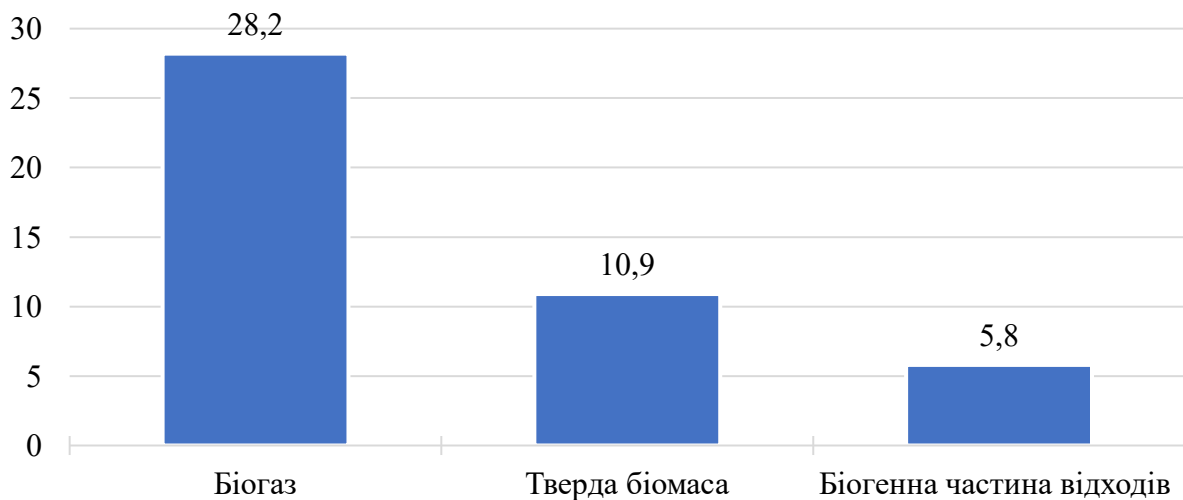


Рисунок 2.9 - Виробництво енергії з біомаси (млрд кВт-год) за 2021 р. [73]

В останні роки розширення потужностей біомасових установок насамперед сприяло тому, щоб зробити виробництво електроенергії більш гнучким. Ця так звана «надбудова» навряд чи призвела до збільшення річної кількості виробленої електроенергії в останні роки, але вона гарантує, що відновлювана електроенергія може надаватися більш гнучко за потреби (наприклад, у часи слабкого вітру та виробництва фотоелектричної енергії) [101].

Електроенергія з гідроенергії є відновлюваною енергією без викидів CO<sub>2</sub>. Гідроенергія виробляється децентралізовано та сприяє стабільному регіональному електропостачанню. Лише у 2019 році гідроенергетика Німеччини заощадила 15 мільйонів тонн викидів CO<sub>2</sub>. Крім того, масштабне та економічно ефективно зберігання електроенергії наразі можливе лише за допомогою гідроакуючих електростанцій [28].

Виробництво електроенергії на гідроелектростанціях знову було значно вищим, ніж у попередньому році (18,7 млрд кВт-год) і склало 19,7 мільярда кВт-год через більшу кількість опадів. Залежно від погоди річна подача була відносно постійною протягом багатьох років і становила близько 20 мільярдів кВт-год.

Потенціал розширення гідроенергетики в основному вичерпано, тому встановлена потужність гідроенергетики мало змінилася за останні кілька років. На кінець 2021 року загальна потужність становила 5489 МВт [101].

Виробництво електроенергії з геотермальної енергії зросло приблизно на 6% порівняно з попереднім роком (2021: 0,2 млрд кВт-год), але все ще становить лише близько 0,1% у виробництві електроенергії з відновлюваних джерел [101].

## 2.4 Енергетичний ринок Німеччини

Динаміка цін на енергетичних ринках, особливо електроенергії та газу, наразі є предметом багатьох політичних дискусій. Російське вторгнення в Україну знову підняло рівень цін на енергетичних ринках, який і так був значно вищим, ніж у попередні роки. Німеччина продовжує залишатися одним із десяти найбільших енергетичних ринків світу. Споживання енергії відповідає 286 мільйон тонн нафтового еквіваленту, що у середньому по всьому світу споживання енергії у 2021 році – виміряне з точки зору економічного виробництва – було вдвічі вище, ніж у Німеччині (див.рис.2.10).

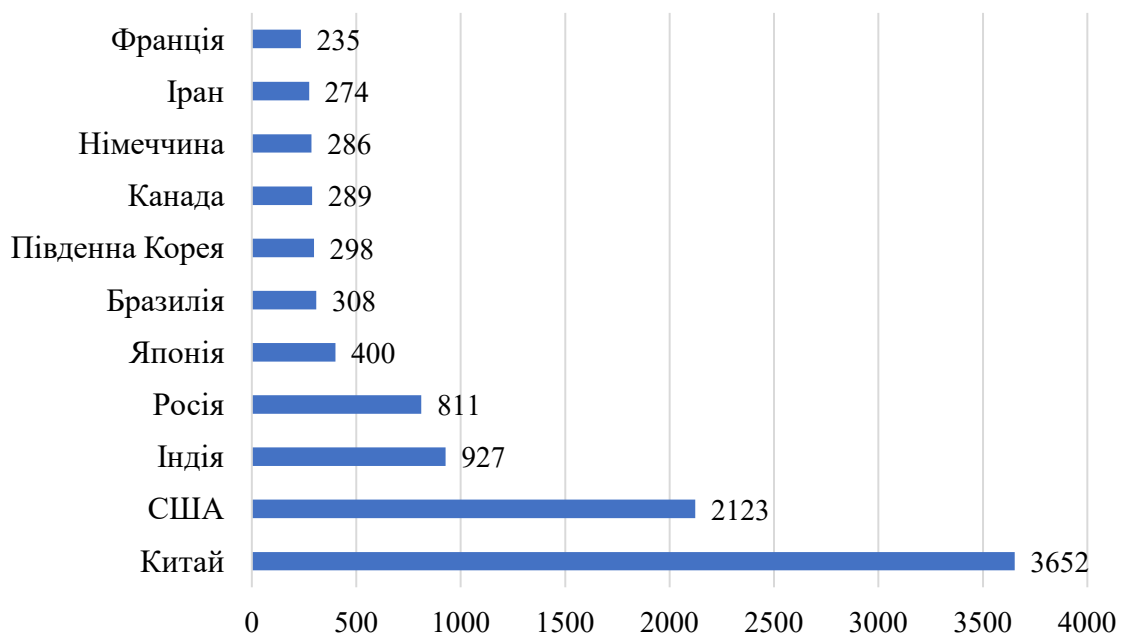


Рисунок 2.10 - Загальне споживання електроенергії країнами у 2021 р. (мільйон тон нафтового еквіваленту) [37]

Німецький імпорт енергоресурсів у 2021 році досяг близько 12 500 ПДж і був зосереджений на природному газі (44%), сирій нафті (27%), нафтопродуктах (12%) і кам'яному вугіллі (9%). (див. рис.2.11). Імпортується 100% уран для використання в атомній енергетиці. Внутрішнє виробництво кам'яного вугілля припинилося на початку 2019 року, з того часу енергоносії повністю імпортується. Так само нафта та природний газ майже повністю отримуються з-за кордону.

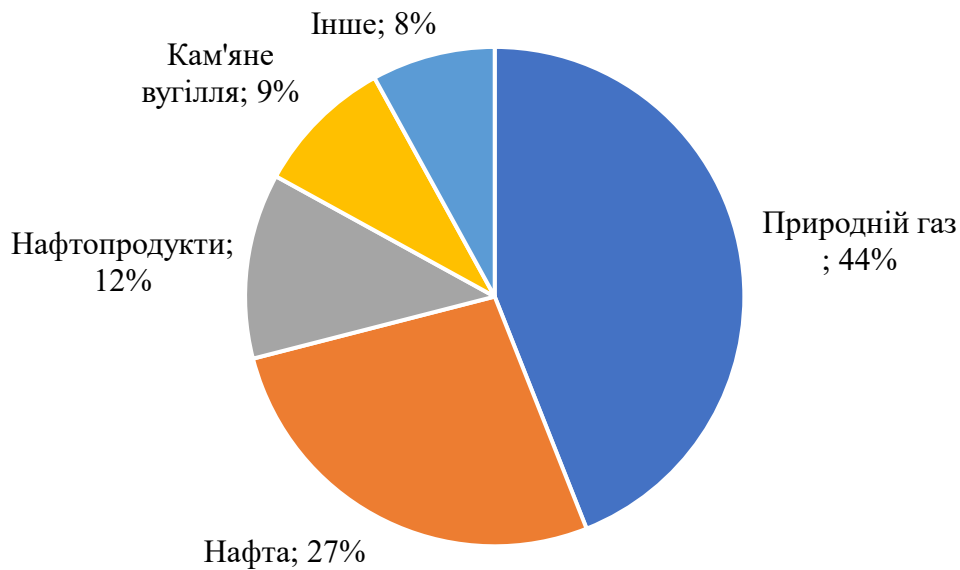


Рисунок 2.11 - Структура імпорту енергії в Німеччині у 2021 р. за джерелами енергії (частки в % - загальний обсяг приблизно 12 500 ПДж)

У 2021 році вугілля було найважливішим джерелом енергії для виробництва електроенергії в Німеччині. Електроенергія від вугільних електростанцій також збільшилася на 24,9% порівняно з 2020 р. Частка вугільної електроенергії в загальному обсязі відпущеної в мережу електроенергії склала 30,2% (див.рис.2.11). Близько 60% вугільної електроенергії в Німеччині виробляється з бурого вугілля і близько 40% з кам'яного вугілля. Попит на буре вугілля покривається внутрішнім видобутком, попит на кам'яне вугілля - імпортом.

Частка природного газу у виробництві електроенергії у 2021 р. становила 12,6% після 13,7% у попередньому році. Загалом у 2021 р. відпуск електроенергії з природного газу був на 5,8% меншим, ніж у попередньому році (див.рис.2.11). Основною причиною зниження стало значне подорожчання природного газу.

Подача електроенергії від атомної енергетики зросла на 7,4% у 2021 році порівняно з 2020 роком і склала 12,6% у загальному обсязі надходження електроенергії (див.рис.2.12). Однак наприкінці 2021 року три з шести атомних електростанцій, які досі працюють, були закриті в рамках поетапного виведення ядерної енергетики, тож у майбутньому лише три атомні електростанції будуть виробляти електроенергію та подавати її в мережу. Таким чином, як кількість електроенергії, виробленої всередині країни з атомної енергії, так і її частка в кількості електроенергії, що подається в мережу, значно зменшаться.

Частка відновлюваних джерел енергії у виробництві електроенергії впала з 47,1% у 2020 р. до 42,4% у 2021 р. Споживання електроенергії від вітряної енергії значно впало на 13,3%, зокрема, через те, що весна 2021 року була менш вітряною, ніж у попередньому році. У результаті електроенергія від вітрової енергії становила лише 21,5% від кількості електроенергії, що подається в мережу.

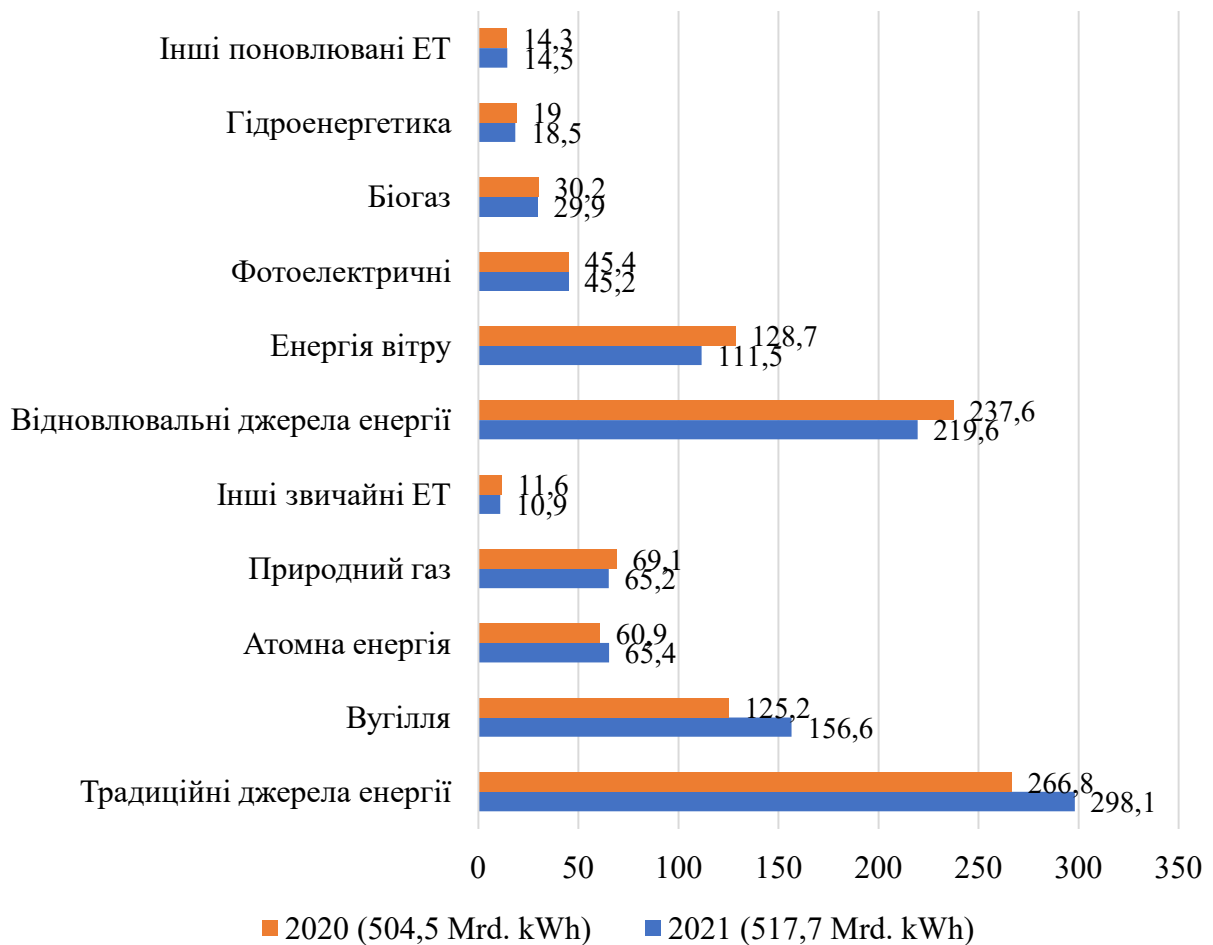


Рисунок 2.12 - Електроенергія вироблена в Німеччині та подана в мережу [90].

У 2020 році енергія вітру вперше стала найважливішим джерелом енергії у виробництві електроенергії з часткою 25,2%. Навпаки, споживання електроенергії від фотовольтаїки впало лише незначно на 0,5% до 8,7% у 2021 р. (див.рис.2.12).

У 2021 р. частина електроенергії, виробленої в Німеччині та поданої в мережу, надходила зі звичайних джерел енергії. Згідно з попередніми результатами Федерального статистичного відомства (Destatis), виробництво електроенергії з традиційних джерел енергії зросло на 11,7% порівняно з 2020 роком і становило 57,6% від загального виробництва електроенергії (2020: 52,9%). Навпаки, надходження від відновлюваних джерел енергії впали на 7,6% до 42,4% (2020: 47,1%). Загалом у 2021 р. в мережу було подано майже 518 мільярдів кіловат-годин електроенергії. Це на 2,6% більше електроенергії, ніж у попередньому році, але на 3,1% менше, ніж у 2019 р., на який не вплинула коронакриза [90].

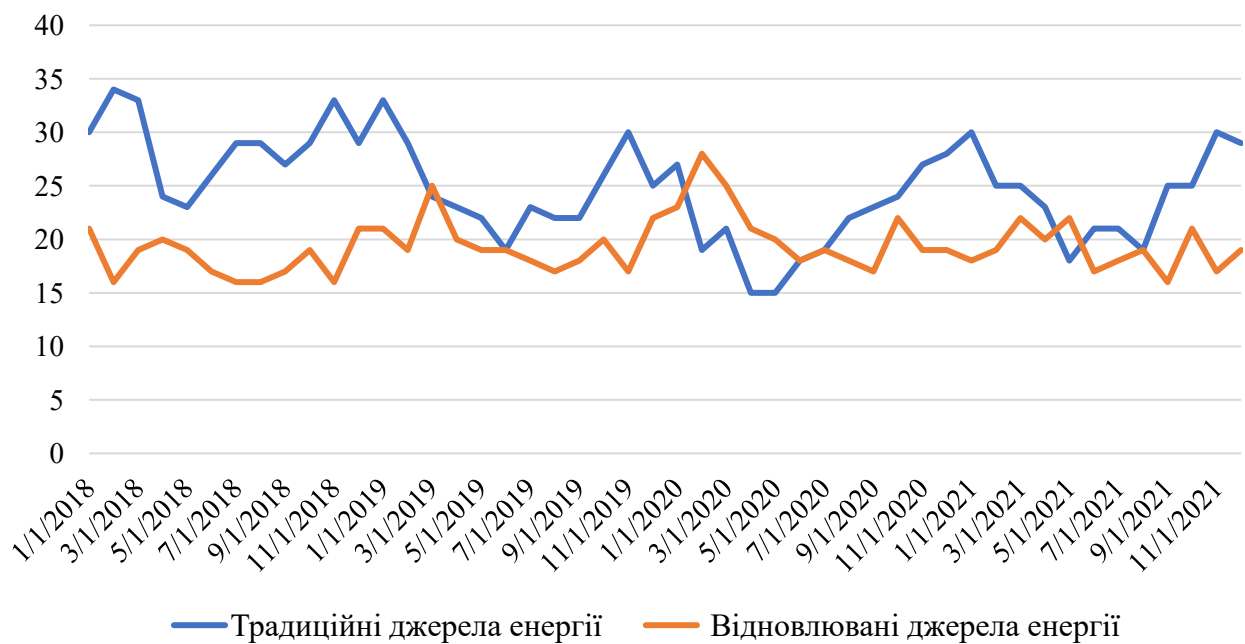


Рисунок 2.13 - Подача електроенергії в загальну електромережу (в мільярдах кВт/год) [90]

Обсяг імпортованої до Німеччини електроенергії у 2021 р. зріс на 7,7% порівняно з 2020 роком. При 51,7 млрд кіловат-годин це становило рівно десяту

частину внутрішнього виробництва. Як і в попередні роки, Франція була найважливішим постачальником електроенергії, хоча імпорту електроенергії знизився на 24,7% порівняно з 2020 р. Обсяг експорту електроенергії з Німеччини зріс на 5,0% порівняно з попереднім роком. З 70,3 мільярда кіловат-годин або 13,6% електроенергії, що надходить у внутрішню мережу, Німеччина продовжує експортувати більше електроенергії, ніж імпортувати (див.таб.2.4) [90].

Таблиця 2.4. Імпортована та експортована кількість електроенергії [90]

	2020 (мільярд кВт/год)	2021 (мільярд кВт/год)	Зміна до 2020 р. (у %)
Імпортований обсяг електроенергії	48.0	51,7	7.7
Франція	13.0	9.8	-24.7
Нідерланди	8.7	7.6	-11.9
Австрія	6.1	6.5	6.5
Чеська Республіка	3.2	6.1	91.8
інші країни	17.1	21.7	26.9
Експортована кількість електроенергії	66.9	70.3	5.0

Обсяг імпортованої до Німеччини електроенергії впав на 9,1% у першому півріччі 2022 року порівняно з першим півріччям 2021 року. Зменшення імпорту електроенергії з Франції було особливо значним на -58,9%. Перша половина 2022 року також стала першою половиною року з початку статистики в 1990 році, коли Німеччина експортувала більше електроенергії до Франції, ніж імпортувала електроенергію з Франції. Загальний обсяг електроенергії, експортованої з Німеччини, у першому півріччі 2022 року зріс на 14,5% порівняно з першим півріччям 2021 року. У результаті профіцит німецького експорту значно зріс до 16,3 млрд кіловат-годин(див.таб.2.5) [89].

Таблиця 2.5 - Імпортована та експортована кількість електроенергії у перших півріччях 2021 і 2022 рр. [89]

	1 півріччя 2021 р. (мільярд кВт/год)	1 півріччя 2022 р. (мільярд кВт/год)	Зміна порівняно з I півріччям 2021 р. (%)
Імпортований обсяг електроенергії	25.7	23.3	-9,1
Франція	4.3	1.8	-58,9
Нідерланди	4.8	3.4	-29,4
Австрія	3.3	3.0	-8,9
Чеська Республіка	2.5	3.3	30,3
інші країни	10.7	11.9	10,9
Експортована кількість електроенергії	34.5	39.6	14,5

Найбільш важливий енергетичний імпорт у 2021 році, перш за все трубопровідний природний газ становить приблизно 55%, кам'яне вугілля на майже 50% і близько 34% сирої нафти надходить з Росії. Лише за обсяги імпорту природного газу, сирої нафти і кам'яного вугілля з російських джерел рахунок за енергію в 2021 р. склав близько 25 мільярдів євро. Вартість загального імпорту енергетичних товарів до Німеччини досягла рівня 104 млрд євро у 2021 р.[36].

З початком російської загарбницької війни проти України Росія скоротила поставки газу до Європи, деякі з них різко. Деякі країни ЄС більше не отримують газ з Росії – навпаки, енергетичний ринок також відіграє важливу роль у санкціях ЄС проти Росії.

Щоб зменшити залежність від Росії, федеральний уряд наполегливо працює над пошуком заміни російському газу. Імпорт скрапленого природного газу (СПГ) має бути значно розширений. Зараз планується будівництво чотирьох плавучих СПГ-терміналів. Крім того, на найближчі роки планується будівництво як мінімум двох стаціонарних СПГ-терміналів. Також можливий імпорт із LNG-терміналів в інших країнах ЄС[95].

Німеччина отримує газ з Росії переважно через газопровід Nord Stream 1, який направляє природний газ сюди через Балтійське море. Але й тут обсяги невпинно падають. Якщо в 2021 році частка поставок російського газу в Німеччину

становила 55 відсотків, то, за прогнозами Мінекономіки, до кінця 2022 року вона має скоротитися приблизно до 30%, насамперед за рахунок закупівлі скрапленого природного газу, так званого СПГ. До літа 2024 року федеральний уряд вважає можливим подальше зниження частки до десяти відсотків споживання [95].

Після вторгнення Кремля в Україну та запровадження санкцій Заходу ЄС погодився різко скоротити імпорт викопного палива з Росії, сподіваючись скоротити доходи, які могли б фінансувати війну. Найпростіший крок — припинити імпорт російського вугілля, тому що доступних альтернатив для імпорту достатньо, а ЄС вже сподівається швидко відмовитися від вугілля. У серпні уряд Німеччини припинив імпорт російського вугілля.

Незважаючи на небажання підтримувати газове ембарго ЄС, уряд Німеччини має намір припинити весь імпорт російського газу до кінця 2024 року. Офіційно його поточна залежність від імпорту газу вже скоротилася з 55 відсотків у 2021 році до менш ніж 35 відсотків у травні 2022 року.

У Німеччині занадто багато газових електростанцій, які виробляють електроенергію. Це також призвело до стрімкого зростання цін на електроенергію, оскільки ці станції є останніми в системі «порядку заслуг», що визначає загальні ціни на електроенергію, в тому числі для всіх інших компаній, що виробляють електроенергію (таких як відновлювані джерела енергії, які отримують величезні прибутки з огляду на низькі витрати на виробництво). Уряд також підтримує домогосподарства з нижчими та середніми доходами різними заходами допомоги в рамках нового пакету вартістю 65 мільярдів євро, щоб зменшити стрімку інфляцію та рахунки за електроенергію (див.рис.2.14).

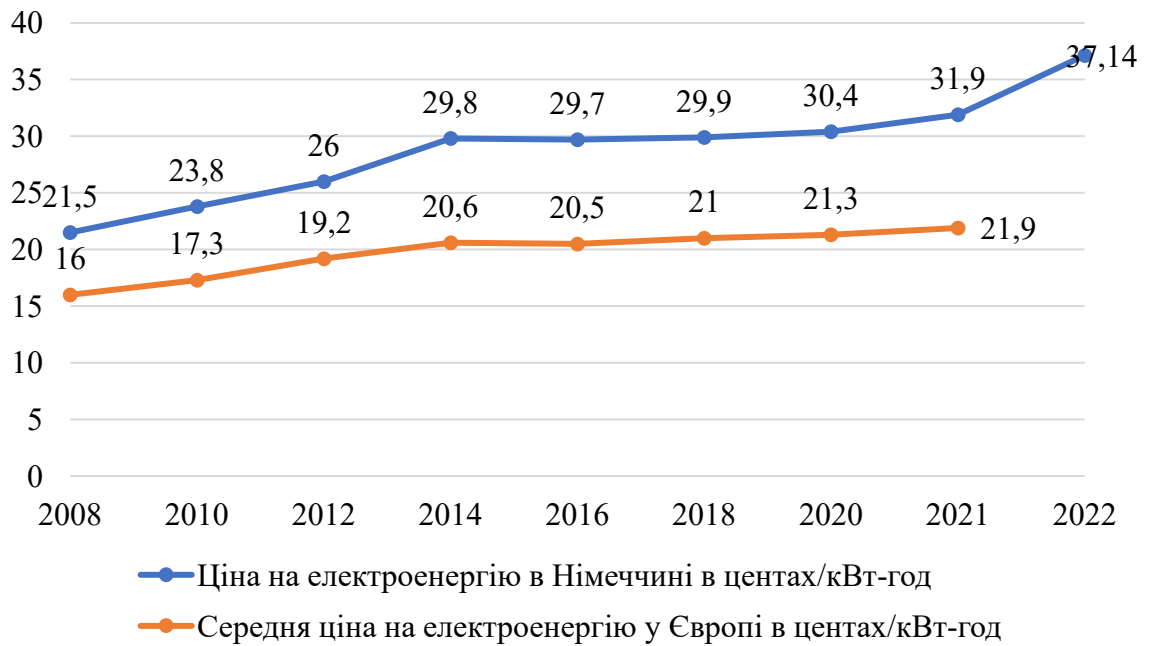


Рисунок 2.14 - Розвиток цін на електроенергію для домогосподарств у Німеччині з 2011-2021 р.р. (в центах/кВт-год при річному споживанні 3500кВт-год) [89]

Плани Німеччини та ЄС щодо протидії скороченню або припиненню поставок російського газу використовують комбінацію заходів, починаючи від збільшення надходжень СПГ і неросійського трубопровідного газу (Норвегія, Алжир та Азербайджан) до заміни споживання газу іншими джерелами енергії (відновлюваними, але також вугілля та нафта) та різноманітні ініціативи щодо збереження та енергоефективності[96].

Найефективнішим є перехід від газу до вугілля у виробництві електроенергії, коли газові електростанції замінюють електростанціями, що працюють на вугіллі (викиди CO<sub>2</sub> яких приблизно на 40 % вищі). Минулого року близько 12 ГВт потужностей з виробництва електроенергії на вугільних і атомних електростанціях було вилучено з мережі. Уряд Німеччини планує повернути близько 9 ГВт законсервованих вугільних електростанцій протягом найближчих місяців. Але перспективи комунальних підприємств залишаються невизначеними, оскільки транспортний простір на вугільних вантажних суднах для достатньої кількості вугілля обмежений. Поточний рівень води в Рейні та інших річках низький, що вантажні та інші судна не можуть бути повністю завантажені [36].

## 2.5 Газовий ринок Німеччини

Описану структуру газової галузі Німеччини слід аналізувати крізь призму «енергетичного повороту», який ставить за мету перехід до більш стійкої енергетики. І природний газ може зіграти роль при переході до низьковуглецевої енергетики. Ціни на енергоносії з 2011 року по 2020 рік значно впали через забезпечений гарантіями тариф на постачання сонячної та вітрової електроенергії в мережу, а також технічної необхідності підтримувати працездатність вугільних та атомних електростанцій на певному рівні. Включилася в дію економіка звичайного електроенергетичного ринку та його так званий ефект «ранжування за вигодою»: частка вироблення електроенергії з відновлюваних джерел енергії така висока, що вона виливається в низьку, якщо не витратну, вартість електроенергії на ринку електроенергетики. Як результат, комерційно життєздатними виявляються лише електростанції, які працюють на дешевих (вугільних) традиційних джерелах енергії.

Зменшення обсягів споживання природного газу впливає потенційне збільшення зусиль, спрямованих на раціональне використання енергії та покращення технологій утеплення. Цю картину міг би змінити переведення транспортних систем на використання газу. Але і на рівні Євросоюзу, і в самій Німеччині немає щодо цього чітких законодавчих ініціатив. Отже, попит Німеччини на газ до 2024 року мав впасти від мінус 7% до мінус 26% (порівняно з рівнем 2012 року), а це означає, що різниця становитиме 162 ТВт- год. [120]

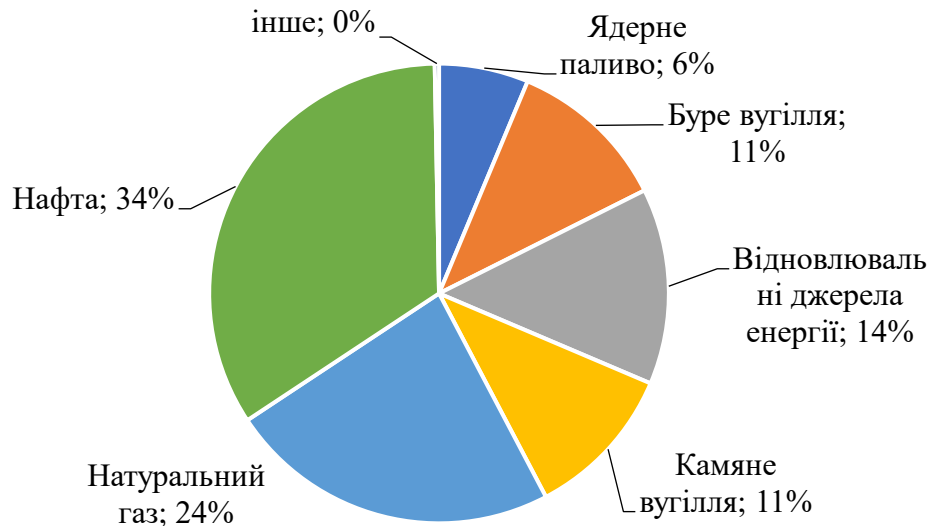


Рисунок 2.15 - Частка попиту на первину енергію у Німеччині [104]

За прогнозами, споживання газу в Німеччині зменшиться на 4% (у період з 2012 до 2025 рік) – 21% у той же період. А це становить різницю у 143 ТВт-год.

У період з 2011 по 2013 рік основним визначальним фактором при обговоренні в Німеччині конкурентоспроможності і розумної вартості енергоносіїв, що поставляються, була революція, проведена американцями у сфері видобутку шельфового газу. Різниця в ціні на енергоносії в Німеччині та Євросоюзі порівняно з Америкою є проблемою для конкурентоспроможності цін на енергоносії в Європі. Різниця у вартості трохи зменшилася, але все одно досі є: у березні 2015 року ціни на газ в американському розподільчому вузлі «Генрі-Хаб» були нижчими за 3 доларів США за млн БТО, а ціни на віртуальному вузлі "Британська національна точка балансування" (NBP) - трохи нижче 8 доларів США за млн БТО. Прикордонна ціна в Німеччині була трохи вищою, а ціни на віртуальних розподільчих вузлах були трохи нижчими від цін на NBP. Тим не менш, ця ціна більш ніж удвічі перевищує американську.

У 2015 році газовий ринок Німеччини перебував у нестійкій перехідній стадії. З 2011 року ринок Німеччини поділено всього на дві частини («Нет Коннект Джормані» та «ГазПоол»), лише за кілька років їй вдалося об'єднати 19 регіональних ринків. В результаті розукрупнення старих оптовиків-гравців ринку

на проміжному та регіональному рівнях, у цих двох частинах ринку працює 17 Операторів мереж передач. Газовий ринок тепер повністю лібералізований, приватизований та поділений.

У Німеччині кількість компаній, що беруть участь у продажу газу, значно зросла, і на віртуальних вузлах дійсний відсоток перепродажу газових контрактів почав змінюватись від 3,5-3,8%.

Незважаючи на процес лібералізації, імпортерний портфель природного газу змінився незначно. Через засновану на газопроводі структуру імпорту, у Німеччині збереглася олігополія великих постачальників. Найбільшим постачальником газу до Німеччини до 2022 року була Росія («Газпром»), за нею слідує Норвегія (в основному, «Статойл»), потім – Нідерланди (в основному, «Газтерра»), внутрішні виробники та інші країни.

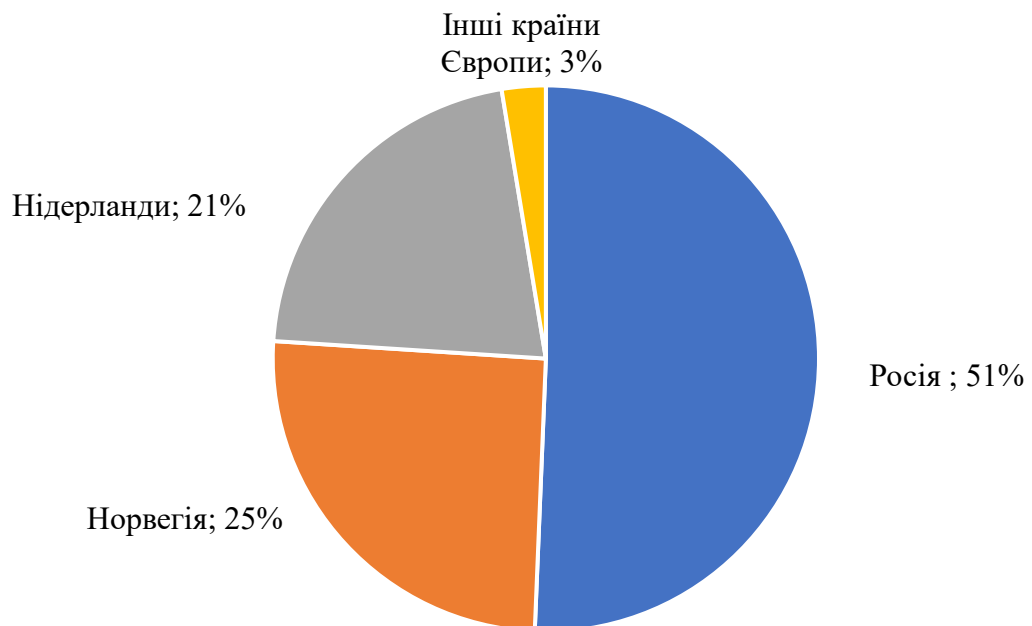


Рисунок 2.16 - Імпорт газу Німеччини 2019 [104]

У зв'язку з акупацією Криму Росією та військовою дестабілізацією на Сході України та подальшим погіршенням відносин між Євросоюзом та Росією, у політичній програмі Німеччини знову одну з перших ролей стала відігравати енергетична безпека. Серед представників німецької політичної еліти ставлення

до Росії як до постачальнику електроенергії змінюється. Довіра до цієї країни втрачена. Стало очевидно, що забезпечення безпеки постачання повинно включати повний цикл постачання газу – від виробництва до продажу його кінцевому споживачеві. Через розбіжності між Росією та Україною щодо постачання газу, коли постачання газу через Україну припинилося майже на два тижні, 2009 рік став переломним роком. Найсильніше, це позначилося на південній частині Німеччини, де недопостачання газу сягало 60%. Але загалом до Німеччини було недопоставлено лише 10-15% газу. За оцінкою завдяки складній розподільчій системі Німеччини та її великим сховищам добре спрацювала система управління розподілом газу та кризового регулювання. Через погодні умови по всьому континенту різко зріс попит на енергоносії. Водночас, Росії довелося урізати постачання газу до Німеччини на 10% - до 35%. [120]

У контексті «енергетичного повороту», який передбачає виведення з експлуатації атомних електростанцій, закриття трьох газових електростанцій породило критичну ситуацію нової якості: електромережа виявилася на межі повного відключення живлення. області ринку були набагато більшими і через це великі обсяги газу були відправлені до Італії та Франції. На критичну ситуацію оператори систем передач відповіли обмеженням поставок споживачам, перервавши виконання зобов'язань за контрактами, та закликавши приватні господарства зменшити опалення.

Підсумовуючи сказане вище, для газової системи Німеччини зараз важливо зберегти стійкість до зовнішніх впливів. Під впливом нових пакетів угод про внутрішній ринок Євросоюзу німецький газовий ринок пройшов серйозні зміни. Формальна політико-інституційна структура також змінилася; Сьогодні Міністерство економіки з німецькими регулятивними органами відповідають за функціонування газової системи разом із гравцями газового ринку. Питання зберігання тепер також є важливим аспектом проблеми через зміну уявлень про залежність від імпорту та необхідність розробки порядку дій у разі надзвичайної ситуації, а також нових законодавчо-регулятивних актів. [120]

Ще одним серйозним питанням є використання сховища виключно на комерційній основі. Сховища – важлива складова системи, що дозволяє ефективно реагувати в кризовій ситуації, але вони також допомагають врівноважувати постачання міжсезоння. З комерційної точки зору сховища допомагають із стрибками цін. На німецькому газовому ринку ринкова мотивація виявилася надто невеликою, щоби заповнити всі сховища. Незважаючи на те, що Німеччина має великі сховища в мільярди кубометрів, у країні виникла небезпека нестачі газу.

На німецькому ринку надійність постачання має багато граней: основну складність становить заміна низькокалорійного голландського/німецького газу висококалорійним газом з інших джерел у зв'язку з виснаженням, яке вже спостерігається. У період з 2015-2020 року частка голландського низькокалорійного газу зменшилася небагато, але до 2025 року має скоротитися вдвічі.

Основні суспільні побоювання пов'язані із залежністю від імпорту. Найбільший транспортний коридор для постачання російського газу до Європи відбувався через Україну, що становив 160 мільярдів кубометрів. Транспортні альтернативи включають «Північний потік», що йде в «Грайфсвальд» (потужністю 55 мільярдів кубометрів на рік), і Ямальський газопровід, що проходить через Білорусь у країни Балтії, Польщу та Німеччину (річна потужність – 33 мільярди кубометрів). Є ще «Блакитний потік», що йде з Росії до Туреччини, із щорічною потужністю 16 мільярдів кубометрів газу. Отже, питання імпорту пояснюють, чому для Євросоюзу, а також і для Німеччини такою проблемою залишається диверсифікація. [120]

Найбільший імпортер газу Німеччини Uniper зазнав збитків у розмірі понад 12 млрд євро за перше півріччя 2022 року - більше половини з них пов'язані із газовою кризою через РФ. Близько 6,5 млрд євро збитків пов'язано з перебоями у постачанні газу з Росії внаслідок війни в Україні. Цифри також показали списання на 2,7 мільярда євро, у тому числі через зупинку проекту газопроводу "Північний потік-2". Uniper намагається втриматися на плаву, компанії доводиться купувати дорожчий газ на ринку для виконання контрактів через скорочення поставок із Росії. Це спричинило проблему з ліквідністю, оскільки Uniper досі не

могла перевести підвищення цін на клієнтів. Uniper обслуговує понад 100 муніципальних комунальних та промислових підприємств у Німеччині, найбільшій економіці Європи. З жовтня 2022 р. Німеччина робить додатковий збір за газ у розмірі 2,4 цента за кіловат-годину, щоб допомогти імпортерам, які постраждали від додаткових витрат через скорочення постачання російського газу.

Індикатор рівня заповнення газосховищ у ФРН сигналізує "стабільний" стан на 1 грудня 2022 р. Сховища заповнені на 100%, що фактично гарантує бездефіцитне завершення опалювального сезону.

Росію на газовому ринку Німеччини замінила Норвегія у 2022 році. Так, постачання газу з Норвегії до Німеччини збільшилося. За обсягами Норвегія не замінила і через наявні видобувні потужності повною мірою навряд чи замінить Росію. Однак частка норвезького газу зросла приблизно до половини тому, що в Німеччині сильно знизилася споживання: з кінця квітня 2022 р. воно стабільно нижче за середній показник 2018-2021 років. Економію, яка, наприклад, наприкінці надзвичайно теплого жовтня перевищувала навіть 35%, забезпечують як промислові підприємства, так і домашні господарства та малий бізнес. Так, індустріальному сектору газ потрібен головним чином не як сировина, а як паливо для заводських електростанцій та виробничих процесів, і багато підприємств змогли замінити його на нафтопродукти чи вугілля. Хоча деяким фірмам, особливо у хімічній галузі, довелося частково скоротити виробництво. У результаті економія в промисловості виявляється місяць за місяцем дуже стабільною. У свою чергу, домашні господарства та підприємства малого бізнесу в міру осіннього зниження температур почали помітно нарощувати споживання, але й вони, як і раніше, використовують значно менше палива, ніж у середньому в останні чотири роки. [105]

## **2.6 Зовнішньополітичні відносини в енергетичному секторі країни**

Нині імпорт енергоресурсів становить близько дві третини

енергопостачання Німеччини. Однією з цілей енергетичного переходу є зменшення цієї залежності від імпорту в середньостроковій та довгостроковій перспективі. У поєднанні з діями щодо підвищення рівня енергоефективності відновлюваних джерел енергії зроблять Німеччину менш вразливою до коливань цін на міжнародних ринках енергетичних товарів. Це позитивно вплине на енергетичну безпеку.

Німеччина вступає в енергетичне партнерство з ключовими країнами-виробниками, транзитером і споживачами енергії. На сьогодні понад 20 країн поза Європейською економічною зоною підписали двосторонні угоди з Німеччиною. Найважливішою метою є підтримка країни-партнера у розширенні відновлюваних джерел енергії, просуванні енергоефективності та використанні сучасних енергетичних технологій[49].

Україна є одним із найважливіших торгових та інвестиційних партнерів Німеччини. З 2020 року Німеччина та Україна також є партнерами в енергетиці. Найважливішими темами партнерства є переробка вугілля, водень, відновлювана енергетика, енергоефективність і декарбонізація. Дві країни поставили амбітні цілі щодо енергетичного переходу. Україна прагне досягти 70-відсоткової частки відновлюваних джерел енергії у виробництві електроенергії до 2050 року, тоді як Німеччина хоче досягти щонайменше 80 відсотків. Проміжна ціль для України – 25%, для Німеччини – 45% до 2035 року.

Уряд Німеччини має намір активізувати зусилля для підтримки енергопостачання в Україні. Федеральне міністерство економіки та кліматичних справ цього року внесе близько 100 мільйонів євро в програму Європейського енергетичного співтовариства, оголосило міністерство. Мета полягає в тому, щоб у короткий термін надати підтримку Україні, щоб допомогти їй відремонтувати та продовжити експлуатацію своєї енергетичної інфраструктури, оскільки російські збройні сили починаючи з жовтня все частіше атакують критично важливу інфраструктуру України. Внесок Міністерства економіки є доповненням до 30 мільйонів євро, внесених Федеральним міністерством закордонних справ[25].

Відновлювані джерела енергії, енергоефективність і водень, від його

виробництва до розподілу та використання, є ключовими сферами, в яких Японія та Німеччина хочуть тісніше співпрацювати. На початку 2020 року дві країни-партнери підписали свою дорожню карту та створили дві робочі групи для виконання завдань. Японія хоче стати нейтральною до парникових газів до 2050 року.

У березні 2022 року Німеччина та Ізраїль підписали спільну декларацію про наміри щодо співпраці в енергетичній сфері. У майбутньому вони хочуть співпрацювати у сфері відновлюваної енергетики, кібербезпеки енергетичної інфраструктури, технологічних інновацій, використання природного газу та водню, а також активізувати спільні дослідження в цих сферах. Було домовлено, що щороку група високого рівня представників уряду та компаній двох країн збиратиметься для розвитку співпраці[49].

Підписана франко-німецька угода про забезпечення «потужностей для імпорту електроенергії» у Францію, де 70% електроенергії виробляється з атомної електростанції, забезпечує потужності імпорту електроенергії у Франції. У контексті енергетичної безпеки уряд покладається на «два важливі моменти для забезпечення переходу до зими» та уникнення цілеспрямованих зупинок: «зусилля щодо економії енергії» та «європейська енергетична солідарність».

Щодо цього останнього важеля, як оголосило Міністерство енергетичного переходу: "Уряд працює на європейському рівні, щоб забезпечити, щоб сусідні країни-члени, і зокрема Німеччина, грали в гру енергетичної солідарності, дозволяючи експортувати електроенергію до Франції в межах максимальної потужності".

Ця угода про взаємну підтримку в газовому та електроенергетичному секторах, підписана главами держав Франції та Німеччини Еммануелем Макроном і Олафом Шольцем, що Франція постачатиме більше газу до Німеччини, щоб послабити газову залежність від РФ, а Німеччина у свою чергу, могла б за потреби постачати електроенергію Франції, яка ослаблена через низьке виробництво ядерної енергії[3].

Завдяки довгостроковим договірним відносинам між німецькими та російськими партнерами, створеним протягом кількох десятиліть, і надійній

інфраструктурі постачання, зберігання та продажу газу Німеччина протягом півстоліття гарантовано отримувала обсяги трубопровідного газу, необхідні для її промисловості та домогосподарств з Російської Федерації, яка ніколи не порушувала своїх зобов'язань. За даними уряду Німеччини, до 2022 року половина обсягів російського газу надходила до Німеччини через газопроводи «Північний потік-1»[115].

Ще до початку військової агресії Росії на території України німецькі експерти підготували низку досліджень щодо можливих наслідків для німецької економіки зменшення поставок Російські енергоносіїв, насамперед газу[88]. Після початку військової агресії Німеччина стала одним із головних дійових осіб послідовного запровадження жорстких обмежувальних заходів проти РФ. Було заморожено міжвідомчу взаємодію, в тому числі в енергетиці, зокрема, водневій енергетиці; спільні науково-технічні проекти були припинені.

Якщо на початку весни BMWK виступала проти планів ЄС запровадити ембарго на імпорту вугілля та нафти з РФ, то до кінця квітня її керівник Р. Хабек змінив свою позицію, вважаючи, що у Німеччини будуть більш надійні альтернативи російським поставкам. Залежність від вугілля з РФ знизилася до 8% за перші чотири місяці 2022 року [14]. З 9 квітня заборонено укладати нові контракти, а існуючі мають бути завершені не пізніше 10 серпня 2022 року. На початок травня лише два східнонімецькі НПЗ у Льоне та Шведті залежали від поставок російської нафти, частка якого в імпорті нафти Німеччини становила лише 12%. До кінця 2022 року також очікується повне заміщення цих поставок, що означатиме нафтову незалежність від РФ.

Частка російського газу в імпорті німецького газу впала до 35% в середині квітня[14]. 23 березня Єврокомісія опублікувала документ, який містить нові правила управління ПСГ та передбачає ряд заходів щодо їх заповнення до 80% до 1 листопада 2022 року [63].

Протягом 2022 року Німеччина має намір припинити імпорту кам'яного вугілля та сирої нафти та укласти нові контракти з альтернативними постачальниками. Нерозв'язною проблемою для Берліна буде організація постачання

нафтопереробних заводів у східнонімецькому Шведті. Знайти альтернативу російським нафтопродуктам буде непросто.

Найскладнішим завданням є відмова від трубопровідного газу, гарантування його заміщення іншими джерелами та організація сталих поставок СПГ (включаючи будівництво необхідної інфраструктури), а також підвищення енергоефективності/енергозбереження в цих умовах та прискорення енергоперетворення національної економіки Німеччини.

### **Висновки до розділу**

Енергетична криза показує, наскільки важливо розвивати відновлювані джерела енергії. У Німеччині більше половини виробленої електроенергії часто надходить з відновлюваних джерел енергії, таких як вітер і сонце. Більше електроенергії від газових, вугільних і атомних електростанцій надходить в мережу в темний час доби, тобто коли темно і водночас немає вітру.

Перспектива повернення до status quo ante німецько-російського енергетичного партнерства та нібито «дешевого російського газу» вже не виглядає реалістичною. Це залишається правдою навіть після минулого терміну перебування президента Путіна на посаді, і його заміна все ще може прийти з нинішнього апарату влади. Ще до вторгнення Росії в Україну ЄС вирішив декарбонізувати своє енергопостачання шляхом поступової відмови від усіх видів викопного палива, включаючи природний газ, у середньо- та довгостроковій перспективі. За прогнозами, навіть до 2030 року споживання газу в ЄС скоротиться щонайменше на 20 %.

Незважаючи на численні зусилля щодо диверсифікації імпорту газу та зменшення його споживання, Німеччина все ще може відчувати дефіцит цієї зими, принаймні локально чи регіонально (незважаючи на те, що вона вже заповнила свої газові сховища більш ніж на 85%, за чотири тижні до початку зими 1 жовтня). У протидії російській стратегії створення газової зброї Німеччина могла б бути

менш реактивною і замість цього в односторонньому порядку оголосити Кремлю «ціновий ультиматум». Він міг би використати купівельну спроможність Європи проти Москви, щоб знизити ціни на російський газ і нафту та значно зменшити доходи Кремля від європейського експорту газу та нафти. Хоча це тимчасово призведе до короткочасного дефіциту газу взимку, це також допоможе промисловості, приватним домогосподарствам і уряду Німеччини більш безпечно планувати, забезпечуючи ефективнішу економію газу.

## **3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЛІТИКИ НІМЕЧЧИНИ**

### **3.1 Аналіз факторів когнітивної моделі енергетичної політики Німеччини**

У попередніх розділах роботи були дослідженні основні фактори, які впливають на сучасний стан енергетичної політики Німеччини. Ґрунтуючись на отриманих результатах аналізу, був сформований список факторів, які утворюють когнітивну модель. Відповідно до мети дипломної роботи енергетична політика Німеччини була обрана як цільовий фактор. Список керуючих факторів когнітивної моделі представлений нижче:

1. Відновлювальні джерела енергії;
2. Відмова від атомної енергетики;
3. Енергетична безпека;
4. Північні маршрути енергоносіїв з РФ;
5. Енергетична залежність від РФ;
6. Європейська енергетична політика;
7. Диверсифікація енергоресурсів;
8. Постачання СПГ із США до ЄС.

Мета когнітивного моделювання - дослідити що посилює/послаблює енергетичну політику Німеччини. Був розглянутий взаємний вплив між факторами та дана оцінка впливу факторів один на одного. Для оцінки була використана таблиця переходу від лінгвістичних змінних до числових значень (таблиця 3.1), що відповідає шкалі Чедока для кореляційних залежностей.

Таблиця 3.1 - Лінгвістичні змінні взаємодії факторів та їх числові значення

Опис взаємодії факторів	Числовий еквівалент
Дуже сильний вплив	0,9
Значний вплив	0,7
Істотний вплив	0,5
Помірний вплив	0,3
Слабкий вплив	0,1
Проміжні значення	0,8; 0,6; 0,4; 0,2

Взаємний вплив між факторами наведений нижче.

### **Фактор «Енергетична політика Німеччини»**

Фактор «Енергетична політика Німеччини» має помітний вплив на фактор «Відновлювальні джерела енергії», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Збільшення фактору «Енергетична політика Німеччини» призводить до дуже відчутного зростання фактору «Відновлювальні джерела енергії».

Фактор «Енергетична політика Німеччини» має вагомий вплив на фактор «Відмова від атомної енергетики», коефіцієнт впливу дорівнює -0,5. Зростання фактору «Енергетична політика Німеччини» призводить до істотного скорочення фактору «Відмова від атомної енергетики».

Фактор «Енергетична політика Німеччини» робить помірний вплив на фактор «Енергетична безпека», коефіцієнт впливу дорівнює 0,3. Зростання фактору «Енергетична політика Німеччини» призводить до помірного підсилення фактору «Енергетична безпека».

Фактор «Енергетична політика Німеччини» має значний негативний вплив на фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», коефіцієнт впливу дорівнює -0,7. Підсилення фактору «Енергетична політика Німеччини» призводить до значного зменшення фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Фактор «Енергетична політика Німеччини» дуже сильно впливає на фактор «Енергетична залежність від РФ», коефіцієнт впливу дорівнює -0,9. Підсилення фактору «Енергетична політика Німеччини» призводить до сильного послаблення фактору «Енергетична залежність від РФ».

Фактор «Енергетична політика Німеччини» дуже сильно впливає на фактор «Європейська енергетична політика», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Збільшення фактору «Енергетична політика Німеччини» призводить до сильного збільшення фактору «Європейська енергетична політика».

Фактор «Енергетична політика Німеччини» помірно впливає на фактор «Диверсифікація енергоресурсів», коефіцієнт впливу дорівнює 0,3. Збільшення фактору «Енергетична політика Німеччини» призводить до достатньо значимого зростання фактору «Диверсифікація енергоресурсів».

Фактор «Енергетична політика Німеччини» значуще впливає на фактор «Постачання СПГ із США до ЄС», коефіцієнт впливу дорівнює 0,7. Збільшення фактору «Енергетична політика Німеччини» призводить до достатньо значимого підсилення фактору «Постачання СПГ із США до ЄС».

### **Фактор «Відновлювальні джерела енергії»**

Фактор «Відновлювальні джерела енергії» помірно впливає на фактор ««Енергетична політика Німеччини»», коефіцієнт впливу дорівнює 0,3. Зростання фактору «Відновлювальні джерела енергії» призводить до помірного збільшення фактору «Енергетична політика Німеччини»».

Фактор «Відновлювальні джерела енергії» має істотно відчутний негативний вплив на фактор «Відмова від атомної енергетики», коефіцієнт впливу дорівнює -0,5. Підсилення фактору «Відновлювальні джерела енергії» призводить до істотного зменшення фактору «Відмова від атомної енергетики».

Фактор «Відновлювальні джерела енергії» має слабкий негативний вплив на фактор «Енергетична безпека», коефіцієнт впливу дорівнює -0,1. Підсилення фактору «Відновлювальні джерела енергії» призводить до зменшення фактору «Енергетична безпека».

Фактор «Відновлювальні джерела енергії» істотно впливає на фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», коефіцієнт впливу дорівнює 0,5. Зростання фактору «Відновлювальні джерела енергії» призводить до істотного зростання фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Фактор «Відновлювальні джерела енергії» має значний вплив на фактор «Енергетична залежність від РФ», коефіцієнт впливу дорівнює 0,7. Збільшення фактору «Відновлювальні джерела енергії» призводить до достатньо значимого збільшення фактору «Енергетична залежність від РФ».

Фактор «Відновлювальні джерела енергії» має дуже сильний вплив на фактор «Європейська енергетична політика», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Збільшення фактору «Відновлювальні джерела енергії» призводить до сильного зростання фактору «Європейська енергетична політика».

Фактор «Відновлювальні джерела енергії» має значний вплив на фактор «Диверсифікація енергоресурсів», коефіцієнт впливу дорівнює 0,7. Збільшення фактору «Відновлювальні джерела енергії» призводить до достатньо значимого зростання фактору «Диверсифікація енергоресурсів».

Фактор «Відновлювальні джерела енергії» має помітний вплив на фактор «Постачання СПГ із США до ЄС», коефіцієнт впливу дорівнює 0,3. Збільшення фактору «Відновлювальні джерела енергії» призводить до помірного зростання фактору «Постачання СПГ із США до ЄС».

### **Фактор «Відмова від атомної енергетики»**

Фактор «Відмова від атомної енергетики» має істотний негативний вплив на фактор «Енергетична політика Німеччини», коефіцієнт впливу дорівнює -0,5. Зростання фактору «Відмова від атомної енергетики» призводить до істотного скорочення фактору «Енергетична політика Німеччини».

Фактор «Відмова від атомної енергетики» вагомо впливає на фактор «Відновлювальні джерела енергії», коефіцієнт впливу дорівнює 0,7. Зростання фактору «Відмова від атомної енергетики» призводить до відносно відчутного зростання фактору «Відновлювальні джерела енергії».

Фактор «Відмова від атомної енергетики» має слабкий негативний вплив на фактор «Енергетична безпека», коефіцієнт впливу дорівнює -0,1. Зростання фактору «Відмова від атомної енергетики» призводить до слабого скорочення фактору «Енергетична безпека».

Фактор «Відмова від атомної енергетики» має слабкий негативний вплив на фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», коефіцієнт впливу дорівнює -0,1. Підсилення фактору «Відмова від атомної енергетики» призводить до слабого зменшення фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Фактор «Відмова від атомної енергетики» має істотний вплив на фактор «Енергетична залежність від РФ», коефіцієнт впливу дорівнює 0,5. Підсилення фактору «Відмова від атомної енергетики» призводить до помітного збільшення фактору «Енергетична залежність від РФ».

Фактор «Відмова від атомної енергетики» має не достатньо суттєвий вплив на фактор «Європейська енергетична політика», коефіцієнт впливу дорівнює 0,3. Зростання фактору «Відмова від атомної енергетики» призводить до помірного зростання фактору «Європейська енергетична політика».

Фактор «Відмова від атомної енергетики» істотно впливає на фактор «Диверсифікація енергоресурсів», коефіцієнт впливу дорівнює 0,5. Збільшення фактору «Відмова від атомної енергетики» призводить до достатньо значимого збільшення фактору «Диверсифікація енергоресурсів».

Фактор «Відмова від атомної енергетики» має помірний вплив на фактор «Постачання СПГ із США до ЄС», коефіцієнт впливу дорівнює 0,3. Зростання фактору «Відмова від атомної енергетики» призводить до помітного зростання фактору «Постачання СПГ із США до ЄС».

### **Фактор «Енергетична безпека»**

Фактор «Енергетична безпека» має значний вплив на фактор ««Енергетична політика Німеччини»», коефіцієнт впливу дорівнює 0,7. Підсилення фактору «Енергетична безпека» призводить до значного зростання фактору «Енергетична політика Німеччини».

Фактор «Енергетична безпека» дуже сильно впливає на фактор «Відновлювальні джерела енергії», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Збільшення фактору «Енергетична безпека» призводить до сильного збільшення фактору «Відновлювальні джерела енергії».

Фактор «Енергетична безпека» має значний негативний вплив на фактор «Відмова від атомної енергетики», коефіцієнт впливу дорівнює  $-0,7$ . Підсилення фактору «Енергетична безпека» призводить до значного скорочення фактору «Відмова від атомної енергетики».

Фактор «Енергетична безпека» має достатній вплив на фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», коефіцієнт впливу дорівнює  $0,3$ . Підсилення фактору «Енергетична безпека» призводить до помітного зростання фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Фактор «Енергетична безпека» має відчутний негативний вплив на фактор «Енергетична залежність від РФ», коефіцієнт впливу дорівнює  $-0,7$ . Зростання фактору «Енергетична безпека» призводить до відчутного зменшення фактору «Енергетична залежність від РФ».

Фактор «Енергетична безпека» значно впливає на фактор «Європейська енергетична політика», коефіцієнт впливу дорівнює  $0,7$ . Зростання фактору «Енергетична безпека» призводить до значного зменшення фактору «Європейська енергетична політика».

Фактор «Енергетична безпека» сильно впливає на фактор «Диверсифікація енергоресурсів», коефіцієнт впливу дорівнює  $0,9$ . Підсилення фактору «Енергетична безпека» призводить до сильного зростання фактору «Диверсифікація енергоресурсів».

Фактор «Енергетична безпека» сильно впливає на фактор «Постачання СПГ із США до ЄС», коефіцієнт впливу дорівнює  $0,9$ . Зростання фактору «Енергетична безпека» призводить до сильного зростання фактору «Постачання СПГ із США до ЄС».

### **Фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ»**

Фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» істотно негативно впливає на фактор «Енергетична політика Німеччини», коефіцієнт впливу дорівнює  $-0,5$ . Зростання фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» призводить до істотного послаблення фактору «Енергетична політика Німеччини».

Фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» має помітний вплив на фактор «Відновлювальні джерела енергії», коефіцієнт впливу дорівнює 0,3. Зростання фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» призводить до помітного зростання фактору «Відновлювальні джерела енергії».

Фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» значуще негативно впливає на фактор «Відмова від атомної енергетики», коефіцієнт впливу дорівнює -0,7. Збільшення фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» призводить до достатньо значимого спадання фактору «Відмова від атомної енергетики».

Фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» істотно впливає на фактор «Енергетична безпека», коефіцієнт впливу дорівнює -0,5. Зростання фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» призводить до істотного послаблення фактору «Енергетична безпека».

Фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» вагомо впливає на фактор «Енергетична залежність від РФ», коефіцієнт впливу дорівнює 0,5. Підсилення фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» призводить до вагомого збільшення фактору «Енергетична залежність від РФ».

Фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» має сильний негативний вплив на фактор «Європейська енергетична політика», коефіцієнт впливу дорівнює -0,9. Підсилення фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» призводить до сильного скорочення фактору «Європейська енергетична політика».

Фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» має слабкий негативний вплив на фактор «Диверсифікація енергоресурсів», коефіцієнт впливу дорівнює -0,1. Підсилення фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» призводить до спадання фактору «Диверсифікація енергоресурсів».

Фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» вагомо впливає на фактор «Постачання СПГ із США до ЄС», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Підсилення фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» призводить до вагомого збільшення фактору «Постачання СПГ із США до ЄС».

**Фактор «Енергетична залежність від РФ»**

Фактор «Енергетична залежність від РФ» має сильний негативний вплив на фактор «Енергетична політика Німеччини», коефіцієнт впливу дорівнює -0,9. Зростання фактору «Енергетична залежність від РФ» призводить до сильного скорочення фактору «Енергетична політика Німеччини».

Фактор «Енергетична залежність від РФ» істотно негативно впливає на фактор «Відновлювальні джерела енергії», коефіцієнт впливу дорівнює -0,5. Збільшення фактору «Енергетична залежність від РФ» призводить до істотного зменшення фактору «Відновлювальні джерела енергії».

Фактор «Енергетична залежність від РФ» має сильний негативний вплив на фактор «Енергетична безпека», коефіцієнт впливу дорівнює -0,9. Збільшення фактору «Енергетична залежність від РФ» призводить до сильного спадання фактору «Енергетична безпека».

Фактор «Енергетична залежність від РФ» має сильний вплив на фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Підсилення фактору «Енергетична залежність від РФ» призводить до відчутного збільшення фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Фактор «Енергетична залежність від РФ» має сильний негативний вплив на фактор «Європейська енергетична політика», коефіцієнт впливу дорівнює -0,9. Збільшення фактору «Енергетична залежність від РФ» призводить до сильного спаду фактору «Європейська енергетична політика».

Фактор «Енергетична залежність від РФ» має сильний вплив на фактор «Диверсифікація енергоресурсів», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Підсилення фактору «Енергетична залежність від РФ» призводить до сильного збільшення фактору «Диверсифікація енергоресурсів».

Фактор «Енергетична залежність від РФ» має сильний вплив на фактор «Постачання СПГ із США до ЄС», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Підсилення фактору «Енергетична залежність від РФ» призводить до сильного збільшення фактору «Постачання СПГ із США до ЄС».

**Фактор «Європейська енергетична політика»**

Фактор «Європейська енергетична політика» істотно впливає на фактор ««Енергетична політика Німеччини»», коефіцієнт впливу дорівнює 0,5. Підсилення фактору «Європейська енергетична політика» призводить до істотного зростання фактору ««Енергетична політика Німеччини»».

Фактор «Європейська енергетична політика» має вагомий вплив на фактор «Відновлювальні джерела енергії», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Збільшення фактору «Європейська енергетична політика» призводить до сильного збільшення фактору «Відновлювальні джерела енергії».

Фактор «Європейська енергетична політика» помітно негативно впливає на фактор «Відмова від атомної енергетики», коефіцієнт впливу дорівнює -0,3. Підсилення фактору «Європейська енергетична політика» призводить до помірного спадання фактору «Відмова від атомної енергетики».

Фактор «Європейська енергетична політика» негативно слабо впливає на фактор «Енергетична безпека», коефіцієнт впливу дорівнює -0,1. Зростання фактору «Європейська енергетична політика» призводить до достатньо спадання фактору «Енергетична безпека».

Фактор «Європейська енергетична політика» істотно негативно впливає на фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», коефіцієнт впливу дорівнює -0,5. Збільшення фактору «Європейська енергетична політика» призводить до істотного спадання фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Фактор «Європейська енергетична політика» має сильний негативний вплив на фактор «Енергетична залежність від РФ», коефіцієнт впливу дорівнює -0,9. Підсилення фактору «Європейська енергетична політика» призводить до сильного зменшення фактору «Енергетична залежність від РФ».

Фактор «Європейська енергетична політика» має істотний вплив на фактор «Диверсифікація енергоресурсів», коефіцієнт впливу дорівнює 0,5. Підсилення фактору «Європейська енергетична політика» призводить до відносно відчутного збільшення фактору «Диверсифікація енергоресурсів».

Фактор «Європейська енергетична політика» значно впливає на фактор «Постачання СПГ із США до ЄС», коефіцієнт впливу дорівнює 0,7. Підсилення

фактору «Європейська енергетична політика» призводить до значного збільшення фактору «Постачання СПГ із США до ЄС».

### **Фактор «Диверсифікація енергоресурсів»**

Фактор «Диверсифікація енергоресурсів» істотно впливає на фактор ««Енергетична політика Німеччини»», коефіцієнт впливу дорівнює 0,5. Підсилення фактору «Російсько-українські відносини» призводить до істотного спадання фактору ««Енергетична політика Німеччини»».

Фактор «Диверсифікація енергоресурсів» вагомо впливає на фактор «Енергетична безпека», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Підсилення фактору «Диверсифікація енергоресурсів» призводить до сильного зростання фактору «Енергетична безпека».

Фактор «Диверсифікація енергоресурсів» слабо негативно впливає на фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», коефіцієнт впливу дорівнює -0,1. Збільшення фактору «Диверсифікація енергоресурсів» призводить до слабого спадання фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Фактор «Диверсифікація енергоресурсів» істотно негативно впливає на фактор «Енергетична залежність від РФ», коефіцієнт впливу дорівнює -0,5. Збільшення фактору «Диверсифікація енергоресурсів» призводить до помітного зменшення фактору «Енергетична залежність від РФ».

Фактор «Диверсифікація енергоресурсів» має вагомий вплив на фактор «Європейська енергетична політика», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Зростання фактору «Диверсифікація енергоресурсів» призводить до вагомого збільшення фактору «Європейська енергетична політика».

Фактор «Диверсифікація енергоресурсів» має вагомий вплив на фактор «Постачання СПГ із США до ЄС», коефіцієнт впливу дорівнює 0,9. Зростання фактору «Диверсифікація енергоресурсів» призводить до відносно відчутного збільшення фактору «Постачання СПГ із США до ЄС».

### **Фактор «Постачання ЗПГ із США до ЄС»**

Фактор «Постачання ЗПГ із США до ЄС» істотно негативно впливає на фактор ««Енергетична політика Німеччини»», коефіцієнт впливу дорівнює  $-0,5$ . Зростання фактору «Постачання ЗПГ із США до ЄС» призводить до помітного зменшення фактору «Співробітництво України та Казахстану».

Фактор «Постачання ЗПГ із США до ЄС» має слабкий вплив на фактор «Енергетична безпека», коефіцієнт впливу дорівнює  $0,1$ . Підсилення фактору «Постачання ЗПГ із США до ЄС» призводить до слабого зростання фактору «Енергетична безпека».

Фактор «Постачання ЗПГ із США до ЄС» має сильний негативний вплив на фактор «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», коефіцієнт впливу дорівнює  $-0,9$ . Зростання фактору «Постачання ЗПГ із США до ЄС» призводить до сильного послаблення фактору «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Фактор «Постачання ЗПГ із США до ЄС» значуще впливає на фактор «Енергетична залежність від РФ», коефіцієнт впливу дорівнює  $-0,9$ . Підсилення фактору ««Постачання ЗПГ із США до ЄС»» призводить до сильного зменшення фактору «Енергетична залежність від РФ».

Фактор «Постачання ЗПГ із США до ЄС» має значний вплив на фактор «Європейська енергетична політика», коефіцієнт впливу дорівнює  $0,7$ . Зростання фактору «Постачання ЗПГ із США до ЄС» призводить до відносно відчутного збільшення фактору «Європейська енергетична політика».

Фактор «Постачання ЗПГ із США до ЄС» має сильний вплив на фактор «Диверсифікація енергоресурсів», коефіцієнт впливу дорівнює  $0,9$ . Зростання фактору «Постачання ЗПГ із США до ЄС» призводить до вагомого посилення фактору «Диверсифікація енергоресурсів».

Відповідно була побудована модель, наведена на рисунку 3.1.

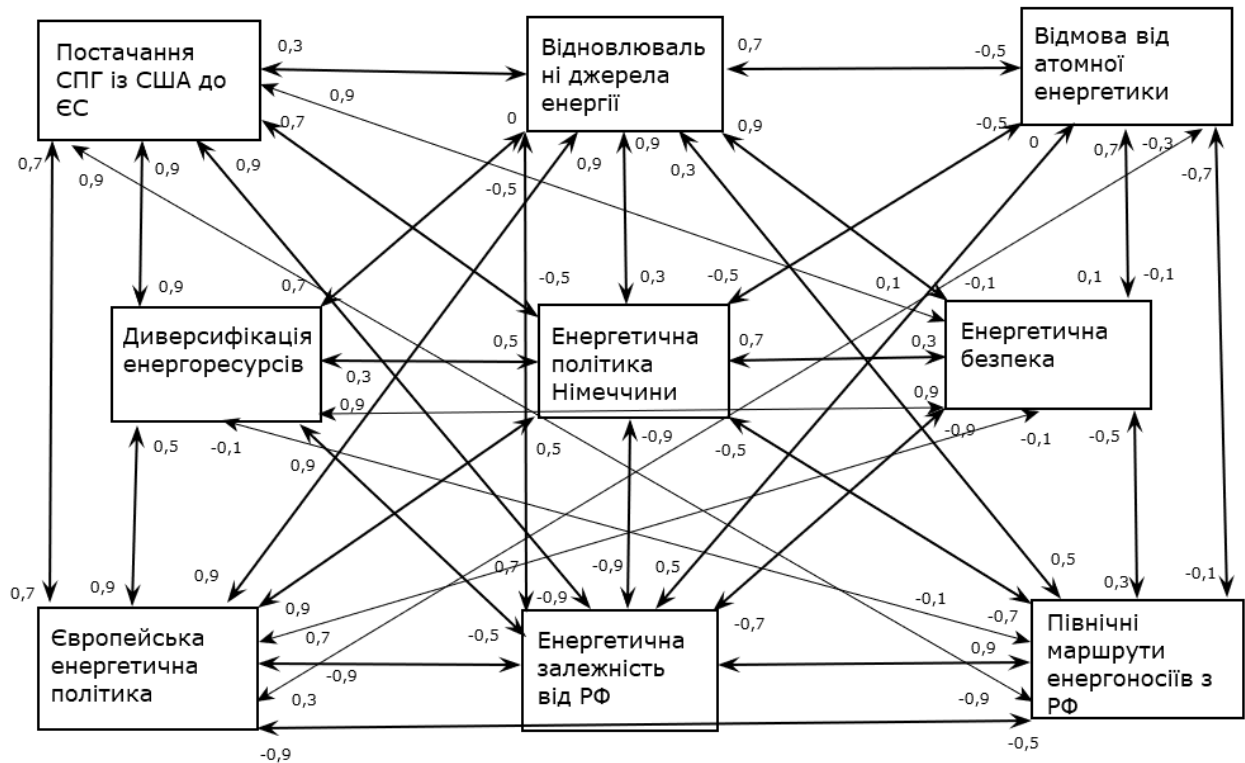


Рисунок 3.1 – Когнітивна модель енергетичної політики Німеччини

### 3.2 Когнітивне моделювання енергетичної політики Німеччини

У результаті моделювання потрібно визначити характеристики факторів і їх вплив на систему. Для цього необхідно розрахувати узагальненого коефіцієнту зворотного зв'язку. Завдяки цьому можна буде дати визначити які з факторів є стабілізуючими, тобто, які утримують систему у стані рівноваги і опираються будь-яким змінам, а які фактори є дестабілізуючими, такими які сприяють змінам у системі і виводять її із стану рівноваги. Оцінки впливу факторів когнітивної моделі енергетичної політики Німеччини наведено у матриці їх взаємодії (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Вихідна матриця взаємодії факторів когнітивної моделі

	Енергетична політика Німеччини	Відновлювальні джерела енергії	Відмова від атомної енергетики	Енергетична безпека	Північні маршрути енергоносіїв з РФ	Енергетична залежність від РФ	Європейська енергетична політика	Диверсифікація енергоресурсів	Постачання СПГ із США до ЄС
Енергетична політика Німеччини	0	0,9	-0,5	0,3	-0,7	-0,9	0,9	0,3	0,7
Відновлювальні джерела енергії	0,3	0	-0,5	-0,1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,3
Відмова від атомної енергетики	-0,5	0,7	0	-0,1	-0,1	0,5	0,3	0,5	0,3
Енергетична безпека	0,7	0,9	-0,7	0	0,3	-0,7	0,7	0,9	0,9
Північні маршрути енергоносіїв з РФ	-0,5	0,3	-0,7	-0,5	0	0,5	-0,9	-0,1	0,9
Енергетична залежність від РФ	-0,9	-0,5	0	-0,9	0,9	0	-0,9	0,9	0,9
Європейська енергетична політика	0,5	0,9	-0,3	-0,1	-0,5	-0,9	0	0,5	0,7
Диверсифікація енергоресурсів	0,5	0	0	0,9	-0,1	-0,5	0,9	0	0,9
Постачання СПГ із США до ЄС	-0,5	0	0	0,1	-0,9	-0,9	0,7	0,9	0

Значення узагальненого коефіцієнту зворотного зв'язку для кожного фактору визначено за формулою:

$$R_v = \sum_i^m R_i, \quad (3.1)$$

де  $m$  - число циклів (контурів зворотного зв'язку), що генерується змінною або фактором, який обраний у якості "входу",

$R_v$  - загальний коефіцієнт зворотного зв'язку  $v$ -го "входу" системи,

$R_i$  - коефіцієнт зворотного зв'язку  $i$ -го циклу системи.

Всі необхідні розрахунки проводилися за допомогою програми «Insight», отримані результати розрахунків приведені у таблиці 3.3. Аналіз значень узагальнених контурів зворотного зв'язку для обраних факторів системи, які

розташовані на головній діагоналі матриці результатів (див. таблицю 3.3) показує, що вони більше за 1. Тому отриману матрицю необхідно нормалізувати. Для нормалізації зменшено масштаб отриманих результатів, розділивши всі значення матриці на стале число, у даному випадку – 41. Результати нормалізованої таким чином матриці приведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків когнітивної моделі енергетичної політики Німеччини

	Енергетична політика Німеччини	Відновлювальні джерела енергії	Відмова від атомної енергетики	Енергетична безпека	Північні маршрути енергоносіїв з РФ	Енергетична залежність від РФ	Європейська енергетична політика	Диверсифікація енергоресурсів	Постачання СПГ із США до ЄС
Енергетична політика Німеччини	32,04	4,31	-15,7	11,82	-11,02	-18,53	13,17	17,92	6,61
Відновлювальні джерела енергії	14,46	13,49	-14,77	6,67	-18,45	-5,33	8,55	-2,93	-4,6
Відмова від атомної енергетики	21,83	35,21	-40,12	4,35	10,52	3,69	3,99	-15,28	-12,55
Енергетична безпека	5,53	24,21	-17,16	35,32	-24,13	-18,07	14,46	7,94	3,38
Північні маршрути енергоносіїв з РФ	-7,28	11,63	21,87	-2,34	12,59	12,21	-0,32	-1,48	-5,45
Енергетична залежність від РФ	30,85	-4,86	6,97	-5,65	8,21	-30,02	-4,88	-12,02	-11,9
Європейська енергетична політика	7,22	12,36	-18,05	5,53	-10,08	-9,96	41	5,3	3,01
Диверсифікація енергоресурсів	11,41	45,62	-42,13	8,71	-17,53	-14,55	22,68	30,83	9,67
Постачання СПГ із США до ЄС	17,86	43,94	-47,2	10,13	-7,8	-13,83	19,25	9,78	23,45

Таблиця 3.4 – Нормалізовані результати розрахунків когнітивної моделі енергетичної політики Німеччини

	Енергетична політика Німеччини	Відновлювальні джерела енергії	Відмова від атомної енергетики	Енергетична безпека	Північні маршрути енергоносіїв з РФ	Енергетична залежність від РФ	Європейська енергетична політика	Диверсифікація енергоресурсів	Постачання СПГ із США до ЄС
Енергетична політика Німеччини	0,39	0,05	-0,19	0,14	-0,13	-0,23	0,16	0,22	0,08
Відновлювальні джерела енергії	0,18	0,16	-0,18	0,08	-0,23	-0,07	0,10	-0,04	-0,06
Відмова від атомної енергетики	-0,27	0,43	-0,49	0,05	0,13	0,05	0,05	-0,19	-0,15
Енергетична безпека	0,07	0,30	-0,21	0,43	-0,29	-0,22	0,18	0,10	0,04
Північні маршрути енергоносіїв з РФ	-0,09	-0,14	0,27	-0,03	0,15	0,15	0,00	-0,02	-0,07
Енергетична залежність від РФ	-0,38	-0,06	0,09	-0,07	0,10	-0,37	-0,06	-0,15	-0,15
Європейська енергетична політика	0,09	0,15	-0,22	0,07	-0,12	-0,12	0,50	0,06	0,04
Диверсифікація енергоресурсів	0,14	0,56	-0,51	0,11	-0,21	-0,18	0,28	0,38	0,12
Постачання СПГ із США до ЄС	0,22	0,54	-0,58	0,12	-0,10	-0,17	0,23	0,12	0,29

Отримані у результаті розрахунків значення узагальнених коефіцієнтів зворотного зв'язку показані на рисунку 3.2

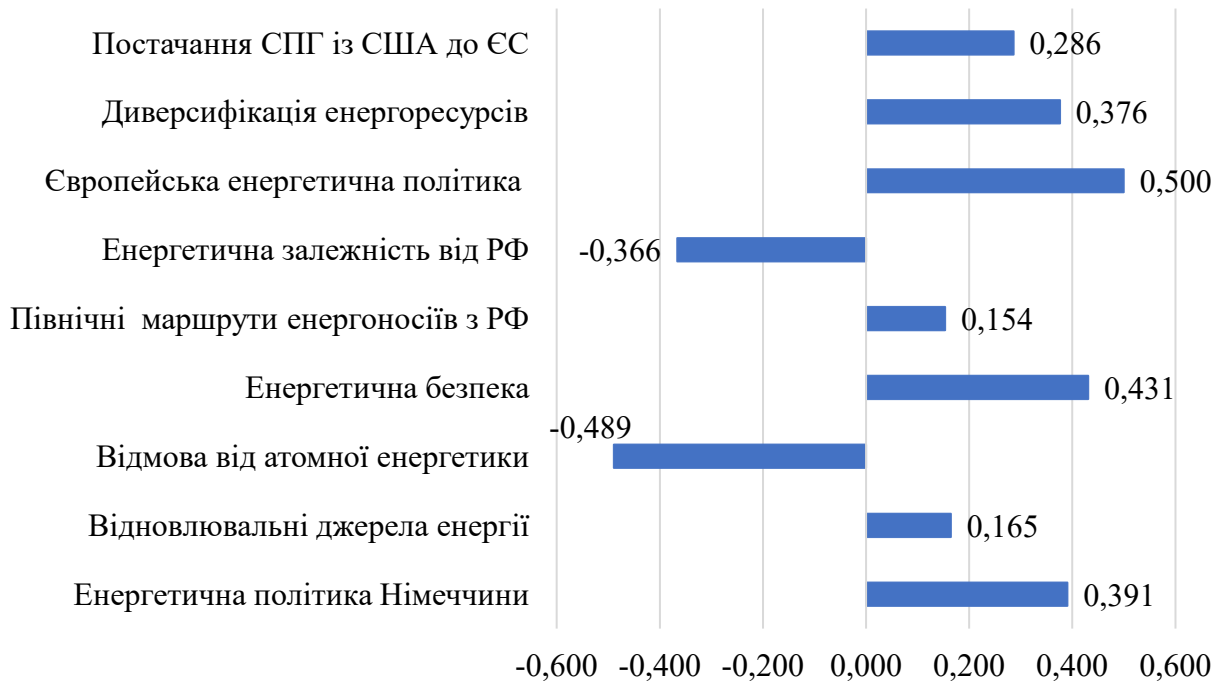


Рисунок 3.2 – Значення узагальнених коефіцієнтів зворотного зв'язку когнітивної моделі енергетичної політики Німеччини

Дестабілізуючими факторами в системі виступають фактори: «Енергетична політика Німеччини», коефіцієнт зворотного зв'язку якого складає (0,391); «Відновлювальні джерела енергії» з узагальненим коефіцієнтом (0,165); «Енергетична безпека» з коефіцієнтом зворотного зв'язку рівним (0,431); «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» з коефіцієнтом (0,154); «Європейська енергетична політика» з узагальненим коефіцієнтом (0,5); «Диверсифікація енергоресурсів», коефіцієнт зв'язку якого має значення (0,376); «Постачання ЗПГ із США до ЄС» з узагальненим коефіцієнтом (0,286). Найбільший дестабілізуючий вплив на систему чинить фактор «Європейська енергетична політика» (0,5) і «Енергетична безпека» (0,431). Вказані фактори є чутливими до змін і будь-який вплив на них, як у бік посилення, так і бік послаблення буде посилюватись всією системою, виводячи її зі стану рівноваги. Тому, у такій чутливій системі взаємодії факторів необхідно приймати зважені дії стосовно впливу на фактори та керування ними.

Стабілізуючими факторами є: фактор «Відмова від атомної енергетики» з узагальненим коефіцієнтом (-0,489); фактор «Енергетична залежність від РФ» з

узагальненим коефіцієнтом (-0,366). При проведенні імпульсу через ці фактори система буде опиратися таким змінам. Тобто напрямок енергетичної політики Німеччини, спрямований на незалежність від енергоносіїв з РФ, є геополітичним рішенням. При відмові від обраного вектору політики, система буде опиратися таким змінам.

Отримані значення дають лише уявлення про характер поведінки системи. Для виявлення впливу факторів системи на цільовий необхідно підрахувати приведені коефіцієнти впливу за формулою (3.3), що враховують реакцію системи. Реакція системи – це протидія або сприяння будь яким змінам фактору системи.

Для визначення впливу факторів системи, який враховує її реакцію необхідно використати формулу:

$$K_{ij} = K_{ij} \cdot \frac{1}{1-R_i}, \quad (3.3)$$

де  $K_{ij}$  - приведений коефіцієнт впливу  $i$ -го фактору на  $j$ -й фактор системи, що враховує реакцію системи на зміни у факторі  $i$ ;

$K_{ij}$  - коефіцієнт впливу  $i$ -го фактору на  $j$ -й фактор системи, який отримується з нормалізованої матриці розрахунків (табл. 3.4);

$R_i$  - нормалізоване значення узагальненого коефіцієнта зворотного зв'язку  $i$ -го фактору системи.  $R_i$  - в нормалізованій таблиці 3.4 розташовані на головній діагоналі.

Результати обчислень представлені на рисунку 3.3.

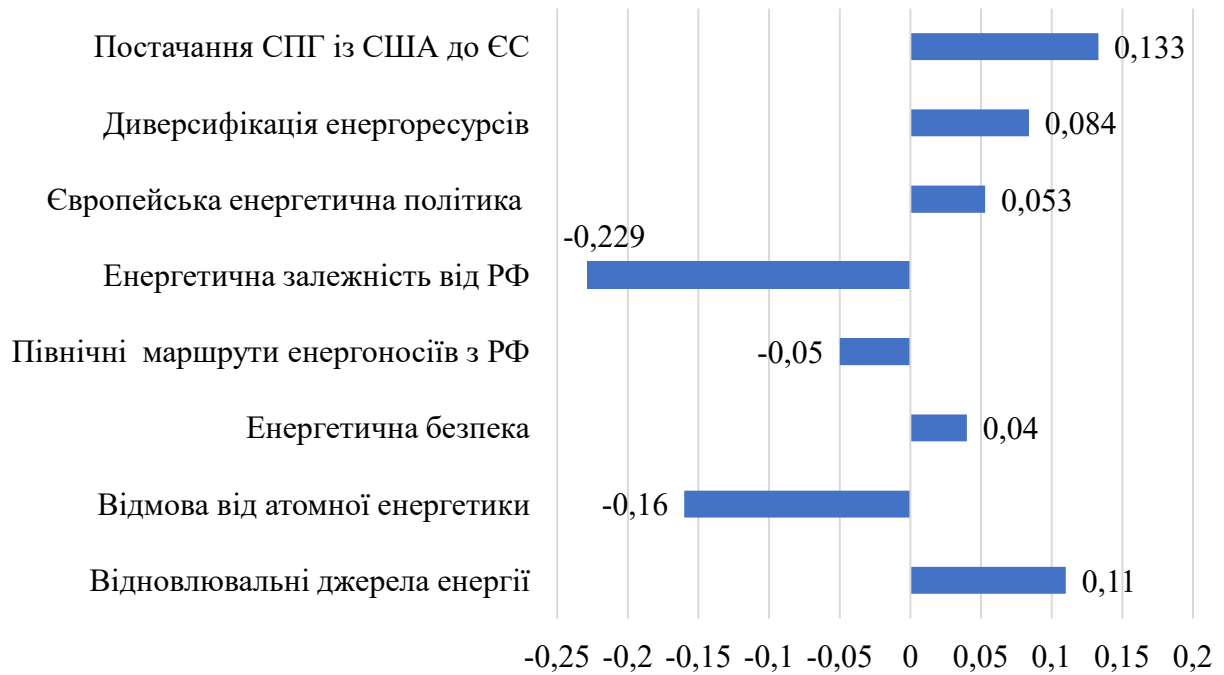


Рисунок 3.3 – Коефіцієнти впливу факторів системи на цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини»

Отримані результати когнітивного моделювання свідчать, що покращення фактору «Енергетична політика Німеччини» на сучасному етапі розвитку ситуації залежить від факторів «Постачання СПГ із США до ЄС» (0,133), «Диверсифікація енергоресурсів» (0,084), «Європейська енергетична політика» (0,053), «Відновлювальні джерела енергії» (0,11) і «Енергетична безпека» (0,04).

Якісний аналіз впливу факторів системи на цільовий «Енергетична політика Німеччини» вказує на те, що найбільший позитивний вплив на цільовий чинить фактор «Постачання СПГ із США до ЄС» з коефіцієнтом впливу (0,133). Це означає, що при збільшенні цього фактору буде посилюватися цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини», але у тому випадку, якщо США зможуть постачати скраплений природний газ у необхідному обсязі для економіки Німеччини. Поки цього немає, це може означати зміну вектору і бажання позбутися енергетичної залежності від РФ. Негативно на цільовий фактор впливають фактори «Відмова від атомної енергетики» (-0,16), «Енергетична залежність від РФ» (-0,229), «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» (-0,05).

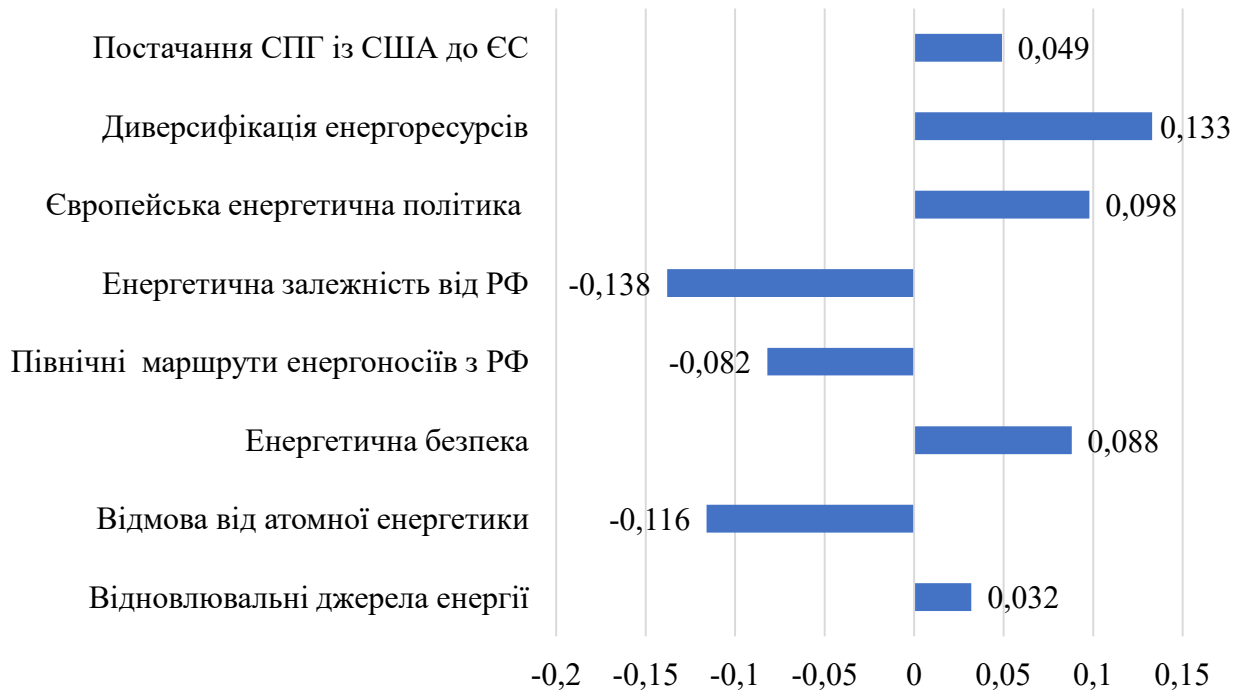


Рисунок 3.4 – Коефіцієнти впливу цільового фактору «Енергетична політика Німеччини» на фактори системи

Як видно з представлених результатів моделювання (рис. 3.4) цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» позитивно впливає на фактори «Відновлювальні джерела енергії» (0,032), «Енергетична безпека» (0,088), «Європейська енергетична політика» (0,098), «Диверсифікація енергоресурсів» (0,133), «Постачання СПГ із США до ЄС» (0,049). Найбільш позитивний вплив цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» чинить на фактор «Диверсифікація енергоресурсів». Цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» негативно впливає на фактори «Відмова від атомної енергетики» (-0,116), «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» (-0,082), «Енергетична залежність від РФ» (-0,138). Цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» найбільш негативно впливає на фактор «Енергетична залежність від РФ» (-0,138), що пояснює обраний курс Німеччини на енергетичну незалежність від постачання енергоресурсів з РФ.

### 3.3 Сценарний підхід у прогнозуванні енергетичної політики Німеччини

Проведений аналіз впливу факторів у межах когнітивного моделювання дозволяє розробити сценарії розвитку системи та представити за яких умов цільовий фактор може розвиватись найкраще. Тому було застосовано сценарний підхід, для визначення можливих змін цільового фактору з подачею імпульсів до факторів системи (Таблиця 3.5).

Таблиця 3. 5 – Сценарії з подачею одиничних імпульсів до системи

	Відновлювальні джерела енергії	Відмова від атомної енергетики	Енергетична безпека	Північні маршрути енергоносіїв з РФ	Енергетична залежність від РФ	Європейська енергетична політика	Диверсифікація енергоресурсів	Постачання СПГ із США до ЄС	Результати змін
Сценарій 1		-1			-1				19,45%
Сценарій 2	1				-1				16,95%
Сценарій 3				-1	-1				13,95%
Сценарій 4	1							1	12,15%
Сценарій 5	1	-1	1	-1	-1				11,78%
Сценарій 6	1	-1	1	-1	-1		1	1	11,51%
Сценарій 7	1								11,00%
Сценарій 8							1	1	10,85%
Сценарій 9		-1				1			10,65%
Сценарій 10		-1		-1					10,50%
Сценарій 11	1						1		9,70%
Сценарій 12						1		1	9,30%
Сценарій 13							1		8,40%
Сценарій 14	1					1			8,15%
Сценарій 15	1		1						7,50%
Сценарій 16						1	1		6,85%
Сценарій 17						1			5,30%
Сценарій 18				-1					5,00%
Сценарій 19				1				1	4,15%
Сценарій 20	1			1					3,00%
Сценарій 21				1			1		1,70%
Сценарій 22				1		1			0,15%
Сценарій 23		1						1	-1,35%
Сценарій 24	1	1							-2,50%
Сценарій 25		1	1						-6,00%

У таблиці прийняті наступні умовні позначення: число 1 вказує, що цей фактор буде посилюватись, число «-1» - фактор буде послаблюватись, у всіх інших випадках - фактор не буде змінюватись і залишиться на тому ж рівні, як був до застосування сценаріїв. Для того, щоб було можливо порівнювати одночасно дію різної кількості факторів на цільовий фактор результати спільної дії осереднювались.

Найкращі сценарії впливу керуючих факторів системи на цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» представлені на рис.3.5. У представлених найкращих сценаріях імпульс подавався одночасно у два фактори.

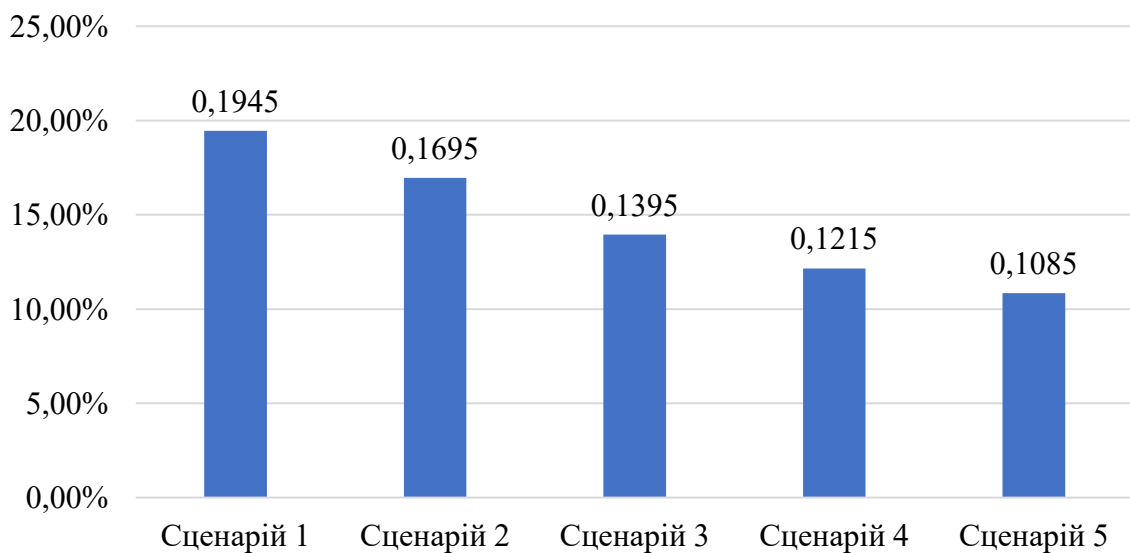


Рисунок 3.5 – Вплив факторів системи на цільовий – «Енергетична політика Німеччини» за різними сценаріями

Сценарій 1. Одиничний негативний імпульс подавався на фактор «Відмова від атомної енергетики» і «Енергетична залежність від РФ». Вплив розглядався негативний, тобто сценарій де Німеччина відновила би свою атомну енергетику і позбулася би енергетичної залежності від РФ. Як показали обрахунки це найкращий сценарій для виходу Німеччини з енергетичної кризи. міг би стати.

Сценарій 2. Одиничний позитивний імпульс подавався у фактор «Відновлювальні джерела енергії» і негативний імпульс у фактор «Енергетична залежність від РФ». У цьому випадку Німеччина продовжує інвестувати і розвивати

відновлювальні джерела енергії і стає незалежною від постачання енергоресурсів з РФ.

Сценарій 3. Одиничний негативний імпульс подавався у фактори «Північні маршрути енергоносіїв з РФ» і «Енергетична залежність від РФ». Німеччина у цьому випадку повністю позбавляється залежності від північних маршрутів постачання енергоносіїв з РФ і отримує незалежність від енергоресурсів РФ.

Сценарій 4. Одиничний позитивний імпульс подавався у фактори «Відновлювальні джерела енергії» і «Постачання СПГ із США до ЄС». Німеччина інтенсифікує інвестиції і розвиток відновлювальних джерел енергії і отримує необхідні для економіки об'єми енергоресурсів з США.

Сценарій 8. Одиничний позитивний імпульс подавався у фактори «Диверсифікація енергоресурсів» і «Постачання СПГ із США до ЄС». Сценарій, коли уряд Німеччини зосереджується на пошуку нових постачальників енергоресурсів і глибоко взаємодіє у цьому питанні з США. У цьому випадку США має постачати необхідні для економіки Німеччини об'єми енергоресурсів.

Сучасний кризовий стан розвитку ситуації навколо постачання енергоресурсів обумовлений тим, що відновлювальні джерела енергії не змогли задовільнити необхідний обсяг для економіки Німеччини в силу змін погодних умов, і неможливістю поки диверсифікувати енергоресурси від інших постачальників. У грудні 2022 року у Німеччині закрили останню атомну електростанцію. Енергетична криза спостерігається і в інших країнах ЄС. Щоб утриматися від кризи ряд країн повертається до старих джерел енергопостачання, Німеччина поки утримується від таких заходів.

### 3.4 Прогнозування рівня енергопродуктивності в Німеччині

Для прогнозування енергетичної політики Німеччини був обраний показник енергопродуктивності. Енергопродуктивність є результатом ділення валового внутрішнього продукту (ВВП) на валову доступну енергію за певний календарний рік. Він вимірює продуктивність споживання енергії та дає картину ступеня відокремлення використання енергії від зростання ВВП. Для розрахунку енергопродуктивності Євростат використовує ВВП або в мільйонах євро в обсягах, прив'язаних до базового 2010 року (за обмінним курсом 2010 року), або в мільйонних одиницях стандартів купівельної спроможності (ПКС). Одиниця євро в ланцюжкових обсягах дозволяє спостерігати за тенденціями продуктивності енергії протягом певного часу в одній географічній зоні, тоді як одиниця PPS дозволяє порівнювати країни за той самий рік. Валова доступна енергія розраховується як: первинне виробництво + відновлені та перероблені продукти + імпорт – експорт + зміни запасів.

Таблиця 3.6 – Зміна показника енергопродуктивності в Німеччині по роках [38]

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Енергопродуктивність	8,616	8,699	8,829	9,026	9,346	9,660	9,975	10,28

Спочатку був виділений тренд за формулою:

$$z(x) = y_t - t_r \quad (3.3)$$

де  $y_t$ - вихідні дані,  $t_r$  - значення тренду, яке знаходимо за допомогою пакету MS Excel. Рівняння тренду було знайдено за трьома залежностями для побудови песимістичного, оптимістичного та реалістичного прогнозів.

Для побудови песимістичного прогнозу було обрано лінійний тренд з  $R^2 = 0,9759$ , який описується наступною формулою:

$$t_r = 0,2561 x + 7,8864 \quad (3.4)$$

де  $x$  – час, що вимірюється, починаючи з 1. За перший зріз у моделі прийнято 2014 рік.

Для побудови оптимістичного прогнозу було обрано поліноміальний тренд з  $R^2 = 0,9811$ , який описується наступною формулою:

$$t_r = 0,0083 x^2 + 0,1733 x + 8,0383 \quad (3.5)$$

Аналіз циклічної компоненти проводився за допомогою гармонійного аналізу. Спочатку видалявся тренд, за якого робився перехід від абсолютного часу до штучного. Час переводився у радіанну міру за формулою:

$$x = \frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot x \quad (3.6)$$

де  $N$  – кількість спостережень;  $x$  – поточний час (штучний).

Кількість гармонік визначалися за формулою:

$$m = \frac{N}{2} \quad (3.7)$$

де  $m$  - загальна кількість гармонік,  $N$  – кількість спостережень.

Так як дані взято за 8 років, то кількість гармонік дорівнює 4. Невідомі параметри  $b_k$ ,  $a_k$ ,  $a_0$  знаходилися за формулами Беселя:

$$a_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i; \quad (3.8)$$

$$a_k = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N z_i \cos(kx); \quad (3.9)$$

$$b_k = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N z_i \sin(kx), \quad (3.10)$$

де  $k$  - номер гармоніки,

$x$  - час, представлений у радіанній мірі;  $b_k$ ,  $a_k$ ,  $a_0$  - невідомі параметри,

$N$  – кількість спостережень.

Отримані у результаті застосування формул (3.8) – (3.10) значення коефіцієнтів  $b_k$ ,  $a_k$  зведено у таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 - Результати обчислень коефіцієнтів  $b_k$ ,  $a_k$  за формулами Беселя для прогнозування енергоефективності в Німеччині.

Номер гармоніки $k$	Значення коефіцієнтів			
	Лінійний тренд (песимістичний прогноз)		Поліноміальний тренд (оптимістичний прогноз)	
	$a_k$	$b_k$	$a_k$	$b_k$
1	0,01346	0,325431	0,07836	0,48036
2	0,016217	0,358051	0,26272	0,480235
3	0,183274	0,26308	0,210458	0,182502
4	0,1403	7,26E -16	0,3127	1,17E -17

$z^{\text{теор}}(t)$  знаходилося шляхом розкладання вихідних даних циклічної компоненти у ряд Фур'є за формулою:

$$z^{\text{теор}}(x) = a_0 + \sum_{k=1}^m (a_k \cdot \cos(kx) + b_k \cdot \sin(kx)), \quad (3.11)$$

де  $m$  – кількість гармонік ряду Фур'є,  $k$  – номер гармоніки,  $x$  – час,  $b_k$ ,  $a_k$ ,  $a_0$  - параметри, значення яких представлені в таблиці 3.7.

$Y^{\text{теор}}$  знаходилося з формули (3.4)

$$Y^{\text{теор}} = z^{\text{теор}}(x) + tr. \quad (3.12)$$

Для побудови моделі, яка відповідатиме реалістичній оцінці і представляє собою зважену суму оптимістичної та песимістичної оцінок, визначалися вагові коефіцієнти, що відповідали рівню адекватності моделей за формулою:

$$b_i = \frac{R_i^2}{\sum_{i=1}^2 R_i^2}, \quad (3.13)$$

де  $b_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -ої моделі із рівнем адекватності  $R_i^2$ .

Для песимістичної моделі за формулою (3.13) значення коефіцієнта: 0,9811

$$b_1 = \frac{0,9759}{0,9759 + 0,9811} = 0,498$$

Для оптимістичної моделі значення вагового коефіцієнта:

$$b_2 = \frac{0,9811}{0,9811 + 0,9759} = 0,511$$

Із врахуванням знайдених вагових коефіцієнтів регресійна реалістична модель запишеться у вигляді:

$$Y^{\text{реал}} = b_1 \cdot Y^{\text{оптим}} + b_2 \cdot Y^{\text{песим}} = 0,511 \cdot Y^{\text{оптим}} + 0,498 \cdot Y^{\text{песим}} \quad (3.14)$$

де  $Y^{\text{оптим}}$  та  $Y^{\text{песим}}$  - оптимістичні та песимістичні прогнози,

$b_1$  та  $b_2$  – вагові коефіцієнти, визначені за формулою (3.10).

Із врахуванням формул (3.4), (3.5) та (3.14) було отримано загальне рівняння для побудови реалістичного прогнозу:

$$Y^{\text{теор}} = 0,0424 x^2 - 0,2161 x + 8,035 + \sum_{k=1}^m \left( a_k \cdot \cos \left( x \cdot \frac{2 \cdot \pi}{8} \cdot x \right) + b_k \cdot \sin \left( k \cdot \frac{2 \cdot \pi}{8} \cdot x \right) \right)$$

За отриманими рівняннями були отримані прогнозовані дані (рис. 3.6, табл. 3.8).

Таблиця 3.8– Прогноз показника енергопродуктивності Німеччини

Рік	млн. дол.			% зростання до попереднього року		
	Песиміст.	Оптиміст.	Реаліст.	Песиміст.	Оптиміст.	Реаліст.
2021	10,2	11,0	10,5	-0,82	6,72	2,08
2022	10,4	11,4	10,9	2,23	4,20	4,07
2023	10,8	11,8	11,4	3,23	2,95	4,00

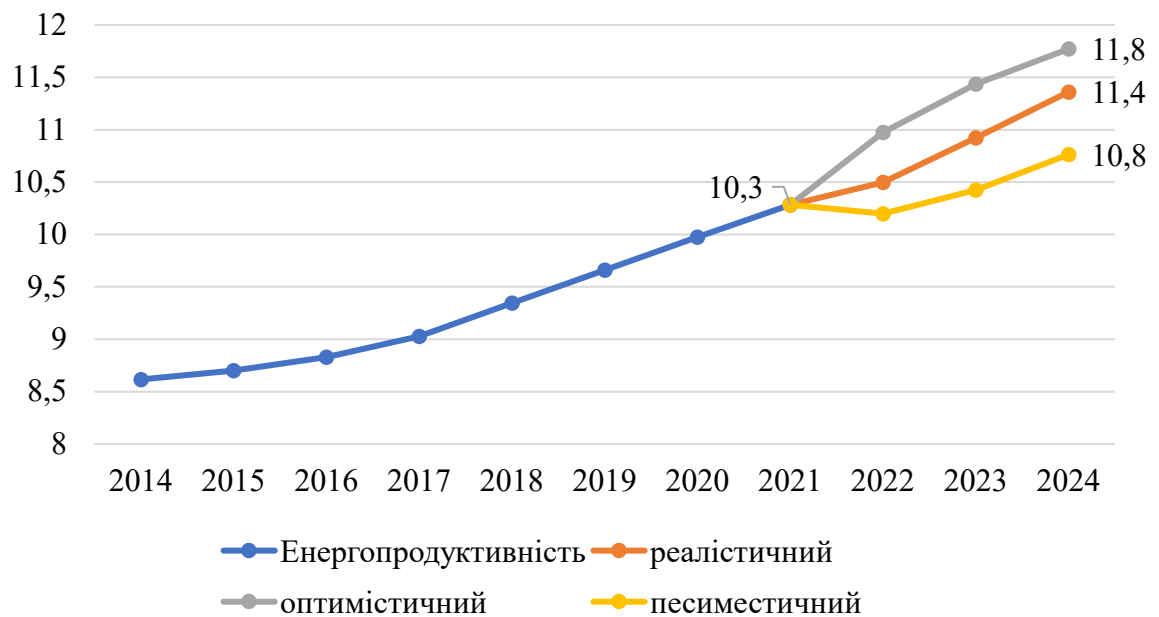


Рисунок 3.6 – Прогноз показника енергопродуктивності Німеччини

При реалістичному прогнозі показник енергопродуктивності Німеччини зросте у 2022 році на 2,08%, у наступні 2 роки буде зростати на 4% щороку. При оптимістичному прогнозі показник енергопродуктивності в 2022 році зросте на 6,72%, у 2023 році зросте на 4,2%, а у 2024 році зросте на 2,95%. При песимістичному прогнозі показник енергопродуктивності впаде на 0,82% у 2022 році, у 2023 році збільшиться на 2,23%, у 2024 році – на 3,23%. Таким чином показника

енергопродуктивності Німеччини найближчі роки залишиться високим і буде поступово зростати.

### **Висновок до розділу:**

Когнітивне моделювання дало можливість встановити фактори, вплив через які будуть змінювати систему енергетичної політики Німеччини. Дестабілізуючими факторами в системі виступають фактори: «Енергетична політика Німеччини», «Відновлювальні джерела енергії», «Енергетична безпека», «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», «Європейська енергетична політика», «Диверсифікація енергоресурсів», «Постачання ЗПГ із США до ЄС». Найбільший дестабілізуючий вплив на систему чинить фактор «Європейська енергетична політика» і «Енергетична безпека». Вказані фактори є чутливими до змін і будь-який вплив на них, як у бік підсилення, так і бік послаблення буде посилюватись всією системою, виводячи її зі стану рівноваги. Тому, у такій чутливій системі взаємодії факторів необхідно приймати зважені дії стосовно впливу на фактори та керування ними.

Стабілізуючими є фактор «Відмова від атомної енергетики» і фактор «Енергетична залежність від РФ». При проведенні імпульсу через ці фактори система буде опиратися таким змінам. Тобто напрямок енергетичної політики Німеччини, спрямований на незалежність від енергоносіїв з РФ.

Отримані результати когнітивного моделювання свідчать, що покращення фактору «Енергетична політика Німеччини» на сучасному етапі розвитку ситуації залежить від факторів «Постачання СПГ із США до ЄС», «Диверсифікація енергоресурсів», «Європейська енергетична політика», «Відновлювальні джерела енергії» і «Енергетична безпека».

Якісний аналіз впливу факторів системи на цільовий «Енергетична політика Німеччини» вказує на те, що найбільший позитивний вплив на цільовий чинить фактор «Постачання СПГ із США до ЄС» з коефіцієнтом впливу (0,133). Це

означає, що при збільшенні цього фактору буде посилюватися цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини», але у тому випадку, якщо США зможуть постачати скраплений природний газ у необхідному обсязі для економіки Німеччини. Поки цього немає, це може означати зміну вектору і бажання позбутися енергетичної залежності від РФ. Негативно на цільовий фактор впливають фактори «Відмова від атомної енергетики», «Енергетична залежність від РФ», «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Когнітивне моделювання показало, що цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» позитивно впливає на фактори «Відновлювальні джерела енергії», «Енергетична безпека», «Європейська енергетична політика», «Диверсифікація енергоресурсів», «Постачання СПГ із США до ЄС». Найбільш позитивний вплив цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» чинить на фактор «Диверсифікація енергоресурсів». Цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» негативно впливає на фактори «Відмова від атомної енергетики», «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», «Енергетична залежність від РФ». Цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» найбільш негативно впливає на фактор «Енергетична залежність від РФ», що пояснює обраний курс Німеччини на енергетичну незалежність від постачання енергоресурсів з РФ.

Прогнозування енергопродуктивності Німеччини при реалістичному прогнозі зросте у 2022 році на 2,08%, в наступні 2 роки буде зростати на 4% щороку. При оптимістичному прогнозі показник енергопродуктивності в 2022 році зросте на 6,72%, у 2023 році зросте на 4,2%, а у 2024 році зросте на 2,95%. При песимістичному прогнозі показник енергопродуктивності впаде на 0,82% у 2022 році, у 2023 році збільшиться на 2,23%, у 2024 році – на 3,23%. Таким чином показника енергопродуктивності Німеччини найближчі роки залишиться високим і буде поступово зростати. У 2020 році енергія вітру вперше стала найважливішим джерелом енергії у виробництві електроенергії з часткою 25,2%. Навпаки, споживання електроенергії від фотовольтаїки впало лише незначно на 0,5% до 8,7% у 2021 р. (див.рис.2.11).

## ВИСНОВКИ

Вплив нафтової кризи та холодна війна з її військовою напругою, аварії на АЕС Чорнобиль та Фукусіма глибоко вплинули на вибір німецького народу в галузі енергетики. Країна звернулася до відновлюваних джерел енергії та проактивної політики на підтримку енергоефективності.

Німеччина особливо постраждала від нафтової кризи 1970-х років. Між 1973 і 1975 роками рівень безробіття в Західній Німеччині зріс втричі, а потім знову піднявся після 1979 року. У Східній Німеччині безробіття офіційно не існувало, але криза також мала серйозний вплив. Західна Німеччина вирішила інвестувати у розвиток відновлюваних джерел енергії як спосіб відновити енергетичну незалежність, а також відродити економіку країни. Після возз'єднання 1989 року бажання інвестувати в майбутнє стало ще більш очевидним.

Сьогодні, незважаючи на те, що металургійна, машинобудівна та автомобільна промисловість залишаються найбільшimi в країні, відновлювані джерела енергії на шляху до того, щоб стати новою опорою німецької економіки. У 2010 році Німеччина стала другим у світі інвестором в енергетичний сектор після Китаю, вклавши понад 30 мільярдів євро.

Використання ядерної енергії завжди викликало суперечки в Німеччині. Поетапне припинення вперше було оголошено коаліційним урядом соціал-демократів, а потім відкладено урядом, де домінували християнські демократи, а потім його знову підтвердила канцлер Ангела Меркель у березні 2011 року одразу після аварії на Фукусімі. Відтоді ця активна реструктуризація енергетичного балансу домінувала в енергетичній політиці Німеччини.

На додаток до супутніх економічних і технічних проблем, рішення про поступову відмову від ядерної енергетики поставило Німеччину перед проблемою зростаючих рахунків за електроенергію для її громадян.

Енергетична криза показує, наскільки важливо розвивати відновлювані джерела енергії. У Німеччині більше половини виробленої електроенергії часто надходить з відновлюваних джерел енергії, таких як вітер і сонце. Більше

електроенергії від газових, вугільних і атомних електростанцій надходить в мережу в темний час доби, тобто коли темно і водночас немає вітру.

Перспектива повернення до status quo ante німецько-російського енергетичного партнерства та нібито «дешевого російського газу» вже не виглядає реалістичною. Це залишається правдою навіть після минулого терміну перебування президента Путіна на посаді, і його заміна все ще може прийти з нинішнього апарату влади. Ще до вторгнення Росії в Україну ЄС вирішив декарбонізувати своє енергопостачання шляхом поступової відмови від усіх видів викопного палива, включаючи природний газ, у середньо- та довгостроковій перспективі. За прогнозами, навіть до 2030 року споживання газу в ЄС скоротиться щонайменше на 20 %.

Незважаючи на численні зусилля щодо диверсифікації імпорту газу та зменшення його споживання, Німеччина все ще може відчувати дефіцит цієї зими, принаймні локально чи регіонально (незважаючи на те, що вона вже заповнила свої газові сховища більш ніж на 85%, за чотири тижні до початку ціль 1 жовтня). У протидії російській стратегії створення газової зброї Німеччина могла б бути менш реактивною і замість цього в односторонньому порядку оголосити Кремлю «ціновий ультиматум». Він міг би використати купівельну спроможність Європи проти Москви, щоб знизити ціни на російський газ і нафту та значно зменшити доходи Кремля від європейського експорту газу та нафти. Хоча це тимчасово призведе до короткочасного дефіциту газу взимку, це також допоможе промисловості, приватним домогосподарствам і уряду Німеччини більш безпечно планувати, забезпечуючи ефективнішу економію газу.

Когнітивне моделювання дало можливість встановити фактори, вплив через які будуть змінювати систему енергетичної політики Німеччини. Дестабілізуючими факторами в системі виступають фактори: «Енергетична політика Німеччини», «Відновлювальні джерела енергії», «Енергетична безпека», «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», «Європейська енергетична політика», «Диверсифікація енергоресурсів», «Постачання ЗПГ із США до ЄС». Найбільший дестабілізуючий вплив на систему чинить фактор «Європейська енергетична

політика» і «Енергетична безпека». Вказані фактори є чутливими до змін і будь-який вплив на них, як у бік підсилення, так і бік послаблення буде посилюватись всією системою, виводячи її зі стану рівноваги. Тому, у такій чутливій системі взаємодії факторів необхідно приймати зважені дії стосовно впливу на фактори та керування ними.

Стабілізуючими є фактор «Відмова від атомної енергетики» і фактор «Енергетична залежність від РФ». При проведенні імпульсу через ці фактори система буде опиратися таким змінам. Тобто напрямок енергетичної політики Німеччини, спрямований на незалежність від енергоносіїв з РФ.

Отримані результати когнітивного моделювання свідчать, що покращення фактору «Енергетична політика Німеччини» на сучасному етапі розвитку ситуації залежить від факторів «Постачання СПГ із США до ЄС», «Диверсифікація енергоресурсів», «Європейська енергетична політика», «Відновлювальні джерела енергії» і «Енергетична безпека».

Якісний аналіз впливу факторів системи на цільовий «Енергетична політика Німеччини» вказує на те, що найбільший позитивний вплив на цільовий чинить фактор «Постачання СПГ із США до ЄС» з коефіцієнтом впливу (0,133). Це означає, що при збільшенні цього фактору буде посилюватися цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини», але у тому випадку, якщо США зможуть постачати скраплений природний газ у необхідному обсязі для економіки Німеччини. Поки цього немає, це може означати зміну вектору і бажання позбутися енергетичної залежності від РФ. Негативно на цільовий фактор впливають фактори «Відмова від атомної енергетики», «Енергетична залежність від РФ», «Північні маршрути енергоносіїв з РФ».

Когнітивне моделювання показало, що цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» позитивно впливає на фактори «Відновлювальні джерела енергії», «Енергетична безпека», «Європейська енергетична політика», «Диверсифікація енергоресурсів», «Постачання СПГ із США до ЄС». Найбільш позитивний вплив цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» чинить на фактор «Диверсифікація енергоресурсів». Цільовий фактор «Енергетична політика

Німеччини» негативно впливає на фактори «Відмова від атомної енергетики», «Північні маршрути енергоносіїв з РФ», «Енергетична залежність від РФ». Цільовий фактор «Енергетична політика Німеччини» найбільш негативно впливає на фактор «Енергетична залежність від РФ», що пояснює обраний курс Німеччини на енергетичну незалежність від постачання енергоресурсів з РФ.

Прогнозування енергопродуктивності Німеччини при реалістичному прогнозі зросте у 2022 році на 2,08%, в наступні 2 роки буде зростати на 4% щороку. При оптимістичному прогнозі показник енергопродуктивності в 2022 році зросте на 6,72%, у 2023 році зросте на 4,2%, а у 2024 році зросте на 2,95%. При песимістичному прогнозі показник енергопродуктивності впаде на 0,82% у 2022 році, у 2023 році збільшиться на 2,23%, у 2024 році – на 3,23%. Таким чином показника енергопродуктивності Німеччини найближчі роки залишиться високим і буде поступово зростати.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Agence France-Presse. Stromimporte nach Frankreich: Abkommen mit Deutschland nächste Woche unterzeichnet. Energy News, 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://energynews.pro/de/stromimporte-nach-frankreich-abkommen-mit-deutschland-naechste-woche-unterzeichnet/> (дата звернення 22.11.2022)
2. Amelang, S. Onshore wind permits in Germany fell by 70 percent since 2016 - utility group. Clean Energy Wire, 2019. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cleanenergywire.org/news/onshore-wind-permits-germany-fell-70-percent-2016-utility-group> (дата звернення 1.12.2022)
3. Andor, M., Frondel, M., Schmidt, C.M., Simora, M., Sommer, S., 2015. Klima-und energiepolitik in Deutschland–Dissens und Konsens. List Forum Wirtsch. Finanzpolit. 41 (1), 3–21. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ref-hub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref1](http://ref-hub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref1) (дата звернення 5.12.2022)
4. Atomic Energy Act. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bmuv.de/en/law/atomic-energy-act> (дата звернення 3.12.2022)
5. Agentur für Erneuerbare Energien. Politik und Gesetze zur Energiewende in den Bundesländern. 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.foederal-erneuerbar.de/auf-einen-blick-detailseite/items/politik-und-gesetze-zur-energiewende-in-den-bundeslaendern> (дата звернення 5.12.2022 )
6. Appunn, K.; Wettengel, J. Germany’s 2022 renewables and efficiency reforms. Clean Energy Wire, 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-2022-renewables-and-energy-reforms> (дата звернення 2.12.2022)
7. Appunn, K.; Eriksen, F.; Wettengel, J. Germany’s greenhouse gas emissions and energy transition targets. Clean Energy Wire, 2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-greenhouse-gas-emissions-and-climate-targets> . (дата звернення 2.12.2022)
8. Appunn, K. Parliament amends energy transition laws, weakens 2035

renewables target. Clean Energy Wire, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleanenergywire.org/news/parliament-amends-energy-transition-laws-weakens-2035-renewables-target> (дата звернения 5.12.2022)

9. Appunn, K. Renewables supplied 46% of net public power in Germany in 2021. Clean Energy Wire, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleanenergywire.org/news/renewables-supplied-46-net-public-power-germany-2021> (дата звернения 3.12.2022)

10. Basic Law for the Federal Republic of Germany [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.gesetze-im-internet.de/englisch\\_gg/index.html](https://www.gesetze-im-internet.de/englisch_gg/index.html) (дата звернения 20.10.2022 )

11. BMWK. International Energy Policy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Textsammlungen/Energy/international-energy-policy.html> (дата звернения 22.10.2022)

12. BMJV. Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG 2017. 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Gesetze/Energie/EEG.html> . (дата звернения 22.10.2022)

13. BMWK. Energy concept for an environmentally sound, reliable and affordable energy supply, 2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20161006040920/http://www.bmwi.de/Eng-lish/Redaktion/Pdf/energy-concept%2Cproperty%3Dpdf%2Cbereich%3Dbmwi%2Csprache%3Den%2Crb%3Dtrue.pdf> (дата звернения 22.10.2022)

14. BMWK. Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare\\_Energien\\_in\\_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html) (дата звернения 22.10.2022)

15. BMWK. Bundesrat beschließt größtes Beschleunigungspaket für den Erneuerbaren-Ausbau seit Jahrzehnten und erweitert Instrumentenkasten für Vorsorge-maßnahmen, 2022.[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/07/20220708->

bundesrat-beschliesst-grosstes-beschleunigungspaket-fur-den-erneuerbaren-ausbau.html (дата звернення 25.10.2022)

16. BMWK. Overview of the Easter Package. Berlin, Germany, 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Downloads/Energy/0406\\_ueberblickspapier\\_osterpaket\\_en.pdf?\\_\\_blob=publication-File&v=5](https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Downloads/Energy/0406_ueberblickspapier_osterpaket_en.pdf?__blob=publication-File&v=5) (дата звернення 10.11.2022 )

17. BMWK. Überblickspapier: Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien und Erweiterung der Vorsorgemaßnahmen, 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/U/ueberblickspapier-beschleunigung-des-ausbaus-erneuerbarer-energien-und-erweiterung-der-vorsorgemassnahmen.html> (дата звернення 3.12.2022 )

18. BMWK. Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent, 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/03/20220315-treibhausgasemissionen-stiegen-2021-um-45-prozent.html> (дата звернення 5.12.2022)

19. BMUB. Klimaschutzplan 2050—Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Berlin, Germany, 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Klimaschutzplan+2050%E2%80%94Klimaschutzpolitische+Grundsätze+und+Ziele+der+Bundesregierung&author=BMUB&publication\\_year=2016](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Klimaschutzplan+2050%E2%80%94Klimaschutzpolitische+Grundsätze+und+Ziele+der+Bundesregierung&author=BMUB&publication_year=2016) (дата звернення 27.10.2022 )

20. Bosch, S., Peyke, G., 2011. Gegenwind für die Erneuerbaren – Räumliche Neuorientierung der Wind-, Solar- und Bioenergie vor dem Hintergrund einer verringerten Akzeptanz sowie zunehmender Flächennutzungskonflikte im ländlichen Raum. Raumforsch. Raumordn. 69 (2), 105–118. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://refhub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref3](http://refhub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref3) (дата звернення 22.11.2022)

21. Bundesrat of Germany [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bundesrat.de/EN/organisation-en/laender-en/laender-en-node.html> (дата

звернення 20.10.2022)

22. Bundesministerium des Innern [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bmi.bund.de/DE/startseite/startseite-node.html> (дата звернення 20.10.2022)

23. Bundesministerium für Digitales und Verkehr, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bmdv.bund.de/DE/Home/home.html>(дата звернення 20.10.2022)

24. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.bmel.de/EN/Home/home\\_node.html](https://www.bmel.de/EN/Home/home_node.html) (дата звернення 20.10.2022)

25. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bmwk.de/Navigation/DE/Home/home.html> (дата звернення 20.10.2022 )

26. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bmub.bund.de/> (дата звернення 20.10.2022)

27. Burger, Bruno. Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2021 [Public Net Electricity Generation in Germany in 2021]. Freiburg, Germany: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE,2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.energy-charts.info/downloads/Stromerzeugung\\_2021.pdf](https://www.energy-charts.info/downloads/Stromerzeugung_2021.pdf) (дата звернення 3.12.2022)

28. Sebulla, F.; Haas, J.; Eichman, J.; Nowak, W.; Mancarella, P. How much electrical energy storage do we need? A synthesis for the U.S., Europe, and Germany. *J. Clean. Prod.* 2018, *181*, 449–459. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 30.10.2022)

29. Child, M.; Kemfert, C.; Bogdanov, D.; Breyer, C. Flexible electricity generation, grid exchange and storage for the transition to a 100% renewable energy system in Europe. *Renew. Energy* 2019, *139*, 80–101. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Flexible+electricity+](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Flexible+electricity+)

generation (дата звернення 5.11.2022)

30. Cotella, Giancarlo, and Silvia Crivello. 2016. "The Macroregional Geopolitics of Energy Security." In *Low-Carbon Energy Security from a European Perspective*, edited by Patrizia Lombardi and Max Gruenig, 81–108. Elsevier. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802970-1.00004-8> (дата звернення 22.10.2022)

31. Deutscher BUNSTAG [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bundestag.de/en> (дата звернення 20.10.2022)

32. Energiekonzept 2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf> (дата звернення 22.10.2022)

33. Erneuerbare-Energien-Gesetz. EEG 2014 .[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Downloads/renewable-energy-sources-act-eeg-2014.html> (дата звернення 30.10.2022 )

34. ErneuerbareEnergien-Gesetz EEG 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Downloads/renewable-energy-sources-act-2017.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Downloads/renewable-energy-sources-act-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=3) (дата звернення 30.10.2022)

35. ErneuerbareEnergien-Gesetz - EEG 2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/EEG\\_2021.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/EEG_2021.pdf) (дата звернення 30.10.2022)

36. Energiewirtschaftliche Tagesfragen. Kosten für Energieimporte nach Deutschland 2021 drastisch gestiegen, 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.energie.de/et/news-detailansicht/nsctrl/detail/News/kosten-fuer-energieimporte-nach-deutschland-2021-drastisch-gestiegen> (дата звернення 15.11.2022)

37. European Commission. EU Reference Scenario 2016: Energy, Transport and GHG emissions—Trends to 2050; Technical Report; European Commission: Brussels, Belgium, 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://scholar.google.com/European+Commission&publication\\_year=2016](https://scholar.google.com/European+Commission&publication_year=2016) (дата звернення 30.10.2022)

38. Energy productivity. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020\\_rd310/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_rd310/default/table?lang=en) (дата звернення 10.12.2022)
39. Ehlerding Susanne. Deutschland bekommt verbindliche Effizienzziele. Tagesspiegel Background,2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://background.tagesspiegel.de/energie-klima/deutschland-bekommt-verbindliche-effizienzziele> (дата звернення 30.10.2022 )
40. Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.gesetze-im-internet.de/enwg\\_2005/](https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/) (дата звернення 30.10.2022)
41. Energiewirtschaftsgesetz. Zweck und Ziele des Gesetzes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.gesetze-im-internet.de/enwg\\_2005/\\_\\_\\_1.html](https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/___1.html) (дата звернення 18.11.2022)
42. European Climate Law. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/european-climate-law\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en) (дата звернення 26.10.2022 )
43. European Environment Agency. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/> (дата звернення 22.10.2022)
44. P. Bauhofer, TIWAG: Wasserkraftspeicher als Enabler der Energiewende. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.tugraz.at/fileadmin/user\\_upload/tugrazExternal/4778f047-2e50-4e9e-b72d-e5af373f95a4/files/pr/Session\\_B4/241\\_PR\\_Bauhofer.pdf](https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/tugrazExternal/4778f047-2e50-4e9e-b72d-e5af373f95a4/files/pr/Session_B4/241_PR_Bauhofer.pdf) (дата звернення 2.11.2022)
45. Global Health Observatory. Germany. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/countries/deu/> (дата звернення 20.10.2022)
46. Guidelines on State aid for environmental protection and energy 2014-2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52014XC0628\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52014XC0628(01)) (дата звернення 15.11.2022)
47. Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (A-GEE-Stat) am Umweltbundesamt. Erneuerbare Energien in Deutschland.Daten zur Entwicklung im Jahr 2021. Umweltbundesamt,2022.[Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hg\\_erneuerbareenergien\\_dt\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hg_erneuerbareenergien_dt_0.pdf) (дата звернення 5.12.2022)

48. Gordon, P. Ukraine war pushes demand for solar batteries as homeowners strive for independence. Clear Energy Wire, 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cleaneenergywire.org/news/ukraine-war-pushes-demand-solar-batteries-homeowners-strive-independence> (дата звернення 1.12.2022 )

49. Giehle, S. Together for the energy transition. Deutschland.de, 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.deutschland.de/en/topic/environment/german-energy-partnerships-worldwide-ukraine-japan-israel> (дата звернення 1.12.2022)

50. Hatch, M.T., 1986. Politics and Nuclear Power – Energy Policy in Western Europe. The University Press Of Kentucky, Lexington. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://refhub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref8](http://refhub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref8) (дата звернення 30.10.2022)

51. Hansen, K.; Mathiesen, B.V.; Skov, I.R. Full energy system transition towards 100% renewable energy in Germany in 2050. Renew. Sustain. Energy Rev. 2019, 102, 1–13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.038> (дата звернення 16.11.2022)

52. Hartmann, N. Rolle und Bedeutung der Stromspeicher bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien in Deutschland: Speichersimulation und Betriebsoptimierung; Technical Report; University of Stuttgart: Stuttgart, Germany, 2013. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://scholar.google.com/Hartmann,+N.&publication\\_year=2013](https://scholar.google.com/Hartmann,+N.&publication_year=2013) (дата звернення 26.11.2022)

53. Heard, B.; Brook, B.; Wigley, T.; Bradshaw, C. Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems. Renew. Sustain. Energy Rev. 2017, 76, 1122–1133. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.114> (дата звернення 26.11.2022 )

54. Henning, H.M.; Palzer, A. 100% Erneuerbare Energien für Strom und Wärme in Deutschland; Technical Report; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE: Freiburg im Breisgau, Germany, 2012. [Електронний ресурс]. – Режим

доступу: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 26.10.2022)

55. Hildebrandt, A.; Wolf, F. *Die Politik der Bundesländer: Zwischen Föderalismusreform und Schuldenbremse*, 2nd ed.; Springer VS: Wiesbaden, Germany, 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 26.10.2022)

56. Hirschhausen, C.V.; Herold, J.; Oei, P.Y. How a “Low Carbon” Innovation Can Fail—Tales from a “Lost Decade” for Carbon Capture, Transport, and Sequestration (CCTS). *Econ. Energy Environ. Policy* 2012, 1, 115–124. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.5547/2160-5890.1.2.8> (дата звернення 15.11.2022)

57. Howells, M.; Rogner, H.; Strachan, N.; Heaps, C.; Huntington, H.; Kypreos, S.; Hughes, A.; Silveira, S.; DeCarolis, J.; Bazillian, M.; et al. OSeMOSYS: The open source energy modeling system: An introduction to its ethos, structure and development. *Energy Policy* 2011, 39, 5850–5870. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://scholar.google.com/The+open+source+energy+modeling+system:+An+introduction+to+its+ethos,Huntington> (дата звернення 20.10.2022)

58. Hübner, G. Die Akzeptanz von erneuerbaren Energien. Einstellungen und Wirkungen. In *Erneuerbare Energien: Ambivalenzen, Governance, Rechtsfragen*; Eckardt, F., Hennig, B., Unnerstall, H., Eds.; Number Bd. 1 in Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung; Metropolis-Verlag: Marburg, Germany, 2012. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 20.10.2022)

59. IEA, 2007. *Energy Policies of IEA: Germany 2007*. International Energy Agency, Paris. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://refhub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref10](http://refhub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref10). (дата звернення 5.11.2022)

60. International Monetary Fund. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.imf.org/en/home> (дата звернення 20.10.2022)

61. International Renewable Energy Agency. *Country Rankings*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings> (дата звернення 20.10.2022)

62. IPCC. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: New York, NY, USA, 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com> (дата звернения 30.10.2022)

63. Kaveshnikov, N. Anti-Russian Policy of the European Union as a Reaction to the Ukrainian crisis. RSMD, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/antirossiyskaya-politika-evropeyskogo-soyuza-kak-reaktsiya-na-ukrainskiy-krizis/> (дата звернения 12.12.2022)

64. Kenk, G., Fischer, H., 1988. Evidence from nitrogen fertilisation in the forests of Germany. *Environ. Pollut.* 54 (3), 199–218. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://refhub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref13](http://refhub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref13) (дата звернения 27.10.2022)

65. Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/klimarahmenkonvention-der-vereinten-nationen-unfccc> (дата звернения 29.10.2022)

66. Klima- und Energierpaket 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package\\_de](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_de) (дата звернения 29.10.2022 )

67. Mata Pérez, María de la Esperanza, Daniel Scholten, and Karen Smith Stegen. 2019. “The Multi-Speed Energy Transition in Europe: Opportunities and Challenges for EU Energy Security.” *Energy Strategy Reviews* 26 (November): 100415. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100415> (дата звернения 30.10.2022)

68. Matthey, D.A.; Bünger, D.B. Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten—Kostensätze; Technical Report; Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau, Germany, 2018. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com/> (дата звернения 26.10.2022)

69. Maubach, K.D. *Energiewende: Wege zu Einer Bezahlbaren Energieversorgung*, 2nd ed.; Springer VS: Wiesbaden, Germany, 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 26.10.2022)
70. Montreal Protocol. *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*; US Government Printing Office: Washington, DC, USA, 1987; Volume 26, pp. 128–136. (дата звернення 29.10.2022)
71. Müller, C.; Falke, T.; Hoffrichter, A.; Wyrwoll, L.; Schmitt, C.; Trageser, M.; Schnettler, A.; Metzger, M.; Huber, M.; Küppers, M.; et al. Integrated planning and evaluation of multi-modal energy Systems for Decarbonization of Germany. *Energy Procedia* 2019, 158, 3482–3487. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 29.10.2022)
72. Müller, C.; Hoffrichter, A.; Wyrwoll, L.; Schmitt, C.; Trageser, M.; Kulms, T.; Beulertz, D.; Metzger, M.; Duckheim, M.; Huber, M.; et al. Modeling framework for planning and operation of multi-modal energy systems in the case of Germany. *Appl. Energy* 2019, 250, 1132–1146. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261919309559> (дата звернення 30.10.2022)
73. Naegler, T.; Simon, S.; Klein, M.; Gils, H.C. Quantification of the European industrial heat demand by branch and temperature level. *Int. J. Energy Res.* 2015, 39, 2019–2030. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://core.ac.uk/reader/31020373> (дата звернення 30.10.2022)
74. Official Site of the Bundesregierung [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bundestkanzler.de/bk-de/> (дата звернення 20.10.2022)
75. Offshore Wind Energy Act (WindSeeG 2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/windseeg-gesetz-en.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/windseeg-gesetz-en.pdf?__blob=publicationFile&v=9) (дата звернення 15.11.2022)
76. Oei, P.Y.; Mendelevitch, R. European scenarios of CO<sub>2</sub> infrastructure investment until 2050. *Energy J.* 2016, 37, 171–194. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.5547/01956574.37.SI3.poei> (дата звернення 26.10.2022)
77. Palzer, A.; Henning, H.M. A comprehensive model for the German

electricity and heat sector in a future energy system with a dominant contribution from renewable energy technologies—Part II: Results. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014, 30, 1019–1034. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.032> (дата звернення 27.10.2022)

78. Pandey, A. Can Germany regain its solar power crown? DW, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dw.com/en/photovoltaic-solar-panel-energy-can-germany-regain-its-solar-power-crown/a-62704103> (дата звернення 12.12.2022)

79. Pleßmann, G.; Erdmann, M.; Hlusiak, M.; Breyer, C. Global energy storage demand for a 100% renewable electricity supply. *Energy Procedia* 2014, 46, 22–31. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.154> (дата звернення 27.10.2022)

80. Pregger, T.; Nitsch, J.; Naegler, T. Long-term scenarios and strategies for the deployment of renewable energies in Germany. *Energy Policy* 2013, 59, 350–360. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 26.10.2022)

81. Renn, O., 2008. Risk Governance. Coping with Uncertainty in a Complex World. Earthscan, London. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://refhub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref20](http://refhub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref20) (дата звернення 11.11.2022)

82. Renn, O., 2011. Die Energiewende muss sozial – und kulturwissenschaftlich unterfüttert werden. *Bunsen-Magazin* 13 (5), 177–178. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://refhub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref21](http://refhub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref21) (дата звернення 12.11.2022)

83. Renn, O., Dreyer, M., 2013. Risk Governance: Ein neues Steuerungsmodell zur Bewältigung der Energiewende. In: Vogt, M., Ostheimer, J. (Eds.), *Die Moral Der Energiewende. Risikowahrnehmung im Wandel Am Beispiel Der Atomenergie*. Kohlhammer, Stuttgart. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://refhub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref22](http://refhub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref22) (дата звернення 12.11.2022)

84. Reusswig, F.; Braun, F.; Heger, I.; Ludewig, T.; Eichenauer, E.; Lass, W. Against the wind: Local opposition to the German Energiewende. *Util. Policy* 2016, *41*, 214–227. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 12.11.2022)

85. Rogelj, J.; Shindell, D.; Jiang, K.; Fifita, S.; Forster, P.; Ginzburg, V.; Handa, C.; Kheshgi, H.; Kobayashi, S.; Kriegler, E.; et al. Mitigation pathways compatible with 1.5 C in the context of sustainable development. In *Global Warming of 1.5 C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*; Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., et al., Eds.; IPCC: Geneva, Switzerland, 2018; Chapter 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 05.11.2022)

86. Samadi, S.; Lechtenböhmer, S.; Prantner, M.; Nebel, A. Vollständig auf erneuerbaren Energien basierende Stromversorgung Deutschlands im Jahr 2050 auf Basis in Europa großtechnisch leicht erschließbarer Potentiale—Analyse und Bewertung anhand von Studien; Technical Report 27/2014; Wuppertal Institut for Climate, Environment and Energy: Dessau, Germany, 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 05.11.2022)

87. Schill, W.P.; Gerbaulet, C. Power system impacts of electric vehicles in Germany: Charging with coal or renewables? *Appl. Energy* 2015, *156*, 185–196. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.econstor.eu/bitstream/10419/121250/1/Schill\\_2015\\_Power-System\\_Preprint.pdf](https://www.econstor.eu/bitstream/10419/121250/1/Schill_2015_Power-System_Preprint.pdf) (дата звернення 05.11.2022 )

88. Schaefer, Th. (2022) Gaslieferungen aus Russland können kurzfristig nicht kompensiert werden, *Wirtschaftsdienst*, vol. 102, no. 4, pp. 259–261. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s10273-022-3162-z> (дата звернення 3.12.2022)

89. STROM-REPORT. Statistiken und Infografiken aus den Bereichen Energie und Umwelt. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://strom-report.de/> (дата звернення 28.11.2022)
90. Statistisches Bundesamt. Stromerzeugung im 1. Halbjahr 2022: 17,2 % mehr Kohlestrom als im Vorjahreszeitraum. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/09/PD22\\_374\\_43312.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/09/PD22_374_43312.html) (дата звернення 1.12.2022)
91. Statistisches Bundesamt. Stromerzeugung 2021: Anteil konventioneller Energieträger deutlich gestiegen, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22\\_116\\_43312.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_116_43312.html) (дата звернення 1.12.2022)
92. Statistisches Bundesamt: Startseite [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.destatis.de/DE/Home/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Home/_inhalt.html) (дата звернення 12.12.2022)
93. Staffell, I., Pfenninger, S. The increasing impact of weather on electricity supply and demand *Energy*, 145 (2018), pp. 65-78. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0360544217320844?token=CDA9AA2A4730679671EA9F0E6150431304291FA4D0D3CDE22239B44727A0FF8C27AF1504BFE3BC71B34980885ADD9024&originRegion=eu-west-1&originCreation=20221215133719> (дата звернення 3.11.2022)
94. Swain, R. B., & Karimu, A. Renewable electricity and sustainable development goals in the EU. *World Development*, 125, 2020. 104693. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104693>. (дата звернення 10.11.2022)
95. Tagesschau. Der Energiemarkt im Überblick, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/gas-gaspreise-energie-deutschland-101.html> (дата звернення 1.12.2022)
96. Umbash, F. Risks and requirements for German gas and energy policy. *Gisreportsonline*, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gisreportsonline.com/r/german-gas-policy/> (дата звернення 1.12.2022)
97. UBA. Submission under the United Nations Framework Convention on

Climate Change and the Kyoto Protocol 2019; Technical Report 24; Umweltbundesamt: Dessau, Germany, 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 27.10.2022 )

98. UNFCCC. Adoption of the Paris Agreement; Technical Report; United Nations Framework Convention on Climate Change: Paris, France, 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Adoption+of+the+Paris+Agreement&author=UNFCCC&publication\\_year=2015](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Adoption+of+the+Paris+Agreement&author=UNFCCC&publication_year=2015) (дата звернення 27.10.2022)

99. UNFCCC. Paris Agreement; Technical Report; United Nations Framework Convention on Climate Change: Paris, France, 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Paris+Agreement&author=UNFCCC&publication\\_year=2015](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Paris+Agreement&author=UNFCCC&publication_year=2015) (дата звернення 27.10.2022 )

100. United Nations. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change; Technical Report; United Nations: New York, NY, USA, 1998. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scholar.google.com/> (дата звернення 27.10.2022)

101. United Nation. Department of Economic and Social Affairs. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/en/desa> (дата звернення 27.10.2022)

102. Umwelt Bundesamt. Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung> (дата звернення 24.11.2022 )

103. Wagner, P., 1994. Contesting policies and redefining the state. In: Flam, H. (Ed.), Energy Policy-Making and the Anti-Nuclear Movement in West Germany. States and Anti-nuclear Movements Edinburgh University Press, Edinburgh, pp. 264–298 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://refhub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref26](http://refhub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref26) (дата звернення 29.10.2022)

104. Website der Bundeskanzler [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bundestkanzler.de/bk-de> (дата звернення 20.10.2022)

105. Website of the Federal President of Germany [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bundespraesident.de/EN/Role-and-Functions/ConstitutionalBasis/ConstitutionalBasis-node.html> (дата звернення 20.10.2022)

106. Wehrmann, B. German onshore wind power – output, business and perspectives. Clean Energy Wire, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/german-onshore-wind-power-output-business-and-perspectives> (дата звернення 15.11.2022)

107. WEC, 2012. World Energy Perspective: Nuclear Energy One Year After Fukushima. World Energy Council, London. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://refhub.elsevier.com/S0301-4215\(16\)30229-4/sbref27](http://refhub.elsevier.com/S0301-4215(16)30229-4/sbref27) (дата звернення 25.10.2022)

108. Wettengel J. Government puts focus on energy-efficient renovation of existing buildings. Clean Energy Wire, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleanenergywire.org/news/government-puts-focus-energy-efficient-renovation-existing-buildings> (дата звернення 21.11.2022)

109. Wehrmann J. Germany's onshore wind power expansion threatens to grind to a halt. Clean Energy Wire, 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleanenergywire.org/news/germanys-onshore-wind-power-expansion-threatens-grind-halt> (дата звернення 15.11.2022 )

110. Wehrmann, J. Solar power in Germany – output, business & perspectives. Clear Energy Wire, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/solar-power-germany-output-business-perspectives> (дата звернення 5.12.2022)

111. Wehrmann, J. Solar power in Germany – output, business & perspectives. Clear Energy Wire, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/solar-power-germany-output-business-perspectives> (дата звернення 5.12.2022)

112. Wichard Woyke: Handwörterbuch Internationale Politik 2008, 178. (дата звернення 21.10.2022)

113. Windenergie-Statistik. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.windguard.de/id-1-halbjahr-2022.html> (дата звернення 15.11.2022)

114. Zappa, W.; Junginger, M.; van den Broek, M. Is a 100% renewable European power system feasible by 2050? *Appl. Energy* 2019, 233–234, 1027–1050. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.109> (дата звернення 5.11.2022)

115. Белов В.Б. Зміна парадигми енергетичного співробітництва Німеччини та Росії. *Вісник Російської академії наук* 92 (Додаток 6), S512–S520 (2022). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1134/S1019331622120024> (дата звернення 1.12.2022)

116. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Праховнік А.К. Аналіз енергетичних стратегій країн ЄС та світу і ролі в них відновлюваних джерел енергії Аналітична записка БАУ №13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2015/12/uabio-position-paper-13-ua.pdf> (дата звернення 22.10.2022)

117. Денисюк С. П. Енергетичний перехід – вимоги якісних змін у розвитку енергетики. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. № 1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37225/1/eete2019-1\\_01.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37225/1/eete2019-1_01.pdf) (дата звернення 20.10.2022)

118. Європейський досвід інституційних відносин органів виконавчої влади, відповідальних за формування та реалізацію державної політики в сфері енергоефективності / енергозбереження та/або розвитку відновлювальних джерел енергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://euinfocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/28964.pdf> (дата звернення 20.10.2022)

119. Ліщук В. І., Ліщук М. Є., Московчук А. Т. Використання відновлюваних ресурсів в енергетиці: світові стратегії та сценарії розвитку енергетичного ринку. *Економічний форум*. 2017. № 2. С. 30-35. (дата звернення 20.10.2022)

120. Westphal K. German Gas Market: change as a decisive factor. BSR(дата звернення ) Policy Briefing, 1 / 2015, Centrum Balticum,[Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.centrumbalticum.org](http://www.centrumbalticum.org). (дата звернення 1.12.2022)