

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

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

_____ Іван МИЦЕНКО
« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої
освіти

на тему

**«Роль економічних та соціальних чинників у досягненні кліматичної
нейтральності Європейського Союзу»**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу, групи МЕВ-21
ОПП «Міжнародні економічні
відносини»
спеціальності 292 «Міжнародні
економічні відносини»

_____ Коновальчук Д.А.
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи
к.е.н., доцент

_____ Микола СУХОМЛИН
« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
 Факультет Економічний
 Кафедра Міжнародних економічних відносин
 Рівень вищої освіти Бакалавр
 Галузь знань 29 «Міжнародні відносини»
 Спеціальність 292 «Міжнародні економічні відносини»
 Освітньо-професійна програма «Міжнародні економічні відносини»

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
 _____ Іван МИЦЕНКО
 «_____» _____ 2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
 ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
 ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ
 Коновальчука Дмитра Анатолійовича**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Роль економічних та соціальних чинників у досягненні кліматичної нейтральності Європейського Союзу

2. Керівник роботи

Сухомлин Микола Олексійович, к.е.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Метою цієї роботи є визначення значущості впливу економічних і соціальних характеристик країн ЄС-27 на успішну реалізацію енергетичного переходу в період з 2013 по 2022 рік.

Для досягнення поставленої мети, потрібно виконати такі завдання: визначити економічні та соціальні характеристики країн, що потенційно впливають на зміну обсягу викидів CO₂; вивчити наявні кількісні моделі, спрямовані на оцінку впливу людської діяльності на навколишнє середовище; на основі економетричного аналізу виявити основні чинники, що впливають на зміни обсягу викидів CO₂; проаналізувати результати кількісного дослідження та оцінити можливості країн ЄС у досягненні вуглецевої нейтральності до 2050 року.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 1	доц. Сухомлин М.О.		
Розділ 2	доц. Сухомлин М.О.		
Розділ 3	доц. Сухомлин М.О.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2025 року

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2025 року

Підпис здобувача

Анотація

Роль економічних та соціальних чинників у досягненні кліматичної нейтральності Європейського Союзу. – Рукопис.

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

У роботі досліджено процес декарбонізації країн ЄС-27, соціальні та економічні чинники, що впливають на зміну обсягу викидів CO₂ у даних країнах. Проаналізовано юридичні нормативні акти ЄС, що стосуються досягнення вуглецевої нейтральності та декарбонізації; визначено економічні та соціальні характеристики країн, що потенційно впливають на зміну обсягу викидів CO₂; вивчено наявні кількісні моделі, спрямовані на оцінку впливу людської діяльності на навколишнє середовище; на основі економетричного аналізу виявлено основні чинники, що впливають на зміни обсягу викидів CO₂; проаналізовано результати кількісного дослідження та оцінено можливості країн ЄС у досягненні вуглецевої нейтральності до 2050 року.

Ключові слова: кліматична нейтральність, декарбонізація, відновлювальні джерела енергії

Abstract

The Role of Economic and Social Factors in Achieving Climate Neutrality in the European Union. – Manuscript.

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

The paper examines the process of decarbonisation of the EU-27 countries, social and economic factors that influence the change in CO₂ emissions in these countries. The article analyses the EU legal regulations related to achieving carbon neutrality and decarbonisation; identifies the economic and social characteristics of countries that potentially affect changes in CO₂ emissions; studies the existing quantitative models aimed at assessing the impact of human activity on the environment; identifies the main factors influencing changes in CO₂ emissions based on econometric analysis; analyses the results of a quantitative study and assesses the capabilities of EU countries to achieve carbon neutrality by 2050.

Key words: climate neutrality, decarbonisation, renewable energy sources

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ЇЇ ДОСЯГНЕННЯ В КРАЇНАХ ЄС	9
1.1 Ключові етапи розвитку декарбонізації в країнах ЄС і структура енергобалансу регіону	9
1.2 Декаплінг як основа переходу до низьковуглецевої економіки	18
1.3 Наслідки кризи 2020-2023 рр. для європейського енергетичного ринку	22
РОЗДІЛ II. ЕМПІРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗМІНУ ОБСЯГУ ВИКИДІВ CO₂ У КРАЇНАХ ЄС	28
2.1 Методологічні підходи до кількісного аналізу впливу активності людей на глобальне довкілля	28
2.2 Первинний аналіз даних	32
РОЗДІЛ III. ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КІЛЬКІСНОЇ МОДЕЛІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ В КРАЇНАХ ЄС	41
3.1 Вплив поточної структури енергоспоживання на успіх енергопереходу	41
3.2 Економічні та соціальні характеристики країн ЄС як значущі чинники в контексті декарбонізації	47
3.3 Перспективи країн ЄС у досягненні вуглецевої нейтральності	51
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

ВСТУП

У XXI столітті однією з ключових проблем, що стоять перед світовою спільнотою, є глобальна зміна клімату. Унаслідок безпрецедентного зростання населення Землі, розвитку промисловості і транспорту, а також впливу інших антропогенних чинників із проблеми природничо-наукового характеру вона перетворилася на складне завдання для економічної, політичної та соціальної сфер життя суспільства. При цьому глобальна зміна клімату – це ціла низка екологічних проблем, які не зводяться до однієї конкретної, які включають глобальне потепління, підвищення температурних амплітуд, зміну кількості опадів у різних частинах планети, збільшення частоти та інтенсивності стихійних лих, збільшення кількості хвиль тепла тощо [1].

Основним чинником людської діяльності, що сприяє деградації довкілля, є викиди вуглекислого газу, які посилюють парниковий ефект і призводять до підвищення температури планети. Саме на скорочення викидів спрямовані зусилля більшості країн світу щодо боротьби зі зміною клімату. За останні три десятиліття було ухвалено два важливі міжнародні документи, що закріпили цілі зі зниження впливу людської діяльності на природу шляхом скорочення обсягу викидів для всіх країн, які підписали документ, - Кіотський протокол (1997 р.) і Паризька угода (2015 р.). Вони мають низку відмінностей, але обидва спрямовані на стримування зростання приземної температури, оскільки наразі вважається, що її підвищення на 2 градуси за Цельсієм порівняно з доіндустріальною епохою матиме необоротні наслідки для планети й існування людства.

Паризьку угоду підписали 194 країни, зокрема всі країни ЄС-27. Саме керівники окремих країн ЄС ініціювали і лобіювали вжиття заходів щодо боротьби зі зміною клімату. Наразі в ЄС зелений порядок денний – це найважливіший фактор, з огляду на який ухвалюють багато політичних заходів у сфері енергетики та екології з міркувань як захисту довкілля, так і енергетичної безпеки регіону. У рамках своїх на національному рівні визначуваних внесків зі скорочення викидів усі країни ЄС-27 зобов'язалися досягти вуглецевої

нейтральності до 2050 року, незважаючи на те, що готовність до енергетичного переходу поки що в усіх абсолютно різна: деякі країни вже більшу частину енергії одержують за рахунок відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), інші тільки починають розвивати цей сектор енергетики.

Оскільки країни ЄС є провідним у світі регіоном з погляду зусиль, що докладаються для досягнення вуглецевої нейтральності, їхнє дослідження в контексті виокремлення економічних і соціальних чинників, що ускладнюють і полегшують цей процес, видається актуальним для формування надалі ефективних стратегій і заходів для боротьби зі зміною клімату, що можуть бути використані й іншими країнами світу. Особливо це значуще в поточних умовах збільшення впливу зеленого порядку денного на різні сфери суспільного життя.

Метою роботи є визначення значущості впливу економічних і соціальних характеристик країн ЄС-27 на успішну реалізацію енергетичного переходу в період з 2013 по 2022 рік.

Об'єктом дослідження є процес декарбонізації країн ЄС-27, а **предметом** – соціальні та економічні чинники, що впливають на зміну обсягу викидів CO₂ у країнах ЄС-27.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлено такі **завдання**:

- 1) представити теоретичні аспекти розвитку науки у сфері енергетичного переходу;
- 2) обґрунтувати законодавчо-нормативні акти ЄС, що стосуються досягнення вуглецевої нейтральності та декарбонізації;
- 3) обґрунтувати економічні та соціальні характеристики країн, що потенційно впливають на зміну обсягу викидів CO₂;
- 4) визначити наявні кількісні моделі, спрямовані на оцінку впливу людської діяльності на навколишнє середовище;
- 5) на основі економетричного аналізу узагальнити основні чинники, що впливають на зміни обсягу викидів CO₂;
- 6) проаналізувати результати кількісного дослідження та оцінити можливості країн ЄС у досягненні вуглецевої нейтральності до 2050 року.

Структура, логічна побудова та послідовність викладення матеріалу в кваліфікаційній роботі визначені метою та завданнями дослідження.

Наукова новизна роботи полягає у виборі таких чинників для дослідження процесу декарбонізації, які зазвичай не асоціюються в науковій літературі з цим процесом, а також конкретного регіону, для якого ці чинники можуть бути значущими з огляду на особливості політики в галузі боротьби зі зміною клімату, специфіки історичного шляху країн, подій конкретного періоду, взятого для дослідження, і т.д.

Для теоретичної частини дослідження здебільшого використовували матеріали електронного ресурсу Європейської комісії, а також академічні статті та книжки. Теоретичним підґрунтям використовуваної моделі є статті York, Rosa & Dietz «STIRPAT, IPAT and ImPACT: аналітичні інструменти для розпакування рушійних сил екологічних впливів» (2003) та Waggoner & Ausubel «A framework for sustainability science: a renovated IPAT identity» (2002).

Під час написання кваліфікаційної роботи було використано такі **методи**, як кореляційно-регресійний аналіз панельних даних, аналіз статистичних даних, а також якісний аналіз на основі академічних статей, новинних ресурсів і звітів міжнародних організацій.

Дослідження виконано на основі статистичних матеріалів Світового банку, Міжнародного енергетичного агентства, Організації економічного співробітництва та розвитку, наукового онлайн-видання Our World in Data, Statista, а також статистичної служби Європейського союзу «Євростат».

Основний зміст роботи викладений на 67 сторінках. Робота містить 4 таблиці та 20 рисунків. Список використаної літератури налічує 64 позиції та розміщений на 7 сторінках.

РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ЇЇ ДОСЯГНЕННЯ В КРАЇНАХ ЄС

1.1 Ключові етапи розвитку декарбонізації в країнах ЄС і структура енергобалансу регіону

Кваліфікаційна робота сфокусована на визначенні ступеня залежності між економічними та соціальними показниками країн ЄС та успіхом їхньої декарбонізації. Для цього необхідно насамперед розглянути ключові етапи, які вже подолав Євросоюз на шляху до досягнення вуглецевої нейтральності.

Європа стала одним із перших регіонів у світі, де як паливо почали використовувати викопні джерела енергії. Промислова революція, що почалася у Великій Британії, зробила дешеве вугілля основою енергетичної системи регіону. Його використання для виплавки заліза, міді, олова, виготовлення скла створили основу для поширення промислової революції на інші країни Європи. Як наслідок, спостерігалось зростання щорічних викидів CO₂ у регіоні з 10 мільйонів тон у 1760 році до 115 мільйонів тон у 1850 році. Для порівняння в цей же 1850 рік обсяг викидів CO₂ у США сягнув лише 20 мільйонів тон [2]. Грунтуючись на цьому, експерти роблять висновок, що Європа одна з перших серед усіх регіонів світу постраждала від шкідливих наслідків викидів вуглекислого газу [3].

Вищеописаний історичний факт змусив Європу раніше за інших зіткнутися з проблемою мітигації впливу економічної діяльності людини на довкілля. Ще в 1970-ті роки вперше було сформульовано кліматичну проблему, причиною якої стало різке збільшення обсягу викидів CO₂ після закінчення Другої світової війни. Одним із ключових наслідків такого зростання викидів було названо парниковий ефект, описаний у роботі [3].

Уперше теорії вчених про згубний вплив економічної діяльності людини на клімат стали темою для активного обговорення на міжнародному рівні лише 1992 року на установчій конференції в Ріо-де-Жанейро [4]. Там же 196 країн світу та ЄС ухвалили Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату. Але тільки

1997 року країни змогли домовитися про ухвалення першого в історії юридично обов'язкового документа про зниження викидів - Кіотського протоколу (КТ). У його рамках країни-учасниці зобов'язувалися встановити національні цільові показники зниження викидів. На момент ухвалення Кіотського протоколу до Європейського союзу входило 15 членів («ЄС-15»), які взяли на себе зобов'язання скоротити викиди CO₂ на 8%. КТ набув юридичної чинності тільки 2008 року і перший період його дії тривав до 2012 року, за цей час ЄС-15 домогся скорочення викидів майже на 12% [5].

Основним практичним інструментом для досягнення вищевказаних цілей стала і досі залишається європейська система торгівлі квотами на викиди (ETS), яку Євросоюз запустив 2005 року [6]. Її суть полягає в обмеженні кількості викидів CO₂ для задіяних у системі компаній. Таке обмеження виражається в квотах на викид 1 тони еквівалента CO₂, які компанії з галузей енергетики, целюлозно-паперового виробництва, металургії та виробництва будівельних матеріалів можуть купити на аукціоні або в деяких випадках отримати безоплатно. Якщо компанія не покриває повністю викуплені квоти, на неї накладається великий штраф. За необхідності компанії можуть обмінюватися квотами, щоб прийти до балансу на європейському ринку квот на викиди. Зараз система перебуває на четвертому етапі реалізації, і з 2005 року вона забезпечила зниження викидів промислових установок на 37% [6].

Тепер повернемося до хронології розвитку декарбонізації в країнах ЄС. Важливим кроком на шляху до досягнення вуглецевої нейтральності для європейських країн став «пакет заходів щодо клімату та енергетики 2020 року» [7], ухвалений у 2009 році. Ця директива була спрямована не тільки на пом'якшення наслідків зміни клімату, а й на підвищення енергетичної безпеки регіону. Для виконання поставлених завдань було сформульовано цілі «20-20-20»:

- скоротити викиди в ЄС до 2020 року щонайменше на 20% порівняно з 1990;

- забезпечити зростання частки ВДЕ в енергоспоживанні ЄС до 20% до 2020;
- за рахунок підвищення енергоефективності зменшити споживання первинної енергії на 20% порівняно з прогнозом.

Окремі цільові показники та індикатори згодом неодноразово переглядалися, але саме пакет заходів, схвалений 2007 року, став базисом для амбітної енергетичної політики, яку ЄС проводить донині. Крім цього, заявлені цілі підсвітили важливість прискореного збільшення частки ВДЕ в енергобалансі регіону для успіху декарбонізації. Для цього того ж 2009 року було ухвалено директиву з розвитку відновлюваної енергетики, яка закріпила юридично ухвалені раніше наміри. У ній фіксувалися ключові заходи щодо збільшення частки поновлюваних джерел енергії у трьох ключових напрямках: електроенергетика, транспорт і опалення/охолодження.

Перше посилення цільових показників відбулося напередодні Рамкової конвенції ООН у Парижі (2015 р.), коли після кількох місяців суперечок Європейська Рада все ж схвалила «Стратегію-2030» (2014 р.). Вона мала показати країнам на міжнародній конференції 2015 року, що практика Євросоюзу в зниженні викидів CO₂ і переході на поновлювані джерела енергії успішно працює і може бути масштабована на весь світ. Для цього «Стратегія-2030» передбачає скорочення викидів парникових газів на 40% порівняно з 1990 роком [8]. Важливо зауважити, що Директива 2009/28 передбачала зниження викидів на 20% порівняно з 1990 роком, і в 2014 році цей показник був досягнутий (21,45% [9]), що дало підставу для посилення цільового показника.

Наступним етапом у боротьбі зі зміною клімату не тільки на європейському рівні, а й на загальносвітовому стала Паризька угода (2015). Довгі міжнародні дискусії, низка зустрічей і конференцій, включно з дипломатично «провальною» в Копенгагені, призвели до прориву в боротьбі зі зміною клімату. Паризька угода окреслила проблему, яку країни мали розв'язати лише через скоординовані рішення та міжнародну співпрацю.

Ключовою її метою стало обмеження підвищення температури в 21 столітті на 2 градуси за Цельсієм, що, своєю чергою, передбачає зниження викидів CO₂. Важливо зауважити, що порівняно із серединою 20 століття глобальна температура вже збільшилася на 1 градус за Цельсієм, що підштовхнуло країни, незважаючи на конфронтацію з багатьох питань, досягти необхідного консенсусу [10]. При цьому, на відміну від Кіотського протоколу (1997 р.), на заміну якого і прийшла Паризька угода (2015 р.), країни мали самі встановлювати величину національних внесків і переглядати ці зобов'язання кожні 5 років. Ще одним важливим пунктом угоди стала обов'язкова фінансова допомога країнам, що розвиваються, для підвищення їхньої стійкості до зміни клімату, тому що насамперед саме вони страждають від негативних наслідків. Її обсяг оцінювався в 100 млрд доларів щорічно. Паризьку угоду ратифікували практично всі країни світу: 193 країни і Євросоюз.

Саме дипломатичні зусилля ЄС на етапах розробки та ухвалення угоди уможливили такий важливий крок у царині захисту довкілля та боротьби зі зміною клімату. Європейський союз встановив високу планку для інших країн, ухваливши у 2014 році стратегію щодо посилення цільового показника про зменшення парникових викидів на 40% порівняно з 1990 роком, що стало серйозним поштовхом поширення у світі тенденції декарбонізації.

У 2018 році в рамках підготовки до наступної Рамкової конвенції ООН, яка мала відбутися 2020 року, Європейська комісія виклала своє бачення «довгострокової стратегії 2050». Документ складався з докладного опису всіх глобальних екологічних проблем, які в перспективі загрожують існуванню людства, а також з огляду можливих шляхів досягнення економіки з нульовими вуглецевими викидами. Крім того, там згадується вкрай важлива концепція, здійснення якої зміг домогтися Євросоюз, і тому він активно її підтримує - «зелене зростання». Воно полягає в розриві між економічним зростанням і збільшенням обсягу викидів. У цьому разі передбачається фундаментальна перебудова економіки, спрямована на розвиток тих галузей, які допоможуть досягти вуглецевої нейтральності. Так, ключовим питанням, що стоїть перед

керівництвом країни, є не «як скоротити викиди», а «як перемістити фокус на галузі, які самі сприяють зменшенню викидів». Наразі ця концепція лежить в основі Європейського зеленого курсу, оскільки ЄС навчився успішно її імплементувати. Наприклад, у період 1990-2021 рр. ВВП Європейського Союзу збільшився на 65% [11], а обсяг викидів скоротився на 32% [12] (Рис.1.1).

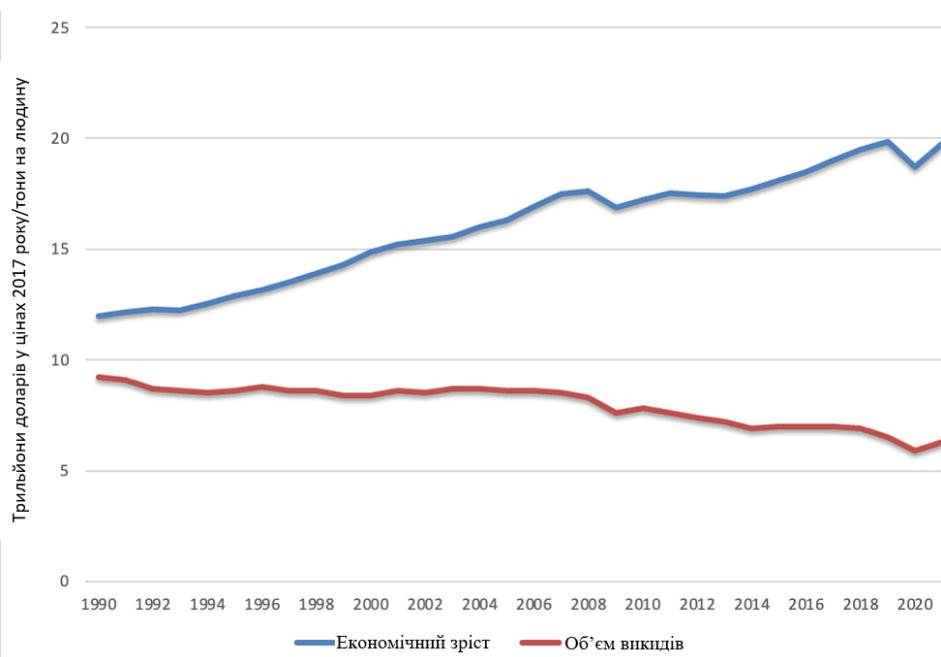


Рис. 1.1. Декаплінг економічного зростання та обсягу викидів у країнах ЄС у період з 1990 по 2021 рр.

Джерело: складено автором на основі даних [12]

«Довгострокова стратегія 2050» не змінювала цільові показники щодо скорочення викидів до 2030 і 2050 років, але при цьому було виявлено, що цих цілей недостатньо для виконання основного завдання Паризької угоди (2015). Для цього в документі було презентовано вісім додаткових сценаріїв економічної та технологічної трансформації, що сприяють переходу до низьковуглецевої економіки. До них належали, наприклад, розширення практики будівництва будівель з нульовими викидами, повна декарбонізація енергопостачання Європи завдяки використанню ВДЕ, впровадження технологій уловлювання та зберігання CO₂ [13].

До кінця 2010-их рр. тема зміни клімату стала для ЄС ключовим порядком денним як усередині регіону, так і на міжнародному рівні. У 2019 році було ухвалено Європейський зелений курс, спрямований на побудову

ресурсоефективної та енергонезалежної економіки з нульовими викидами [14]. У Резолюції Європейського парламенту про зміну клімату від 2019 року наголошується на необхідності й надалі посилювати цільові показники, адже навіть поточні зусилля з мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище є недостатніми та не призведуть до утримання зростання глобальної температури. Підсумком десятиліття найактивнішої кліматичної політики стало значне зменшення викидів CO₂, особливо порівняно з іншими країнами та регіонами світу.

На рисунку 1.2 видно, що Європа – єдиний регіон у світі, який стабільно скорочує обсяг викидів, хоча в минулому європейські країни були лідерами за викидами CO₂.

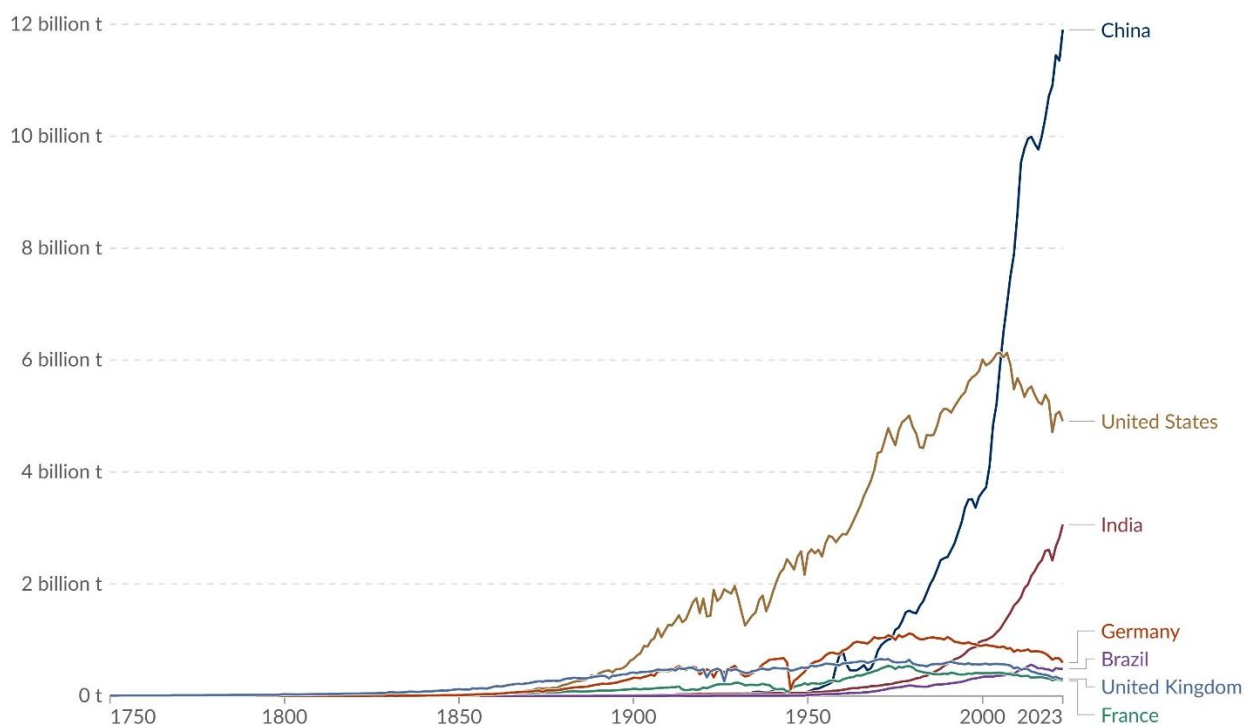


Рис. 1.2. Зміна викидів CO₂ за регіонами світу.
Джерело: складено автором на основі даних [12]

Це доводить не тільки ефективність кліматичної політики ЄС, а й крайню зацікавленість регіону в декарбонізації, з огляду на історичний досвід, відсутність великих запасів викопного палива, сильну залежність від імпорту енергоресурсів і прихильність європейців до екологічних цінностей.

У контексті цієї роботи важливо коротко зупинитися на загальному енергобалансі регіону, оскільки він є відправною точкою для будь-якого країнового дослідження в галузі енергетики: він багато що говорить про ситуацію в енергетичному секторі країни, про первинне і кінцеве енергоспоживання, а також, що важливо, є основою для прогнозування успіху декарбонізації.

Для початку необхідно позначити тренд такого показника, як загальний обсяг споживання енергії (Total Energy Supply) в ЄС за 10 років з 2011 по 2021 роки. Цей показник розраховується як сума отриманої з природних ресурсів усередині країни енергії та імпортованої енергії за вирахуванням її експорту, а також енергії, що йде на потреби міжнародної авіації та морське бункерне паливо [15]. Таким чином, загальний обсяг споживання енергії відображає загальну кількість енергії, яку країна або регіон має у своєму розпорядженні для задоволення внутрішніх потреб в енергії.

За рисунком 1.3 можна сказати, що споживання палива в Європі за 10 років знизилося практично на 10%, що пояснюється не тільки ситуативними факторами, а й загальною тенденцією до підвищення енергоефективності та зменшення споживання енергії.

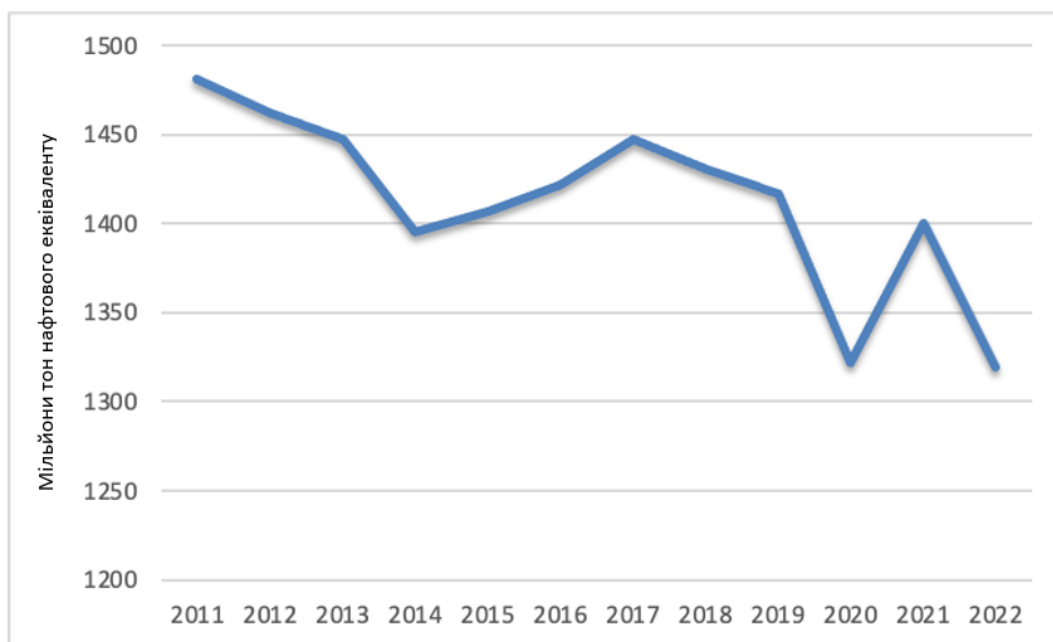


Рис. 1.3. Щорічний показник загального споживання енергії в Європі (TES) у період з 2011 по 2022 роки.

Джерело: складено автором на основі даних [12]

Тенденція до зниження енергоспоживання – це один із ключових пріоритетів Євросоюзу. У березні 2023 року Європейський парламент ухвалив єдиний цільовий показник щодо зниження кінцевого споживання в регіоні - 11,7% до 2030 року. Крім цього, було уточнено межі кінцевого і первинного споживання енергії в регіоні – 763 і 993 мільйони тон нафтового еквівалента відповідно [16]. Якщо подивитися на рисунок 1.3, то можна побачити, що на 2021 рік кількість енергії, яку мали в своєму розпорядженні європейські країни для первинного споживання, дорівнювала приблизно 1400 мільйонам тон нафтового еквівалента, тобто для виконання мети необхідно знизити споживання на 40%. Якщо говорити про 2022 рік, то за оцінками Європейського агентства з навколишнього середовища, порівняно з 2021 роком первинне енергоспоживання знизилося на 1,5%. [17]. Цю цифру багато в чому можна пояснити збільшенням цін на енергоносії та скороченням їхнього імпорту з росії внаслідок запровадження санкцій, водночас вона все одно демонструє рух ЄС у бік зниження енергоспоживання.

Далі буде проаналізовано енергобаланс країни ЄС за енергоресурсами. Для розгляду було взято передкризовий 2019 рік, коли енергобаланс формувався не під впливом незвичних економічних, геополітичних і соціальних чинників, а відображав реальну ситуацію в енергетиці регіону. Рисунок 1.4 демонструє, що основою енергобалансу залишалася нафта і нафтопродукти (32,5%), за нею слідував природний газ (24%), на третьому місці по виробництву енергії перебували ВДЕ (16%).

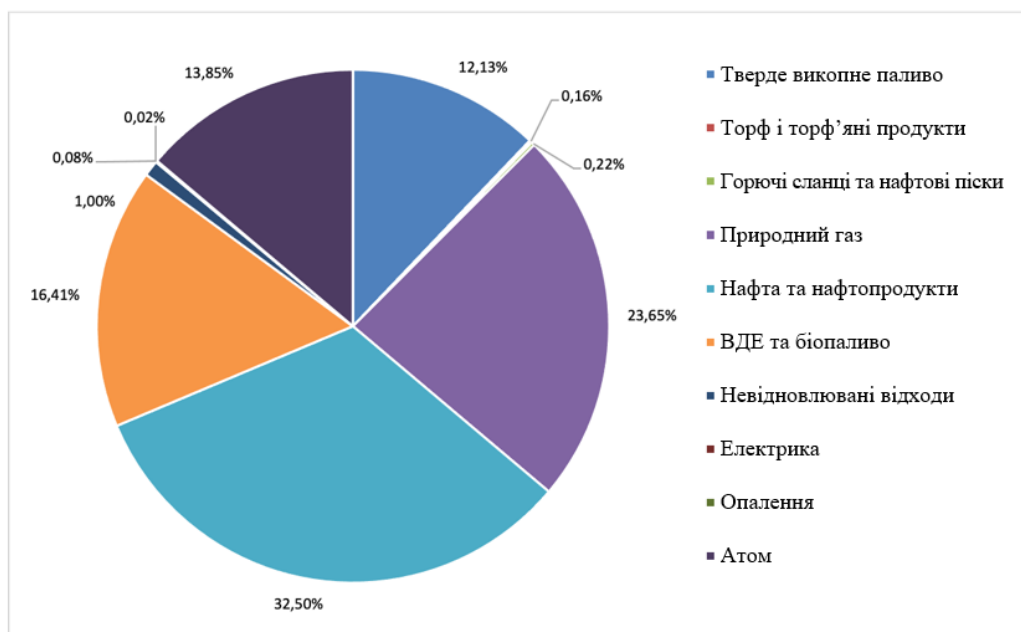


Рис. 1.4. Загальне споживання енергії в Європі за 2019 рік за видами енергоносіїв у відсотках.

Джерело: складено автором на основі даних [17]

Щоб зрозуміти, які тренди відображає енергобаланс 2019 року, необхідно подивитися на нього в динаміці. Візьмемо для аналізу також енергобаланс 2011 року. За рисунками 1.4 і 1.5 відразу можна простежити тенденцію до зниження ролі вугілля як енергоносія. Якщо 2011 року за використанням для виробництва енергії вугілля перебувало на третьому місці, то 2019 року посідало лише четверте після ВДЕ та біопалива. Також можна згадати зниження частки нафти і нафтопродуктів (33,14% у 2011 році і 32,5% у 2019 році) за рахунок зростання частки природного газу (22,5% у 2011 році і 23,65% у 2019 році) в енергобалансі.

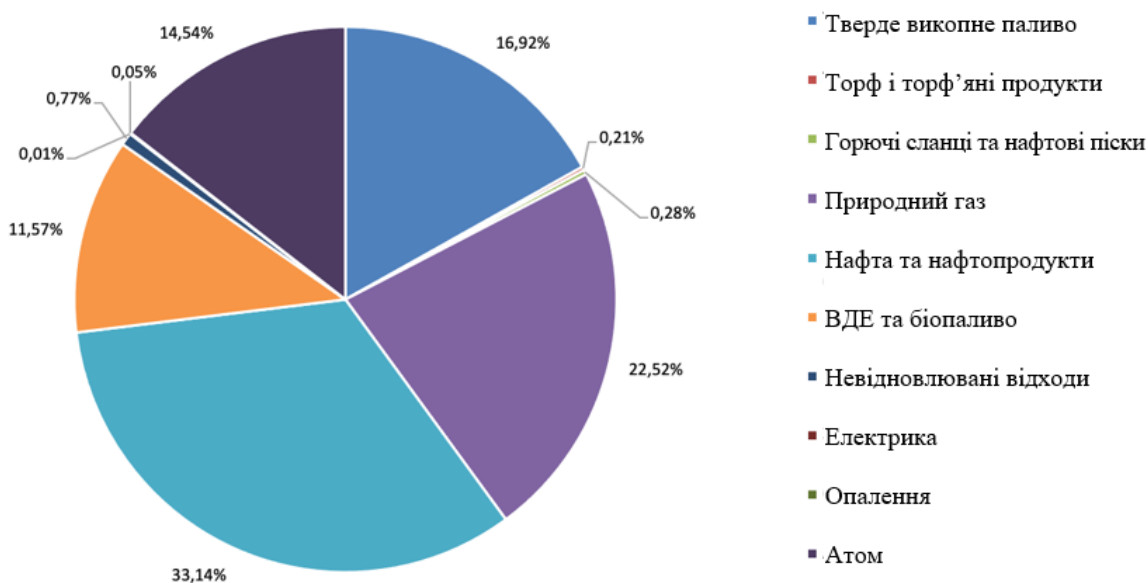


Рис. 1.5. Загальне споживання енергії в Європі за 2011 рік за видами енергоносіїв у відсотках.

Джерело: складено автором на основі даних [17]

Отже, підбиваючи проміжні підсумки про політику ЄС у сфері енергетики, можна виокремити основні тренди: прискорений перехід до низьковуглецевої економіки, стимулювання розвитку галузі ВДЕ, продовження використання вугілля як енергоресурсу, але тотальне перетворення процесів отримання енергії з нього, зберігання та утилізації, максимальне скорочення викидів. Крім цього, важливо згадати тенденції щодо інших джерел енергії, наприклад, зростання частки природного газу в енергобалансі, оскільки він є ключовим «перехідним» енергоресурсом від вугілля і нафти до ВДЕ, скорочення викидів CO₂ у транспортному секторі завдяки стимулюванню заміни особистих автомобілів із двигуном внутрішнього згоряння на електромобілі, зниження ролі атома в деяких європейських країнах, що призвело до зменшення його частки в енергобалансі ЄС і т. д.

1.2 Декаплінг як основа переходу до низьковуглецевої економіки

У попередньому пункті вже було коротко згадано концепцію досягнення розриву або зниження кореляції між збільшенням ВВП і деградацією природного капіталу, що має назву декаплінг. Саме це явище лежить в основі розвитку зеленої економіки, оскільки воно передбачає, що економічне зростання за рахунок ефективного використання ресурсів, розвитку галузі ВДЕ, інвестицій у зелені технології може здійснюватися без збільшення негативного впливу на довкілля.

До розуміння необхідності враховувати значущість екологічного чинника під час побудови моделей глобального розвитку наукове співтовариство дійшло в другій половині 20-го століття. Великим кроком у цьому напрямі стала доповідь Д. Медоуза «Межі зростання» Римському клубу 1972 року. Його робота була спрямована на вивчення п'яти процесів: прискорена індустріалізація, швидке зростання населення, нестача харчових продуктів, виснаження запасів невідновлюваних ресурсів, а також деградація стану довкілля. За експоненціального зростання ключових параметрів практично у всіх варіантах моделювання світовий розвиток закінчується кризою, голодом та епідемією [18].

Як підсумок автор знаходить один можливий шлях, який означатиме не тільки виживання цивілізації, а й подальший її розвиток – нульове зростання. При цьому кілька разів дослідник звертає увагу, що трактування цієї концепції як повна відмова від економічного зростання і відкат до примітивного суспільства з технічного погляду є надмірним спрощенням і не має нічого спільного з реальністю. Суть «нульового зростання» полягає в тому, що стійке суспільство не ставить собі за мету розвиватися екстенсивно, а спрямовує зусилля на якісний розвиток, що в теорії може означати навіть від'ємне зростання, якщо якісь галузі або сектори за сумарним ефектом є деструктивними, а не творчими. У підсумку автор доходить висновку, що таке суспільство досягне за виконання певних передумов, наприклад, розширення часової межі під час планування, зведення до мінімуму використання

невідновлюваних ресурсів, сповільнення експоненціального зростання чисельності населення тощо...[19].

Зазначимо, що подібні висновки хоч і здаються цілком логічними з погляду впливу сучасного економічного зростання на стан довкілля, вони при цьому не враховують, що науково-технічний прогрес у майбутньому може скоротити або навіть виключити багато негативних наслідків людської діяльності.

Цю можливість повною мірою враховує концепція зеленого зростання, тобто зростання на основі декаплінгу. Вона була вперше представлена Організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) у 2002 році. Саме досягнення декаплінгу було визначено як основну мету на перше десятиліття 21-го століття, яка, як зараз уже можна помітити, була масштабована і на наступні десятиліття поточного століття [20].

Загалом, декаплінг передбачає розрив кореляції між двома процесами, які раніше відбувалися синхронно. У цьому випадку це економічне зростання і деградація навколишнього середовища. Такий розрив може бути відносним і абсолютним. Перший тип передбачає продовження розвитку обох процесів в одному й тому самому напрямі, але водночас із різною швидкістю, наприклад, коли в разі збільшення ВВП парникові викиди продовжують потрапляти в атмосферу, забруднюючи її, але в меншому обсязі. Сюди також належить ситуація, коли обсяг викидів на одиницю виробленої продукції знижується, але не достатньою мірою, щоб компенсувати одночасно зростання виробництва за цей період, тобто хоча вуглецевоємність ВВП знижується, загальний обсяг викидів зростає. Другий же тип закономірно означає розрив між процесами і в швидкості, і в напрямку. Відносний декаплінг може стати абсолютним, якщо темп економічного зростання буде компенсований темпом зростання ефективності та продуктивності [21]. Важливо зазначити, що при цьому не кожен відносний декаплінг у якийсь момент перетворюється на абсолютний. Наприклад, зниження забруднення навколишнього середовища внаслідок

підвищення ефективності використання матеріалів може довгий час сприяти відносному декаплінгу, так і не переходячи в абсолютний [22].

Крім вищезгаданої класифікації розрізняють також декаплінг впливу і ресурсний декаплінг. Перший означає зменшення негативного впливу на навколишнє середовище при збільшенні обсягів виробництва, наприклад, зниження обсягів викидів, зменшення деградації ґрунтів тощо. Другий тип полягає в підвищенні продуктивності ресурсів, тобто зменшенні обсягів ресурсів, які необхідні для виробництва одиниці економічної продукції [23].

Важливим зауваженням моделі декаплінга є часовий аспект. Концепція передбачає, що розрив між економічним зростанням і погіршенням екологічної обстановки зберігається в часі, поки економіка продовжує зростати. Це означає, що періоди, коли обсяг викидів закономірно зменшується і «відривається» від збільшення ВВП, не можуть бути розглянуті як декаплінг. Сюди відносяться кризи, наприклад, глобальна фінансова криза 2007-2008 рр. і криза під час пандемії 2020 року. Також глобальний або національний обсяг викидів може значно знизитися в період енергетичного переходу, наприклад, зрушення Китаю від вугілля до нафти, а США - до природного газу, призвели до такого явища. У таких випадках економісти говорять про рекаплінг, тобто ситуацію, коли після тимчасового ефекту декаплінгу тиск на екологічну обстановку знову посилюється за рахунок економічного зростання [23].

Можливість досягнення перманентного ефекту декаплінгу досі ставиться під сумнів науковою спільнотою. При цьому багато вчених все ж сходяться на думці, що декаплінг – це не природний процес, його можна досягти тільки шляхом політичного втручання. На цю тему написано досить багато досліджень, у рамках яких економісти ставлять перед собою мету на основі різних доказових баз навести конкретні приклади ефекту декаплінгу. Однією з таких є відносно свіжа робота фінських дослідників 2020 року. На основі розгляду 179 статей про декаплінг автори виявили, що у світовій практиці наразі немає прикладів постійного абсолютного декаплінгу ресурсів ні в глобальному розрізі, ні в національному. Абсолютний декаплінг впливу, за

висновком авторів, можливий, але найчастіше він зумовлений конкретними економічними та політичними факторами і не є загальносвітовою тенденцією до зниження впливу людської діяльності на стан довкілля [24].

Це доводить не тільки той факт, що декаплінг можливий тільки за активної участі урядів країн, а й те, що поки що ця концепція існує в рамках припущення. Подальший розвиток людської цивілізації справді набагато легше уявити в контексті зеленого зростання, ніж нульового, але водночас на цьому етапі обидва сценарії видаються складно досяжними. До такої ж думки схиляється багато економістів. Так, експерт зі сталого розвитку Т. Джексон у роботі «Процвітання без зростання» доводить, що декаплінг аж ніяк не може бути вирішенням проблеми економічного зростання. Найчастіше в прикладах глобального декаплінгу зниження забруднення або використання матеріалів за рахунок поліпшення ефективності або продуктивності компенсується збільшенням масштабів економічної діяльності. Для того, щоб концепція декаплінгу працювала, у світі, де мешкає 9 мільярдів людей, кожен з яких прагне до доходу, порівнянного з 2% зростанням середнього доходу ЄС сьогодні, інтенсивність викидів повинна щорічно скорочуватися на 11%, тобто в 16 разів швидше, ніж вона скорочується з 1990 року [25].

З використанням ресурсів ситуація ще складніша. Лише в окремих розвинених країнах зараз спостерігається певна стабілізація потреби в ресурсах (Німеччина, Нідерланди та ін.). У деяких розвинених і практично у всіх країнах, що розвиваються, ця потреба продовжує стрімко зростати, що вже суперечить концепції декаплінгу. Необхідно також узяти до уваги, що ті розвинені країни, які вийшли на плато за прямим споживанням матеріалів, часто імпортують більшу частину готової продукції з-за кордону, не виробляючи її всередині країни та не витрачаючи на це ресурси... [25].

Таким чином, декаплінг – це вкрай суперечлива концепція, яку наукова світова спільнота частково підтримує, а частково відкидає саму можливість її життєздатності. При цьому поки що це найбільш обґрунтований сценарій світового розвитку, хоча й такий, що видається дещо спрощеним для моделі, за

якою передбачається подальше існування людської цивілізації, де, як правильно помітив Т. Джексон у своїй праці, кожна людина з 9 мільярдів прагне процвітання і зростання особистих доходів. При цьому поки що не існує такого соціально справедливого, екологічного і достовірного сценарію, де кожна людина могла б задовольняти свої потреби повною мірою навіть у рамках зеленого зростання [25].

1.3 Наслідки кризи 2020-2023 рр. для європейського енергетичного ринку

Як ми зазначали вище, чітко визначена і формалізована система цільових показників зі скорочення викидів і зменшення згубного впливу діяльності людини на довкілля досить тривалий час мала великий успіх і справді вела ЄС до вуглецевої нейтральності. Але події початку 2020-их, що тягнуть за собою тяжкі наслідки та невизначеність, змусили Європу на деякий час відкласти намічені цілі щодо повної декарбонізації економіки та сконцентруватися на більш релевантних на теперішній час проблемах.

Пандемія COVID-19 2020 року відсунула зелений порядок денний на другий план. Уряди європейських країн більше були сконцентровані на боротьбі з вірусом і забезпеченні населення засобами індивідуального захисту, ліками та продовольством. Жорсткий режим ізоляції, закриття офісів, обмеження всіх видів заходів, зупинка роботи заводів і підприємств, локдаун цілих галузей економіки призвели до зниження попиту на енергоносії 2020 року на 25% [26]. У контексті декарбонізації таке різке і непередбачуване падіння попиту на енергію стало великим проривом. Світові викиди CO₂ скоротилися на 5%, хоча з початку 1990-их років вони виключно зростали. В ЄС зниження викидів сягнуло 10% порівняно з 2019 роком [27].

Наступні роки тільки посилили невизначеність, що панувала у світовій енергетиці. 2021 року прискорене відновлення економіки після пандемії, різке

зростання попиту на енергоносії, а також інші специфічні причини (посухи, повені, сповільнення швидкості вітру) спровокували зростання цін на них, що призвело до енергетичної кризи, яка зачепила всі види палива і практично всі регіони світу. Але для Європи переломним моментом став лютий 2022 року, коли росія почала війну в Україні. Ще сильніше піднялися ціни на природний газ, перебої в постачанні, а також потенційний дефіцит природного газу на європейському ринку перед початком опалювального періоду, що призвели до зростання цін на електроенергію в ЄС, які в першій половині 2022 року злетіли до 0,35 євро за кВт за годину, що на 23% більше, ніж наприкінці 2021 року (Рис. 1.6).

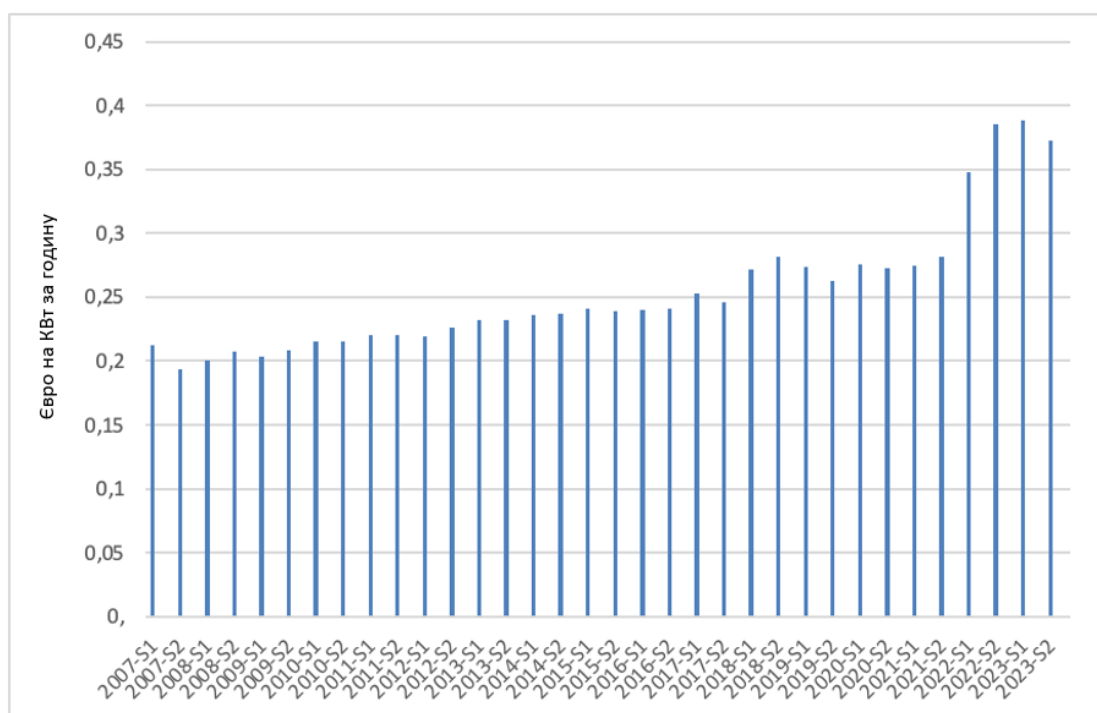


Рис. 1.6. Ціни на електроенергію для домогосподарств у країнах ЄС з 2007 по 2023 рр.

Джерело: складено автором на основі даних [27]

Кризові явища останніх трьох років справили також сильний вплив і на енергобаланс Європейського Союзу. Рисунок 1.7 показує очікуване зростання виробництва енергії з усіх енергоносіїв у 2021 році. Важливо зазначити, що найбільше збільшилися виробництво та імпорт твердого викопного палива та ВДЕ. Хоча таке зростання, здебільшого, пояснюється необхідністю швидко відновити економіку та запустити всі виробничі процеси в регіоні, це

спостереження дає розуміння двох основних особливостей поточного енергобалансу ЄС – зростання частки вугілля та збільшення використання відновлюваних джерел для виробництва енергії.

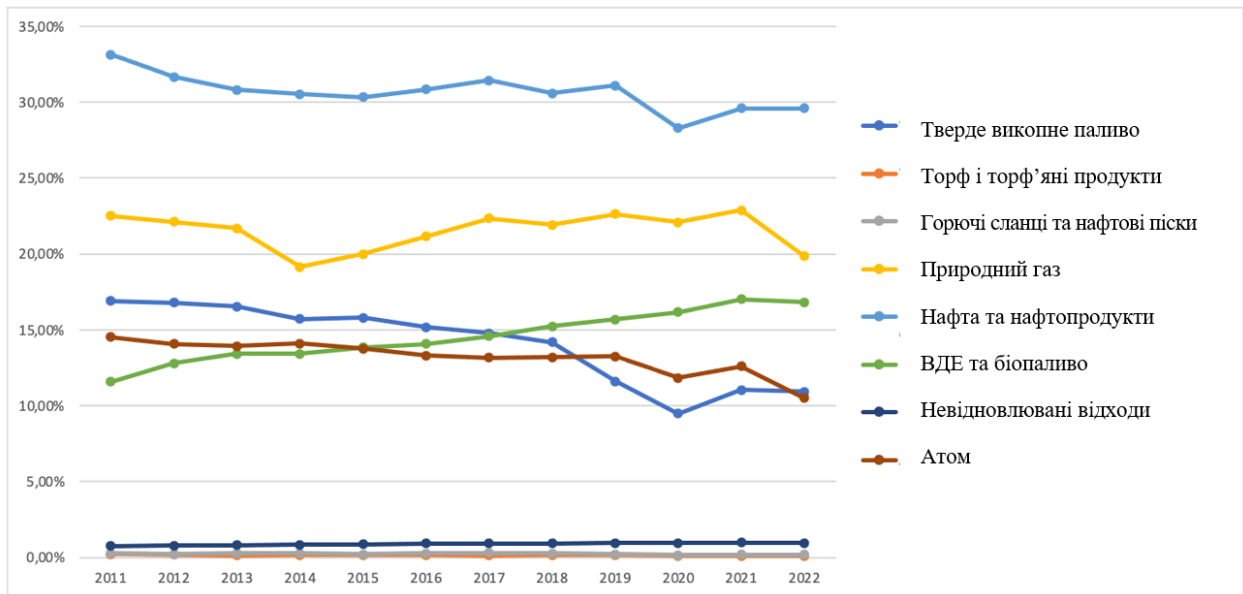


Рис. 1.7. Структура загального споживання енергії в Європі (TES) за видами енергоносіїв у відсотках, 2011-2022, %.

Джерело: складено автором на основі даних [26]

З рисунка 1.7 видно, що навіть попри пандемію та сповільнення виробничих процесів в економіці ЄС, виробництво енергії з ВДЕ та біопалива 2020 року збільшилось, порівняно з 2019 роком, на відміну від усіх інших енергоносіїв. За даними аналітичного центру Ember, 2020 року ВДЕ вперше за генерацією електроенергії обігнали викопні джерела. У рік, коли виробництво вугілля впало на 20%, а газу - на 4%, ЄС зміг забезпечити зростання вітрової та сонячної генерації в 10% [28]. Ця тенденція триває і зараз, у 2022 і 2023 рр. Так, у 2022 році вітро- та сонячна енергетика виробили п'яту частину всієї електроенергії в регіоні [29]. Продовження відновлення після пандемії, енергетична криза, санкції проти Росії, збільшення цін на енергоресурси сильно вплинули на Європу, але водночас довгостроковий тренд на декарбонізацію через перехід на ВДЕ залишається стійким, який слабо піддається змінам під впливом непростой економічної ситуації в регіоні.

Протилежну тенденцію можна помітити щодо природного газу – за планами ЄС, він має стати «перехідним енергоресурсом», завдяки якому

продовжила б знижуватися частка вугілля і нафти в енергобалансі. Рисунок 1.7 ілюструє також зниження частки природного газу внаслідок зростання цін на нього та енергетичної кризи.

У таких умовах Європейському Союзу необхідно було не тільки продовжувати слідувати цілям зеленого порядку денного, встановленим раніше, а й вживати нових заходів щодо боротьби з наслідками енергетичної кризи. 2021 року Європейська комісія закріпила мету в Європейському кліматичному законі (European Climate Law), яка передбачала досягнення кліматичної нейтральності ЄС до 2050 року. Крім цього, було позначено проміжну мету - зниження викидів CO₂ на 55% до 2030 року. Цього Європейський союз мав досягти заходами у сфері захисту навколишнього середовища, інвестиціями в зелені технології, які мали спровокувати зелене зростання, і скороченням парникових викидів виробництвами [30]. Важливим рішенням стало встановлення мети щодо зниження викидів у транспортному секторі: до 2030 року середні викиди нових автомобілів мають бути знижені на 55%, а нових фургонів - на 50%. А до 2027 року в транспортному секторі буде впроваджено систему торгівлі викидами [31].

Не можна ігнорувати певний ступінь забруднення паливно-енергетичного комплексу ЄС-27 останніми кількома роками внаслідок зростання використання вугілля. Європа сильніше за інші регіони постраждала від енергетичної кризи, оскільки країни ЄС значно залежать від поставок природного газу, ціни на який сильно зросли. Крім наслідків енергетичної кризи на рішення про продовження використання вугілля як джерела енергії вплинула низка подій, зокрема повне закриття АЕС у Німеччині, проблеми на французьких АЕС, низький виробіток електроенергії на ГЕС, що створило додаткове навантаження на електроенергетику Європи.

Якщо до 2021 року ЄС планував поступову відмову від вугільних електростанцій на всій території, то до кінця 2022 року багато вже закритих електростанцій знову відкривали і продовжували функціонування. 2021 року ключовий постачальник бурого вугілля в Європі - Німеччина - виробила на 17% більше вугілля, ніж 2020-го, а 2022 року - на 4% більше, ніж попереднього.

Такий самий тренд простежується і в інших країнах: Польща, Чехія, Румунія. Крім цього, у 2022 році імпорт вугілля в країнах ЄС зріс на 42% порівняно з 2020 роком. Невизначеність 2021 і 2022 років призвела до зростання імпорту вугілля з метою заміни ним дорогого природного газу для вироблення електроенергії в Нідерландах, Бельгії, Франції, Іспанії, Італії та інших країнах [32]. Простежуючи цей тренд, Європейська комісія ще 2021 року опублікувала повідомлення про постановку довгострокової мети на розвиток технологій уловлювання, використання та зберігання вуглецю (CCUS - carbon capture, usage and storage). Збільшення споживання вугілля, а також існування обов'язкових «брудних» виробництв у металургії, виробництві алюмінію, нафтопереробці ускладнюють рух ЄС до повної декарбонізації економіки, тому запровадження у практику технологій уловлювання, зберігання та утилізації вуглецю видається однією з ключових цілей поточного десятиліття [33].

Якщо до подій початку 2022 року, ЄС прагнув до досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року, то після вимушеної диверсифікації імпорту енергоносіїв та необхідності відновлювати енергетичну безпеку регіону європейські країни прискорили установку потужностей ВДЕ та узгодили підвищені цілі щодо переходу до чистої енергетики. Згідно з восьмою доповіддю про стан енергетики ЄС, яку було опубліковано восени 2023 року, поточна мета Європи – зменшити залежність від природного газу за рахунок активного розвитку галузі ВДЕ. У доповіді зазначено, що ключові наслідки кризи вже подолано, але щоб і далі залишатися конкурентоспроможним гравцем у різних галузях економіки, Європі необхідно швидко нарощувати виробничі потужності відновлюваної енергетики [34].

Хоча «довгострокова стратегія 2050» все ще залишається основним документом ЄС щодо поточних цілей у сфері декарбонізації, останні чотири роки визначальним чином вплинули на енергетику Європи, ще сильніше спрямувавши її в бік чистої енергетики, посилення законодавчої системи у сфері захисту довкілля та стимулювання глобальних зусиль зі скорочення викидів.

Підбиваючи проміжний підсумок дослідження, важливо окреслити висновки, які вдалося отримати на даному етапі після розгляду історичного досвіду декарбонізації в Європі, її поточних планів зі скорочення викидів та енергобалансу регіону. Країни, що входять до Європейського союзу, можна повноправно вважати лідерами з вибудовування системи покрокового переходу на економічну систему з нульовими викидами. Уже понад 20 років Європа планомірно відходить від викопного палива до поновлюваного, хоча цей перехід і супроводжується низкою складнощів і відкатів назад. Наразі в регіоні практично у всіх країнах спостерігається висхідний тренд використання ВДЕ для отримання електроенергії, який буде тільки посилюватися, коли для світової енергетики настане період стабільності.

РОЗДІЛ ІІ. ЕМПІРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗМІНУ ОБСЯГУ ВИКИДІВ CO₂ У КРАЇНАХ ЄС

2.1 Методологічні підходи до кількісного аналізу впливу активності людей на глобальне довкілля

У цьому розділі буде розглянуто основні моделі, що використовуються для оцінки впливу різних чинників на обсяг викидів CO₂. Незважаючи на те, що зараз наукове співтовариство дійшло до єдиної думки, що економічна діяльність людей неминуче і безпрецедентно впливає на навколишнє середовище, наразі немає консолідованої точки зору щодо точного набору чинників, які найбільше впливають на глобальні процеси, що руйнують стабільність екосистем. При цьому існує кілька основних кількісних моделей, які на основі вибору ключових чинників, що впливають, оцінюють внесок кожного з них у погіршення екологічної обстановки у світі або конкретній країні.

Найбільш широко визнаною і досить простою для розуміння моделлю є ІРАТ, розроблена в 1970-ті роки на основі дебатів Ерліха-Голдрена і Коммонера. У результаті їхнього дослідження було виявлено 3 ключові чинники: населення (P), багатство (A) і рівень розвитку технологій (T), кожен з яких якоюсь мірою впливає на залежну змінну - вплив людської діяльності на навколишнє середовище (I) [35]. Відповідно, перші дві змінні мають позитивний вплив, а технології - навпаки, що вищий рівень їхнього розвитку, то менший обсяг викидів, яким запобігли за рахунок імплементації цих технологій. Важливо зазначити, що хоча початковою ідеєю як T змінної було включення рівня науково-технологічного розвитку, пізніше під цим параметром почали розуміти цілу сукупність чинників, що можуть сприяти зниженню впливу людської активності на навколишнє середовище.

До ключових переваг моделі насамперед належить той факт, що вона наочно показує, що всі чинники здійснюють незалежний вплив на зміну довкілля, і жоден із них не може бути повністю відповідальним за весь негативний вплив. Саме їхнє поєднання призводить згодом до екологічної

обстановки, яку ми спостерігаємо зараз. Навіть якщо дві будь-які незалежні змінні впродовж певного проміжку часу залишаються постійними, і лише третя змінюється, перші масштабують вплив останньої, що, як результат, посилює ефект впливу на довкілля. Крім цього, модель вирізняє чіткість, ясність і конкретика її специфікації, а також легкість у використанні для ілюстрації внеску кожного з чинників.

У 1989 році цю модель було уточнено й доопрацьовано спеціально для оцінювання внеску кожного з цих чинників у зміну обсягу викидів (E), адже забруднення атмосфери парниковими газами - глобальна екологічна проблема, що є катализатором величезної кількості інших проблем, і заслуговує на окрему увагу. Так з'явилася тотожність Кайя, яка як багатство використовує ВВП на душу населення (A), а як рівень розвитку технологій – вуглецевоемність (T).

Тотожність Кайя (1989) [36]:

$$E = P \times \frac{Y}{P} \times \frac{E}{Y},$$

де E - викиди парникових газів,

P - населення,

Y - ВВП,

$\frac{Y}{P}$ - ВВП на душу населення,

$\frac{E}{Y}$ - вуглецевоемність.

На основі цієї тотожності за допомогою методу ланцюгових підстановок було розраховано внесок кожного визначального фактору в обсяг викидів у кожній із країн ЄС-27. За базовий рік брали 2013, а за останній розглянутий - 2022. У підсумку було сформовано графік, де за кожною країною можна побачити, в якій пропорції чинники впливають на збільшення/зменшення викидів CO₂.

Найбільший внесок збільшення населення (P) у зростання парникових викидів помітний у Німеччині. При цьому незважаючи на те, що за ці 10 років

населення країни зросло на 3%, обсяг викидів знизився на 20%. Як видно з рисунка 2.1, значне зростання населення перекрив активний розвиток технологій у сфері уловлювання, використання і зберігання вуглецю, а також політика, багато в чому сфокусована на кліматичному порядку денному, що сприяло зниженню вуглецевоїємності на 27%. Якщо говорити про внесок ВВП на душу населення (А), то, як демонструє рисунок 2.1, збільшення цього показника на 40% у Польщі сприяло зростанню викидів навіть за умови зниження вуглецевоїємності на 25%. Крім цього, можна зробити загальний висновок, що в більшості європейських країн визначальним фактором виявляється рівень розвитку технологій, який за 10 років, що розглядаються, значно зріс.

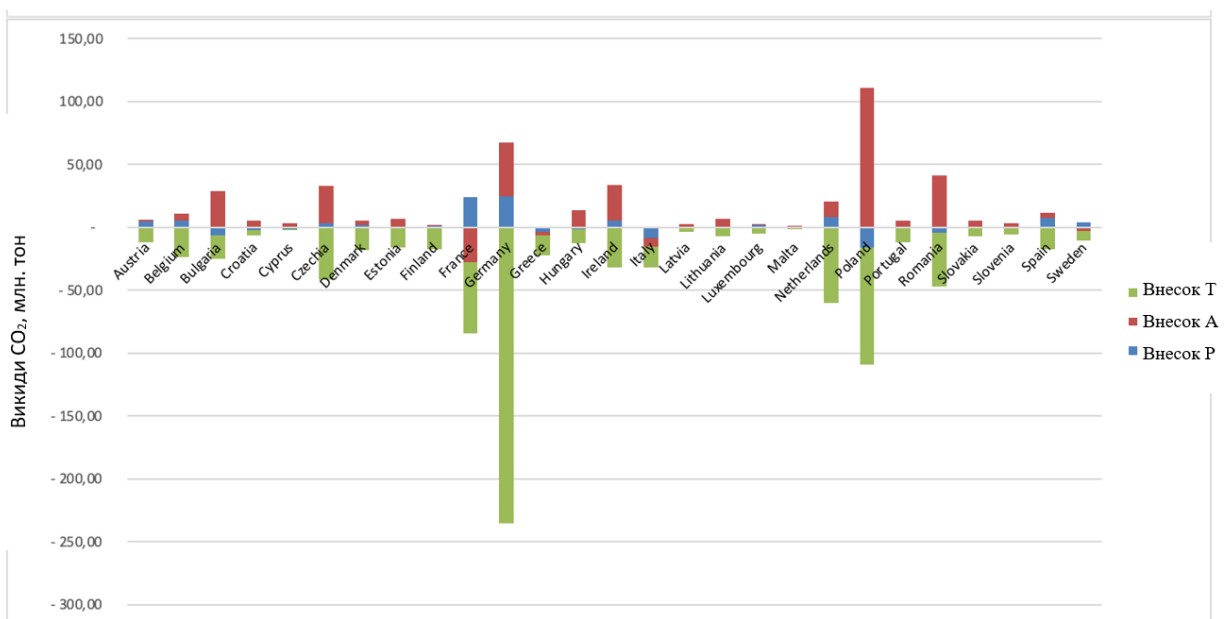


Рис. 2.1 Розподіл внесків кожного фактора моделі ІРАТ у зміну обсягу викидів CO₂ у країнах ЄС-27.

Джерело: складено автором на основі даних [32].

У деяких країнах параметри Р і А чинять негативний вплив на обсяг викидів. Наприклад, в Італії зниженню парникових викидів сприяє як розвиток технологій у цій царині, так і зменшення населення та зниження ВВП на душу населення за взятий період.

Наступним етапом розвитку науки в царині оцінювання впливу людської діяльності на довкілля є модель ImPACT, розроблена вченими Е. Ваггонером і Дж. Осубелем у 2002 році. По суті, вона є оновленням моделі IPAT із глибшим опрацюванням змінної Т. Дослідники розділили рівень розвитку технологій на інтенсивність споживання товарів/послуг у країні (С) та ефективність впливу на окремі товари/послуги (Т) [37]. В основі появи цієї моделі лежить проблема сталого зростання чисельності населення і світового ВВП. На думку творців моделі, С – це змінна, на яку держави можуть значною мірою впливати на відміну від двох згаданих вище. Недоліком цієї моделі, як і моделі IPAT, є те, що вони не враховують непропорційні та нелінійні зв'язки між визначальними факторами та залежною змінною впливу на довкілля. ImPACT і IPAT є математичними тотожностями, тобто за відсутності однієї зі змінних вона апріорі буде визначена величиною інших змінних. При цьому сучасна еколого-економічна теорія вимагає подальшого розвитку цієї галузі науки і появи більш досконалих економетричних моделей, здатних аналізувати глибші та складніші зв'язки між змінними [38].

Саме цю дослідницьку прогалину спробували заповнити вчені-економісти Е. Роза і Т. Дітц, розробивши нову модель STIRPAT зі специфікацією:

$$I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i,$$

де a - коефіцієнт, необхідний для масштабування моделі,

P , A , T - рушійні сили, які підлягають оцінці,

b , c , d - показники ступеня,

e – похибка [38].

При цьому модель допускає, що випадок $a=b=c=d=e=1$, за якого стохастична модель STIRPAT стає вже розглянутою раніше IPAT. Модель STIRPAT можна використовувати не тільки для оцінки більш непропорційних зв'язків між змінними, а й емпіричної перевірки гіпотез.

У своїй роботі 2002 року Є. Роза і Т. Дітц поставили собі за мету глибше опрацювати модель STIRPAT, розширити її, а також увести поняття екологічної еластичності (EE), необхідне для точнішої інтерпретації незалежних змінних.

Під екологічною еластичністю автори зафіксували «пропорційну зміну впливу на довкілля внаслідок зміни будь-якої рушійної сили». Використовуючи модель STIRPAT, можна оцінити екологічну еластичність за кожною зі змінних, тобто на скільки відсотків зміниться вплив людської діяльності на довкілля у разі зміни рушійної сили на 1%. Після такої оцінки на основі часових рядів або панельних даних можна сказати, наскільки екологічно еластичною є залежність між цільовою та визначальною змінною:

- коефіцієнт > 1 говорить про еластичну залежність, тобто цільова змінна збільшується швидше, ніж рушійна сила;
- коефіцієнт < 1 вказує на нееластичну залежність, тобто цільова змінна збільшується повільніше порівняно зі зміною рушійної сили [38].

Відповідно зворотна залежність діє при негативних коефіцієнтах.

На закінчення цього пункту необхідно зробити кілька важливих висновків. Пошук чинників, що сприяють збільшенню обсягу викидів CO_2 , посідає особливе місце в академічних дослідженнях, тому що негативні кліматичні наслідки цього процесу вже зараз відчувають на собі багато країн світу. Як можна помітити за різноманітним варіаціям моделі IPAT, економісти не перше десятиліття прагнуть виявити чинники, що мають значний вплив на навколишнє середовище. Саме цю дослідницьку прогалину має на меті заповнити ця робота - оцінити на основі загальної концепції моделі IPAT за допомогою економетричної моделі вплив обраних незалежних змінних на вплив людини на навколишнє середовище. Крім цього, найактуальнішим є вибір країн – ЄС-27, оскільки саме цей регіон зараз найактивніше виступає за мінімізацію викидів CO_2 , які чинять негативний вплив на екологічну обстановку регіону. Далі буде наведено докладний опис побудови моделі для виявлення вищезазначених чинників.

2.2 Первинний аналіз даних

Основною метою цього дослідження є визначення ключових факторів, що впливають на успіх декарбонізації в тій чи іншій країні, на основі кількісного аналізу. Як уже описувалося вище, він охоплюватиме країни ЄС-27 [39]. Для

аналізу було зібрано дані панельного типу (країна - рік - характеристики) за 10 років: з 2013 року по 2022 рік. Вибірка складається з 270 спостережень. Як кількісну модель було обрано кореляційно-регресійну, яка дає розуміння значущих змінних, на основі чого буде зроблено подальші висновки. Звідси випливає суть дослідження – виявлення характеристик країн, які є значущими при їхньому впливі позитивно/негативно на зменшення або збільшення викидів CO₂.

За залежну змінну було взято щорічні парникові викиди від викопного палива та промисловості в кожній із вищезазначених країн. Незалежні змінні були обрані як на основі моделі IPAT (багатство країни (affluence), населення країни (population) і використовувані технології (technology)), так і інші макроекономічні характеристики країни. Відповідно, як багатство країни було визначено щорічний рівень ВВП, а як технології – вуглецеємність країн, тобто наскільки в країні виробництво забруднене викидами. Окрім цього, до пояснювальних змінних було додано частку вугілля в енергобалансі країни, частку відновлювальних джерел в енергобалансі країни, енергетичну залежність, безробіття, енергоефективність, рівень корупції, а також показник нерівності в країні – індекс Gini.

Попередній аналіз даних варто почати із загальної характеристики змінних.

Таблиця 2.1.
Загальна характеристика змінних.

Змінна	Повна назва показника	Одиниця виміру	Джерело
emissions	Щорічні викиди CO ₂	Тонни CO ₂	Our World in Data
population	Населення країни	Чол.	Our World in Data Eurostat
GDP	ВВП	Долари США	World Bank
intensity	Вуглецевоємність ВВП країни	Тонни	Our World in Data World Bank
coal	Частка вугілля в енергобалансі країни	Відсотки	Our World in Data ESTAT
renewables	Частка ВДЕ в енергобалансі країни	Відсотки	Our World in Data ESTAT
independence	Енергетична незалежність країни	Відсотки	Eurostat
efficiency	Енергоефективність	Мільйони тон нафтового еквівалента	Eurostat
unemployment	Безробіття	Відсотки	Eurostat
corruption	Індекс корупції в країні на основі дослідження Transparency International	-	Our World in Data Дослідження Transparency International
gini	Рівень нерівності в країні	-	Our World in Data World Bank Statista

Джерело: складено автором.

Тепер перейдемо до опису окремих змінних та їх попереднього аналізу. Для початку необхідно навести описову статистику, до якої належать середнє значення, медіана, максимум і мінімум. Кількість спостережень за всіма змінними однакова – 270.

Таблиця 2.2
Описова статистика змінних.

	emissions	population	gdp	intensity	coal	renewables	independence	unemployment	efficiency	corruption	gini
Середнє	109 921 065	16 451 482	34 701	2,61E-04	13,46	16,97	0,57	8,17	49,40	63,85	0,31
Медіана	44 503 808	8 819 008	25 733	2,12E-04	8,70	14,29	0,58	7,00	22,64	60	0,31
Максимум	833 804 350	84 358 800	133 865	9,47E-04	64,09	53,31	1,04	27,80	308,29	92	0,41
Мінімум	1 356 298	437 531	6 952	6,02E-05	0,00	3,66	0,01	2,00	0,71	40	0,21

Джерело: складено автором.

Розпочати більш докладний опис змінних важливо з незалежної змінної - викиди CO₂. Почнемо із загального тренду, який можна прослідкувати за всіма

зібраними даними - викиди скорочуються, хоча в останні два роки й помітна певна тенденція до їхнього зростання, що була описана в першому розділі (Рис. 2.2). Незважаючи на ускладнення декарбонізації у 2020-ті роки, загальна спрямованість все ж вказує на зниження парникових викидів.

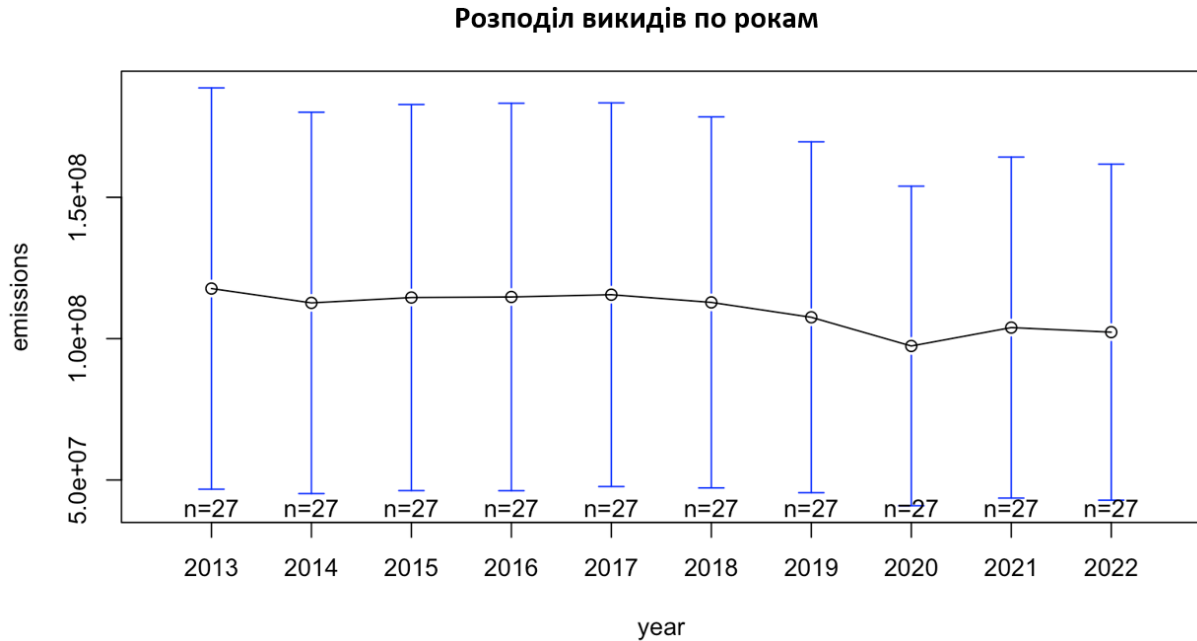


Рис. 2.2. Розподіл викидів CO₂ по рокам.
Джерело: складено автором на основі даних [32].

По країнах ЄС-27 викиди CO₂ теж сильно відрізняються (Рис. 2.3). Оскільки наше дослідження охоплює велику кількість країн, на графіку видно лише частину з них, що не заважає зробити основні висновки. Як можна помітити на графіку, головний емітент регіону за аналізований період - Німеччина, яка за цим показником у кілька разів обганяє інші країни Європи. Така закономірність цілком зрозуміла: Німеччина – промисловий лідер регіону, робота численних виробництв пов'язана з великими викидами, обсяг яких зараз держава активно намагається знижувати та регулювати, але країну з четвертим місцем у світі за ВВП не можна порівнювати з країнами, що не володіють такою потужною промисловістю. Крім Німеччини, за згаданою ознакою також виділяються Італія, Польща, Іспанія, Франція. На такий високий показник обсягу CO₂ у перших трьох згаданих країнах, крім промислових процесів, також впливає досить велика частка вугілля в енергобалансі, адже навіть нові

вугільні електростанції викидають в атмосферу в 30 разів більше парникових викидів, ніж електростанції на природному газі [40].

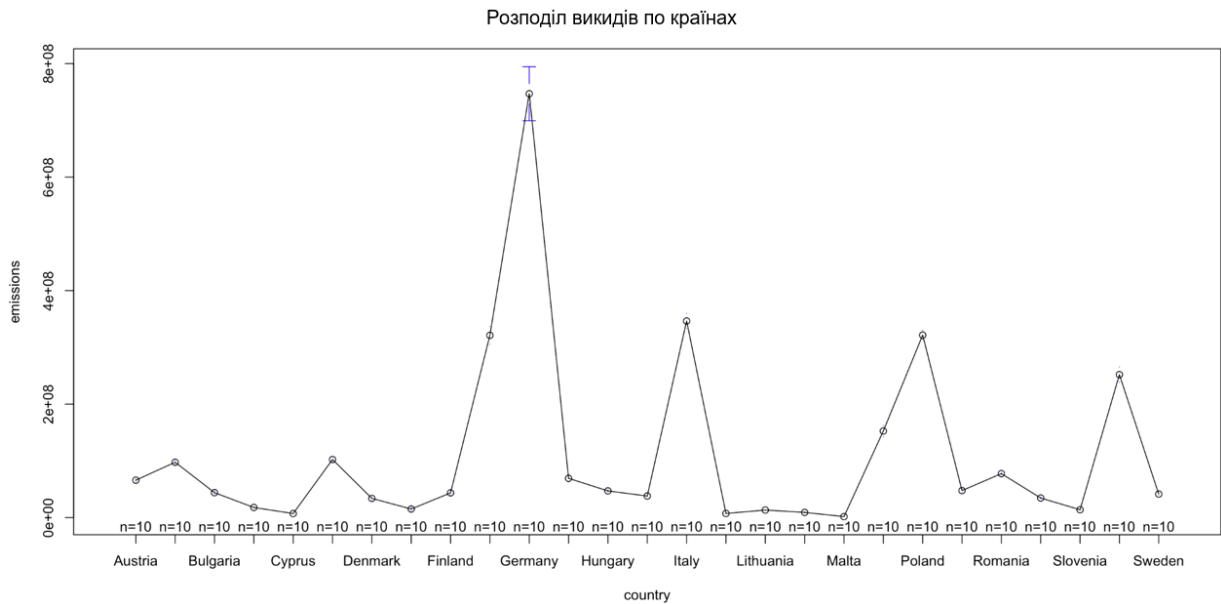


Рис. 2.3. Розподіл викидів CO₂ за країнами.

Джерело: складено автором на основі даних [32]

Далі побудуємо кореляційну матрицю Пірсона (Таб. 2.3), щоб пояснити потенційну залежність визначальної змінної від кожної з пояснювальних. З матриці видно, що одна з найбільших залежностей присутня між незалежною змінною *population* і залежною *emissions*, це свідчить про те, що країни з більшим населенням виробляють більше викидів. Цей висновок цілком логічний і це можна пояснити тим фактом, що на менше населення необхідно менше енергії, виробництво якої пов'язане з викидами, і необхідно менше промислових продуктів.

Крім цього, помітний сильний зв'язок між змінною *efficiency* і залежною змінною, що не цілком логічно й очевидно пояснюється. Але тут важливо врахувати той факт, що енергоефективність країни безпосередньо розраховується як ділення первинного споживання енергії на кінцеве. Звідси йде висока залежність між викидами та енергоефективністю в цьому аналізі: що більше люди споживають енергії, то більшими стають викиди CO₂ і навпаки. Це і пояснює сильну позитивну залежність. Решта змінних мають або слабкий позитивний, або слабкий негативний зв'язок із залежною, що буде окремо описано далі.

Таблиця 2.3.
Кореляційна матриця Пірсона.

	emissions	population	gdp	intensity	coal	renewables	independence	unemployment	efficiency	corruption
population	0.947									
gdp	0.033	0.001								
intensity	-0.044	-0.107	-0.595							
coal	0.158	0.049	-0.316	0.764						
renewables	-0.113	-0.064	0.161	-0.438	-0.309					
independence	0.016	0.010	0.254	-0.387	-0.595	-0.230				
unemployment	-0.034	0.073	-0.226	0.057	-0.118	0.052	0.170			
efficiency	0.949	0.971	0.078	-0.158	0.036	-0.056	-0.007	-0.003		
corruption	0.131	0.054	0.728	-0.524	-0.111	0.347	-0.101	-0.280	0.180	
gini	0.064	0.138	-0.207	0.227	-0.055	-0.069	0.136	0.425	0.057	-0.322

Джерело: складено автором.

Оскільки за основу було взято модель ІРАТ, як незалежні змінні важливо було виділити населення країни, ВВП і рівень розвитку технологій у сфері декарбонізації. Перші дві позитивно впливають на обсяг викидів, а третя – негативно, що і видно з кореляційної матриці вище. Також матриця показує, що між залежною змінною і показником ВВП спостерігається слабка позитивна залежність, а показником вуглецевої інтенсивності – слабка негативна. Графіки нижче (Рис. 2.4, 2.5 і 2.6) показують розподіл незалежних змінних за країнами ЄС-27. Можна побачити, що графік розподілу викидів дуже схожий на графік за змінною population, що може доводити їхню сильну кореляцію. Графіки за змінними intensity (вуглецева інтенсивність) і gdp (ВВП) показують закономірність – найвища вуглецева інтенсивність припадає на країни з найнижчим ВВП, тобто на одну одиницю ВВП припадає більше викидів у країнах, де загалом виробляється менше товарів і послуг.

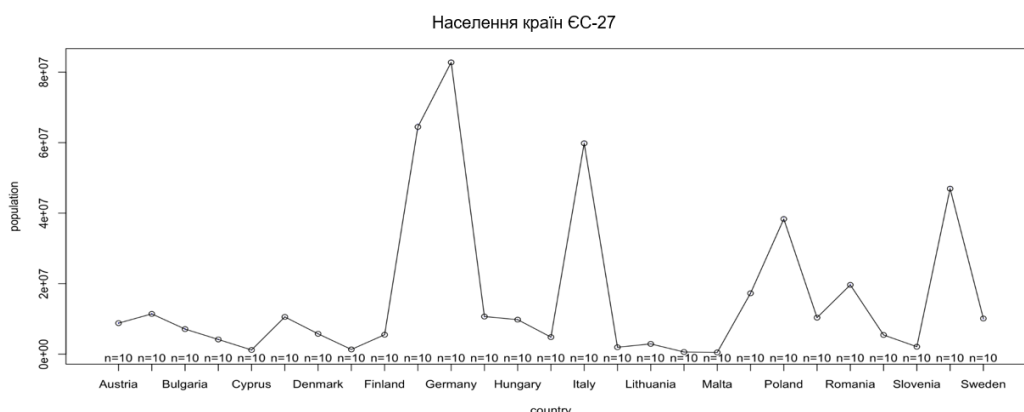


Рис. 2.4. Розподіл населення ЄС-27 за країнами.

Джерело: складено автором на основі даних [32].

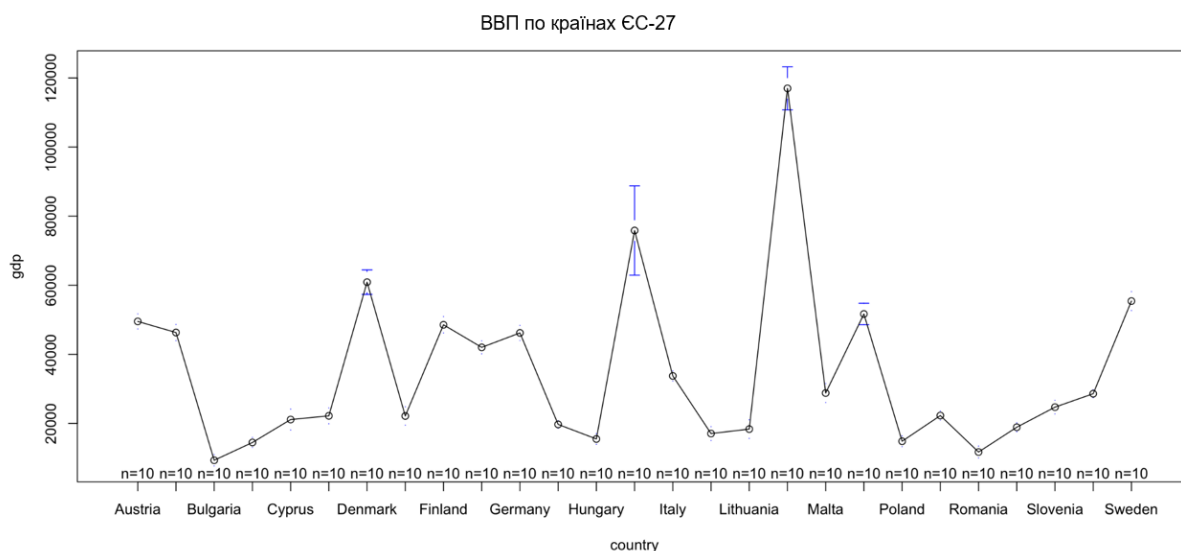


Рис. 2.5. Розподіл ВВП ЄС-27 за країнами.

Джерело: складено автором на основі даних [32].

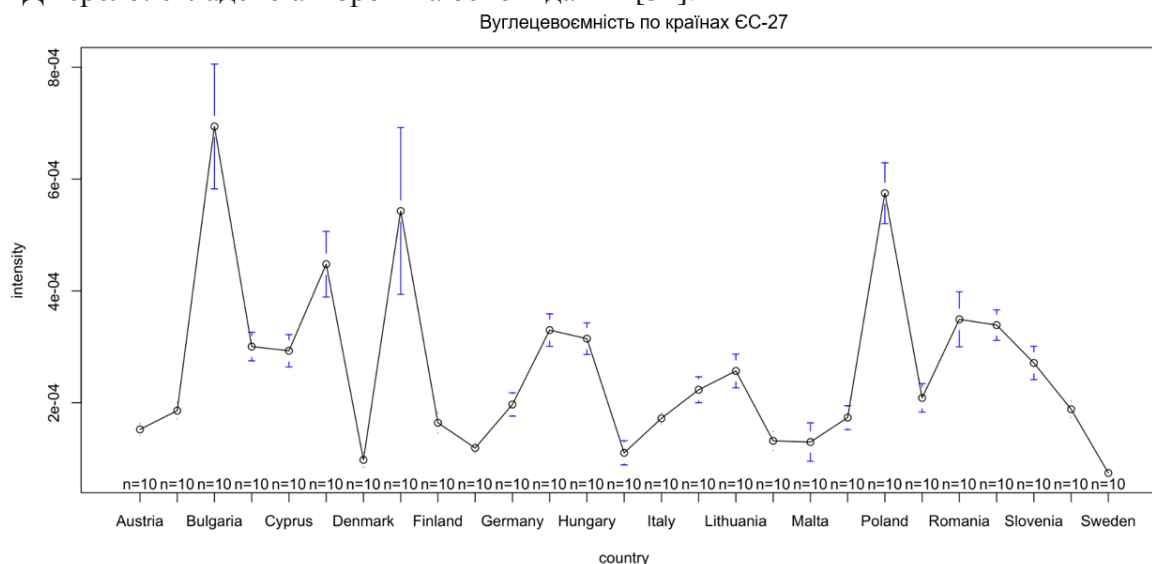


Рис. 2.6. Розподіл вуглецевоємності ЄС-27 за країнами.

Джерело: складено автором на основі даних [32].

Частка вугілля і ВДЕ в енергобалансі країни за припущенням теж закономірно впливають на обсяг викидів. Перша змінна позитивна: збільшення використання вугілля як джерела енергії негайно призводить до зростання викидів, оскільки його споживання завжди більшою мірою порівняно з іншими джерелами енергії пов'язане із забрудненням навколишнього середовища. З погляду поновлюваних джерел енергії логіка протилежна: чим більше їх використання, тим менше викидів. Кореляційна матриця (Таб. 2.3) підтверджує ці припущення. За графіками нижче (Рис. 2.7 і 2.8) можна побачити, що найвища

частка вугілля в енергобалансі спостерігається в Польщі, Естонії та Чехії, а поновлюваних джерел енергії – у скандинавських країнах Швеції, Данії та Фінляндії.

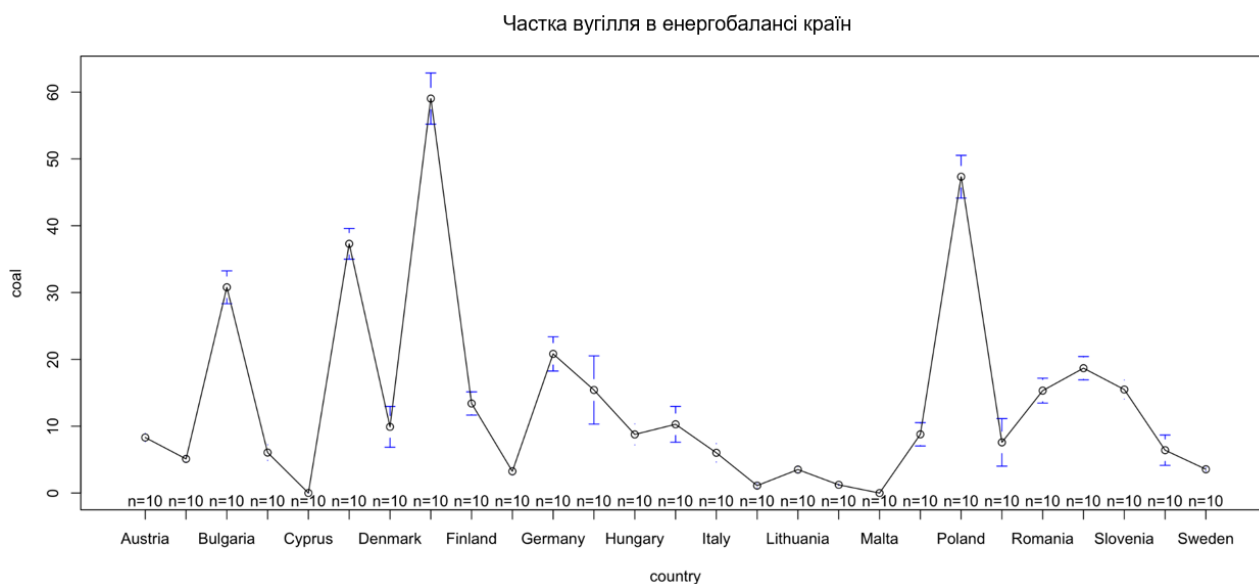


Рис. 2.7. Частка вугілля в енергобалансі ЄС-27 за країнами.
Джерело: складено автором на основі даних [32].

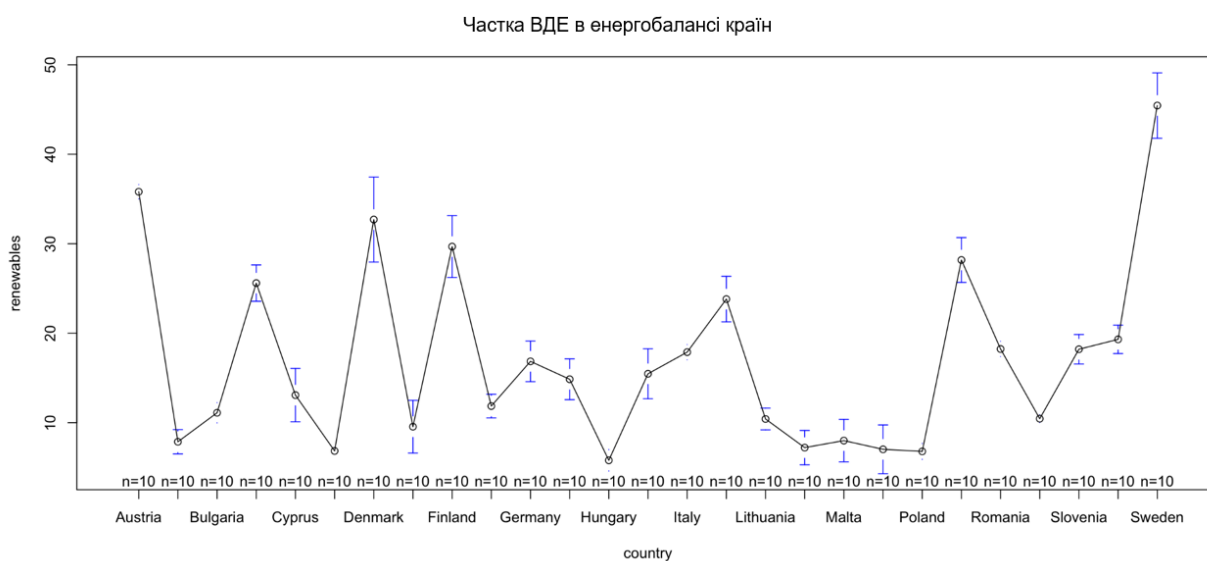


Рис. 2.8. Частка ВДЕ в енергобалансі ЄС-27 за країнами.
Джерело: складено автором на основі даних [32].

Далі візьмемо загальні характеристики країни. Судячи з матриці (Таб. 2.3), енергетична залежність країни позитивно впливає на викиди, але досить слабо. Безробіття ж впливає рівно навпаки: що вищий у країні рівень безробіття, то менше викидів вона здійснює. Залежність слабка, тому не можна

точно сказати, є такий вплив насправді чи це особливість вибірки. Корупція та нерівність мають слабкий позитивний вплив на рівень викидів.

Якщо говорити про зв'язки між незалежними змінними, то необхідно відзначити незвичайні зв'язки, наприклад, досить сильний негативний зв'язок між часткою вугілля в енергобалансі країни та енергетичною залежністю. Це може бути пояснено тим, що якщо в країні дефіцит енергоресурсів, то з більшою ймовірністю вона імпортуватиме нафту або газ, ніж вугілля. Це відбувається з екологічних міркувань, а також технологічних особливостей транспортування.

Для перевірки мультиколінеарності необхідно розрахувати фактор інфляції дисперсії (VIF) для кожної змінної. Для цього потрібно для незалежних змінних побудувати множинну лінійну регресію, де одну з них буде взято як цільовий показник, а решту - як пояснювальні. Далі VIF рахується за формулою:

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2}$$

Де R^2 – це коефіцієнт детермінації, який показує, наскільки добре регресійна модель відповідає реальності.

VIF (для змінної population) = 28,15	VIF (для змінної independence) = 2,47
VIF (для змінної gdp) = 3,08	VIF (для змінної unemployment) = 1,36
VIF (для змінної intensity) = 6,2	VIF (для змінної efficiency) = 28,39
VIF (для змінної coal) = 4,95	VIF (для змінної corruption) = 4,23
VIF (для змінної renewables) = 1,98	VIF (для змінної gini) = 1,56

Якщо значення VIF перевищує значення, що дорівнює 5, існує висока ймовірність того, що між змінними спостерігається сильна залежність, що свідчить про мультиколінеарність. Як і раніше, основні сумніви виникають щодо змінних population та efficiency, R-квадрат за якими вийшов більшим за 95. З погляду логіки мультиколінеарність населення країни з викидами CO₂ мало ймовірна, але водночас такі високі значення R-квадрату псують модель, тому під час побудови регресії їх краще позбутися або замінити.

РОЗДІЛ III. ІНТЕРПРЕТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КІЛЬКІСНОЇ МОДЕЛІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ В КРАЇНАХ ЄС

3.1 Вплив поточної структури енергоспоживання на успіх енергопереходу

Основною метою цього розділу є якісна систематизація результатів побудованої моделі, а також опрацювання інтерпретації отриманих результатів. У цьому разі чинники розглядатимуться в контексті їхнього впливу на успіх не тільки декарбонізації, а й четвертого енергетичного переходу.

Для цього коротко необхідно зупинитися на самому понятті енергопереходу. Загалом, термін і саме явище досить складні у визначенні, тому що енергопереходи не являють собою швидкий процес одноразової заміни одного джерела енергії на інше, а припускають значну трансформацію цілого комплексу елементів структури енергоспоживання під впливом якого-небудь явища. До таких явищ можуть належати місцевий або регіональний дефіцит запасів енергоресурсу, значне зниження вартості одного джерела порівняно з іншим, підвищення ролі зеленого порядку денного в суспільстві, технологічні зміни, впровадження інновацій, збільшення ефективності економічної діяльності тощо [41].

Дослідники Джилс, Вербонг та їхні колеги виокремили три ключові рівні, кожен з яких впливає на енергетичний перехід: мікрорівень – нішеві інновації, їхній розвиток зазвичай субсидується та активно підтримується державою (атомна енергетика, біопаливо тощо); мезорівень – соціотехнічні режими, тобто зацікавлені соціальні групи, формальні норми й правила; макрорівень – соціотехнічний ландшафт, що зазвичай дуже довго змінюється та слабо підпадає під вплив інших рівнів. Енергоперехід здійснюється тільки в тому разі, якщо розвиток на кожному з рівнів доповнює і корелює з іншими. Хорошим прикладом є національний перехід Франції на атомну енергетику, яку спершу уряд підтримав субсидіями та стандартизацією конструкції реакторів, потім за виникнення опору в суспільстві використанню атомної енергії різноманітними кампаніями придушив громадське незадоволення, що опісля спонукало еліту

країни замість імпортованої нафти сконцентруватися на підтримці ідеї власного виробництва енергії з атома [41]. Звідси випливає, що ключовими передумовами енергопереходу часто є технологічний прогрес, політика у сфері клімату та енергетики, а також поточна структура енергоспоживання. За таким самим принципом відбуваються і глобальні енергопереходи, але зазвичай вони сильніше розтягнуті в часі.

Четвертий енергоперехід відбувається нині і становить найбільший інтерес для дослідження. Він передбачає збільшення частки ВДЕ в енергобалансі країни завдяки зниженню частки викопних джерел енергії, зростання зелених інвестицій, декарбонізацію, декаплінг економічного зростання і деградації довкілля, реформування підходу до використання викопних видів енергоресурсів тощо. Важливо зауважити, що вперше на відміну від попередніх енергетичних переходів поточний обґрунтовано скоріше не економічною вигодою від використання дешевшого джерела енергії, а екологічними чинниками [42].

Беручи до уваги всі вищевказані характеристики поточного енергопереходу, підкреслимо зв'язок поточного енергобалансу країни та успіху переходу. Це пов'язано з тим, що його передумови, в основному, полягають у надмірному впливі економічної діяльності людини на навколишнє середовище, що призводить до поглиблення глобальних екологічних проблем, а з погляду природного розвитку енергетичної галузі більшість країн поки що не готова до здійснення цього переходу. Звідси висновок, особливо сильно характерний для Європейського союзу, до якого входять як країни, що вже подолали третій енергетичний перехід, так і країни, основою енергобалансу яких досі залишається вугілля.

Побудована в попередньому розділі модель доводить, що висока частка вугілля в енергоспоживанні країни безпосередньо впливає на сповільнення декарбонізації, в той час як висока частка ВДЕ в енергобалансі навпаки сприяє зниженню викидів, а отже, позитивно впливає на швидкість та успіх енергетичного переходу. Логічно припустити, що перед європейськими

країнами, які досі значною мірою використовують вугілля для виробництва енергії, стоїть значно складніше завдання в контексті як декарбонізації, так і четвертого енергетичного переходу, особливо якщо зважати на той факт, що мету про зниження викидів CO₂ на 55% до 2030 року закріплено для всіх країн ЄС.

Перейдемо до конкретних прикладів країн, які підтверджують зроблені висновки. Для цього було виокремлено 10 країн з найвищою часткою вугілля в енергобалансі та стільки ж з найвищою часткою ВДЕ в енергобалансі країни. Рисунок 3.1 і 3.2 демонструють вибірку зазначених країн. Серед лідерів з використання вугілля для виробництва енергії в ЄС можна спостерігати Естонію, Польщу, Чехію тощо, а серед країн, що активно переходять на ВДЕ, - Швеція, Данія, Фінляндія тощо. Крім цього, можна простежити дві цікаві тенденції, яких уже торкалися в даній роботі: зростання виробництва енергії з вугілля у 2022 році в більшості країн і збільшення частки ВДЕ у 2020 році, коли виробництво енергії з інших енергоресурсів помітно знижувалося внаслідок зменшення загального енергоспоживання.

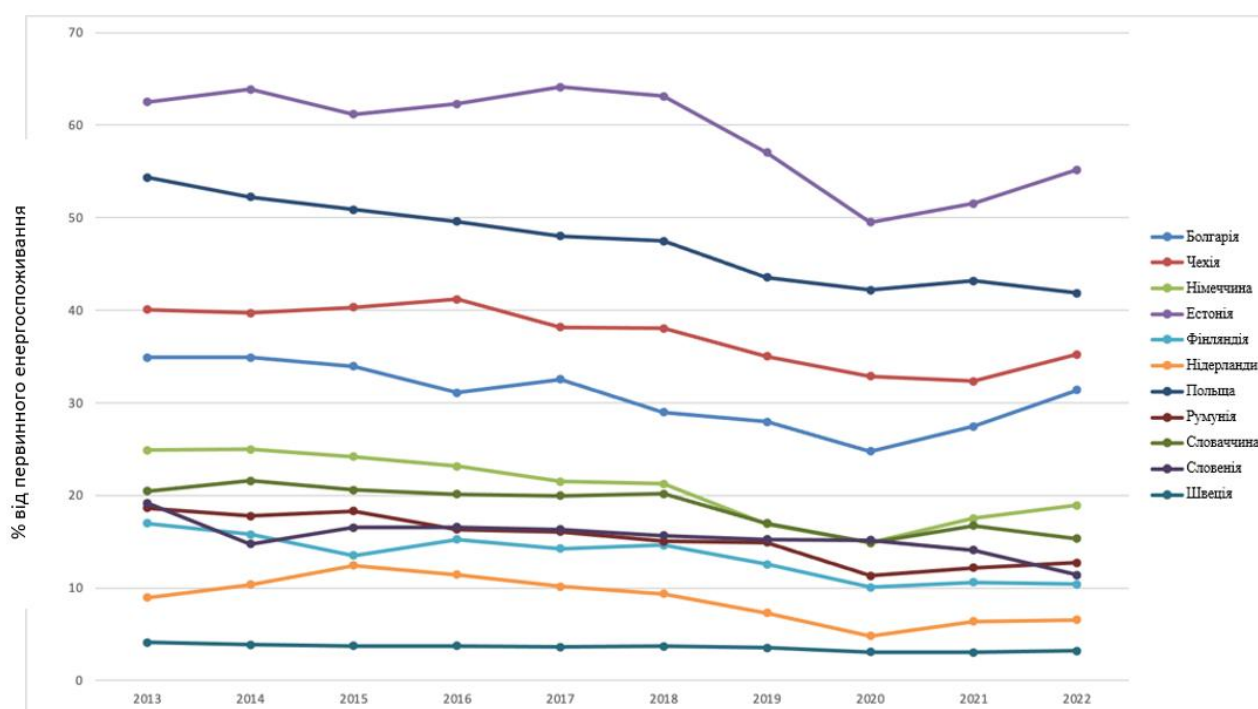


Рис. 3.1. Динаміка зміни частки вугілля в енергоспоживанні країн ЄС за період з 2013 по 2022 рр.

Джерело: складено автором на основі даних [40]

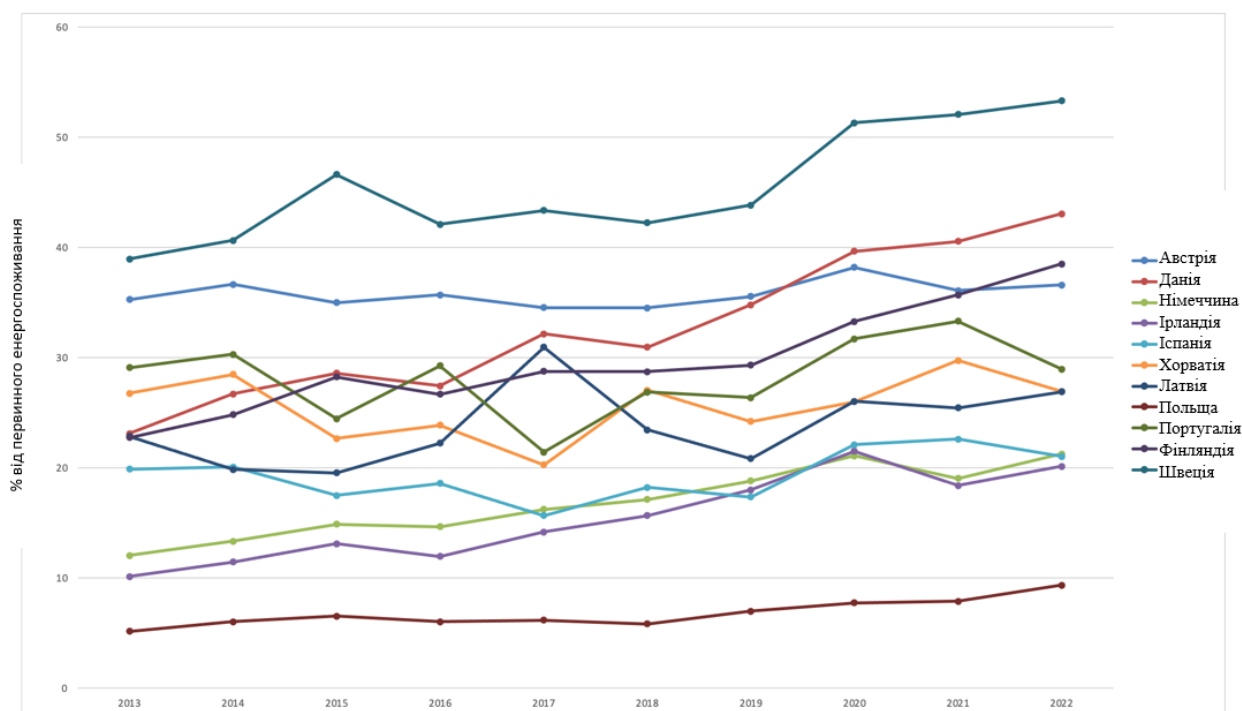


Рис. 3.2. Динаміка зміни частка ВДЕ в енергоспоживанні країн ЄС за період з 2013 по 2022 рр.

Джерело: складено автором на основі даних [40]

Для розгляду в якості кейсів було обрано дві країни – Польщу і Швецію, для наочного порівняння зазначені на обох графіках. Польща – яскравий приклад країни, поставленої в жорсткі рамки досягнення конкретних цілей з декарбонізації, які не відповідають її національним інтересам у рамках енергетичної безпеки. На 2021 рік Польща була найбільш вуглецевомною країною в ЄС [43]. В даний час приблизно 42% первинного енергоспоживання [44] у країні і 80% виробництва електроенергії припадає на вугілля [45]. Закономірно, що для досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року, як закріплено в цілях ЄС, Польщі потрібні більш кардинальні заходи зі скорочення викидів. За період з 1990 до 2022 року Польща знизила викиди CO₂ на 14%, чого недостатньо для виконання мети зі скорочення викидів на 55% до 2030 року (Рис. 3.3).

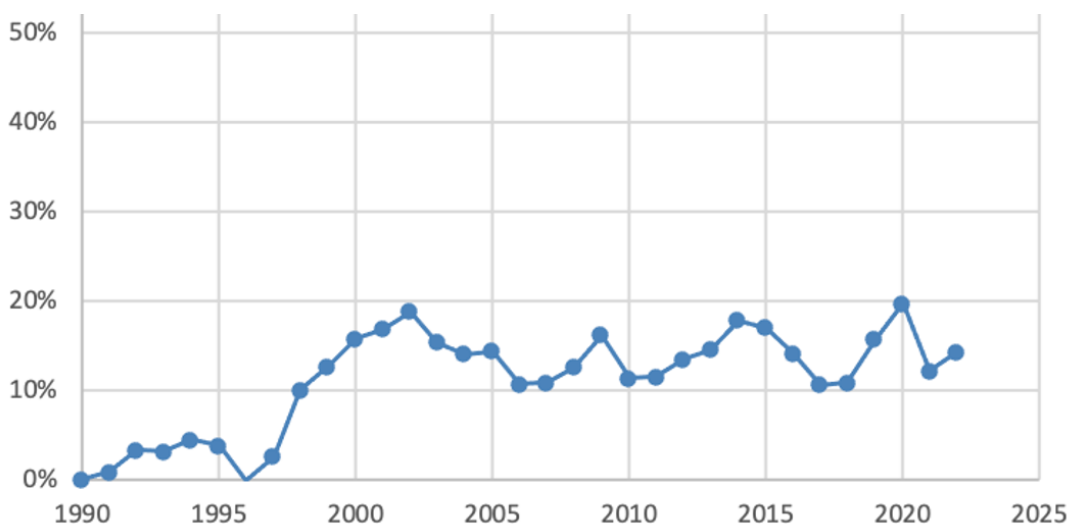


Рис. 3.3. Зміна обсягу викидів порівняно з 1990 роком у Польщі у відсотках.
Джерело: складено автором на основі даних [46]

При цьому Польща справді домоглася великого прогресу за останні роки у збільшенні частки ВДЕ в енергобалансі (Рис. 3.3): зараз польський ринок є одним із найдинамічніших у Європі в контексті розвитку фотоелектрики, у країні заплановано здійснення безлічі проєктів у сфері вітроенергетики, а також багато робиться для підвищення енергоефективності та електрифікації попиту [46]. Але необхідно розуміти, що навіть такі високі темпи впровадження ВДЕ в країні не відповідають намірам ЄС щодо декарбонізації.

Однією з ключових проблем енергетики Польщі є вкрай високий ступінь орієнтованості всієї енергетичної системи на використання вугілля. Історичне домінування вугілля, багаторічна інфраструктура і висока зайнятість у галузі змушують уряд країни продовжувати її субсидування [46]. Також ситуацію ускладнює і цілий комплекс інших чинників: повна відмова від імпорту російського газу і необхідність диверсифікувати ланцюжки поставок енергоресурсів, слабка нормативно-правова база, відсутність інвестиційної підтримки з боку держави і складності адміністративного процесу для інвестування в галузь. Поточна висока частка вугілля в енергобалансі Польщі, по суті, визначає для неї ускладнений енергоперехід, тому що стратегія країни в контексті декарбонізації має містити не тільки заходи, спрямовані на збільшення частки ВДЕ, а й кроки з вирішення проблем із зайнятістю,

енергетичною інфраструктурою, реформуванням підходу до використання вугілля (впровадження технологій CCUS), трансформацією нормативної бази і т.д. Також високий ступінь використання вугілля для виробництва енергії в країні не дає змоги відмовлятися від технічних можливостей для досягнення вуглецевої нейтральності, наприклад, атомних електростанцій, нових газових електростанцій із вловлюванням вуглецю, які можуть бути не підтримані громадською думкою через занепокоєння з приводу безпеки або високих витрат [47]. У той час як у країн з уже низькою часткою вугілля в енергоспоживанні є більший простір для вибору.

Яскравим прикладом країни, де історично сформований енергобаланс і висока частка ВДЕ в енергоспоживанні визначили можливість прискореної декарбонізації, є Швеція. Наразі це один із лідерів у світі за швидкістю досягнення вуглецевої нейтральності. Якщо деякі країни ЄС зазнають складнощів із виконанням базових цілей за Паризькою угодою, то Швеція ставить перед собою ще більш амбітні завдання – досягти скорочення викидів на 59% до 2030 року і повністю стати вуглецево-нейтральною країною до 2045 року (Рис. 3.4) [48]. На 2022 рік у Швеції всього 3% енергії виробляється за рахунок вугілля. Здебільшого, енергобаланс складають біопаливо (29%), атом (28%), а електроенергія на 41% виробляється з гідроресурсів і на 30% з атомної енергії [49].

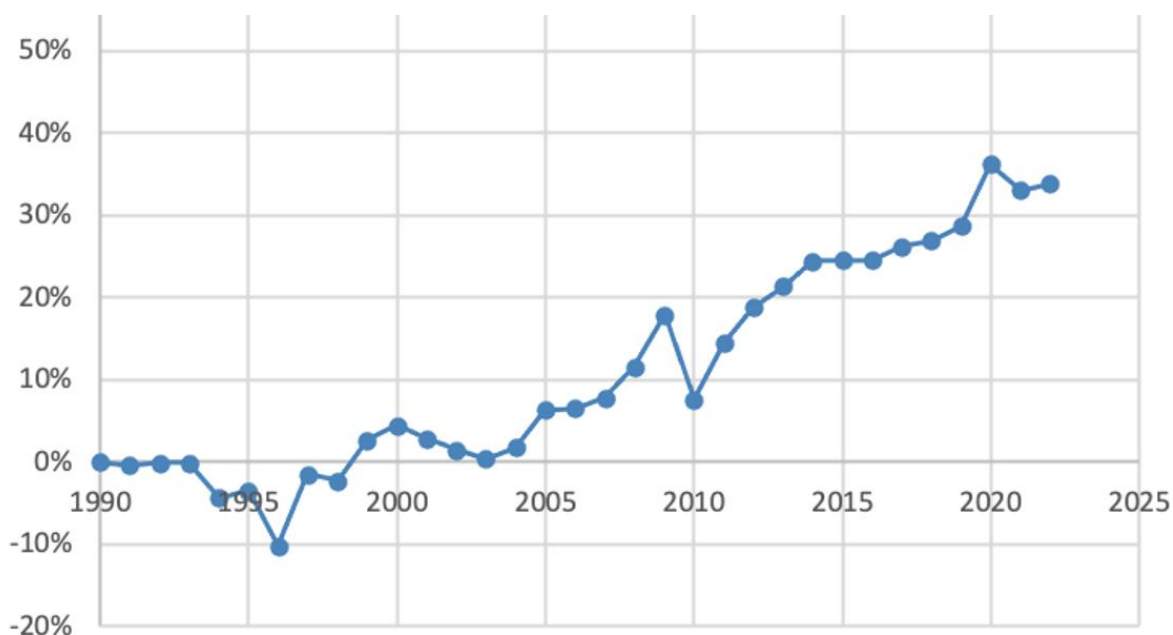


Рис. 3.4. Зміна обсягу викидів порівняно з 1990 роком у Швеції у відсотках.

Джерело: складено автором на основі даних [48]

Крім особливостей історичного розвитку, Швеція домоглася успіху в галузі декарбонізації також завдяки тому, що це перша країна у світі, яка встановила ціну за викиди (система торгівлі викидами і податки на вуглець покривають 77,3% викидів у країні [50]), і наразі вона одна з найвищих у світі. У Швеції енергетична політика у високому ступені інтегрована з цілями ЄС щодо виконання Паризької угоди: система бонусів/штрафів для заохочення використання автомобілів з низьким обсягом викидів або на біопаливі, інвестиції в атомну та гідроенергетику, розвиток інших ВДЕ тощо [51].

Таким чином, на основі кількісної моделі та наведених вище конкретних прикладів країн було зроблено висновок – поточна структура енергоспоживання впливає не лише на сам процес декарбонізації, а й на успіх енергетичного переходу, що країни мають враховувати під час формування енергетичних політик і стратегій досягнення вуглецевої нейтральності.

3.2 Економічні та соціальні характеристики країн ЄС як значущі чинники в контексті декарбонізації

Перейдемо до інтерпретації результатів моделі, що стосуються економічних і соціальних характеристик країн, які зазвичай не асоціюються з процесом декарбонізації та енергетичним переходом. У результаті побудови кількісної моделі було виявлено, що рівень безробіття (макроекономічний фактор) і корупції (соціальний фактор) у країні є значущими факторами з погляду впливу на обсяг викидів, що безпосередньо пов'язано з досягненням вуглецевої нейтральності.

Щодо рівня корупції було отримано досить цікаву закономірність: при збільшенні показника, тобто при поліпшенні корупційної ситуації в країні, викиди знижуються. У цьому разі такий зв'язок можна пояснити низкою причин. Наприклад, корупція в країні може призводити до відсутності накладення штрафу або будь-якого іншого покарання за недотримання екологічних стандартів, що згодом призводить до збільшення обсягу викидів.

При цьому висока корумпованість державного апарату в країні часто є причиною відсутності належного нагляду за виконанням екологічних норм, а також нераціонального використання ресурсів за рахунок зацікавленості еліти в задоволенні особистих інтересів, а не державних. Загалом, високий рівень корупції в країні – це внутрішня проблема, яка знижує пріоритетність завдання екологізації суспільства. Рисунок 3.5 демонструє рейтинг країн ЄС за рівнем корупції в країні. Найменш корумпованою країною є Данія, далі йдуть очікувано інші скандинавські країни, а також найбільш економічно розвинуті країни Європи – Фінляндія, Швеція, Нідерланди та Німеччина, останні місця посідають Болгарія та Угорщина. Як можна помітити, серед лідерів справді є ті країни, які є найбільш націленими на досягнення вуглецевої нейтральності та є досить успішними в цій царині.

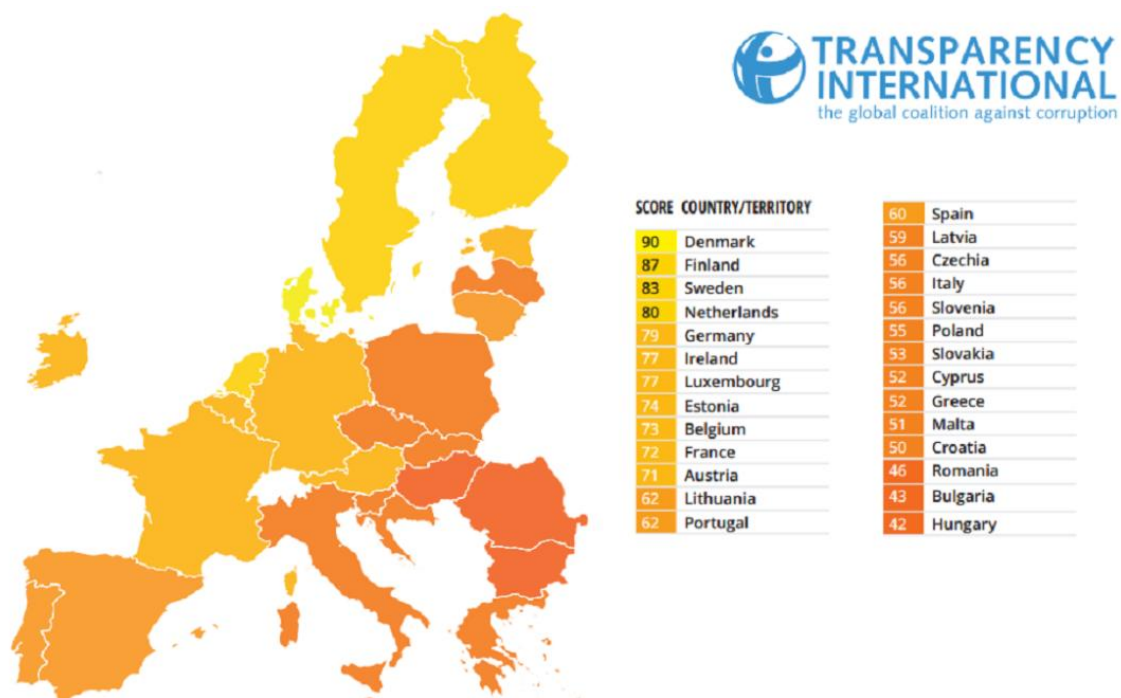


Рис. 3.5. Індекс сприйняття корупції (CPI) у країнах ЄС за 2022 рік.
Джерело: складено автором на основі даних [52]

При цьому рівень корупції – це ще й політичний чинник, який є оцінкою функціонування державного апарату в країні. Унаслідок цього залежність між обсягом викидом, а також успіхом четвертого енергетичного переходу і рівнем корупції досить важко відстежити і виміряти. Виходячи зі складного характеру

цього зв'язку, не можна з упевненістю стверджувати, що він простежується в кожній окремій країні і не є особливістю взятого в кількісній моделі періоду.

Тепер перейдемо до іншого значущого дослідження – рівня безробіття. Тут теж на основі побудованої моделі було виявлено незвичайну закономірність – при зростанні рівня безробіття викиди CO₂ скорочуються. Пояснень цієї залежності може бути безліч, оскільки вона, як і зв'язок рівня корупції та успіху енергетичного переходу, не зовсім очевидна. Ключовим припущенням є той факт, що в разі посилення впливу зеленого порядку денного в країні й ухвалення заходів із вуглецевого регулювання витрати компаній збільшуються за рахунок появи необхідності використовувати конкретні установки на виробництвах або платити за викиди (податок/стеля викидів). Це збільшення витрат призводить до того, що компанії змушені звільняти частину працівників, що сприяє зростанню безробіття. Як наслідок, досягається основна мета держави – викиди скорочуються, але зі зниженням зайнятості.

На цю залежність можна подивитися і з іншого боку: за прискорення декарбонізації держава змушена зіткнутися зі зниженням зайнятості в галузях енергетики, пов'язаних з отриманням енергії з викопних видів палива. Це призводить до загального зростання безробіття в країні. Такий вплив особливо помітний у країнах, де викопні джерела енергії є основою енергоспоживання, тому відмова від них призводить до погіршення економічної стабільності.

Часто через вищезазначену кореляцію між рівнем безробіття та успіхом декарбонізації держави змушені обирати між економічною стабільністю в короткостроковій перспективі та погіршенням екологічної обстановки в довгостроковій, або певною дестабілізацією економіки зараз задля поліпшення екології в майбутньому. Декарбонізація і перехід на ВДЕ в рамках кожної країни вкрай важливі для економічного сталого розвитку, розв'язання глобальної проблеми деградації довкілля, зниження залежності від імпортного викопного палива тощо. При цьому в конкретний момент часу більша частина інфраструктури для ведення економічної діяльності в багатьох країнах орієнтована на традиційні джерела енергії, тому в короткостроковому періоді

зниження зайнятості, а також інші внутрішні економічні проблеми від вимушених трансформацій енергобалансу неминучі. Саме тому дуже важливий крок на шляху до енергетичного переходу – стимулювання зелених інвестицій з боку держави [52].

Також макроекономічним чинником, який, за науковими дослідженнями, впливає на декарбонізацію, є економічне зростання. Воно сприяє розвитку галузі ВДЕ і в перспективі створює умови для поліпшення екологічної обстановки. Цьому присвячений феномен екологічної кривої Кузнеця, який полягає в тому, що між деградацією довкілля та економічним розвитком існує U-подібна залежність. Передбачається, що на ранніх етапах економічного розвитку країни якість довкілля погіршується набагато швидше за зростання доходів населення, потім досягається певний переломний момент, після якого забруднення починає відбуватися повільніше за економічне зростання. Незважаючи на те, що поки що доведених прикладів функціонування цієї теорії на практиці не так багато, сама ідея доволі логічна і легко аргументована. Дійсно, на початкових етапах розвитку суспільства в період індустріалізації пріоритет зміщується в бік збільшення виробництва матеріалів, і люди поки що надто бідні, щоб платити за скорочення викидів. Зі збільшенням доходів у країні адміністративні інститути стають ефективнішими, люди більше починають цінувати сприятливу екологічну обстановку, що сприяє зниженню забруднення. При цьому теорія не підходить для забруднювачів із довгостроковими або розосередженими витратами на їх усунення, наприклад, для викидів CO₂. Критика в бік концепції також полягає в тому, що в якийсь момент часу зв'язок між економічним зростанням і деградацією довкілля знову стає позитивним, тому зараз стає популярною ідея про N-подібну залежність, а не U-подібну. Крім цього, у цій теорії не враховано посилення демографічного навантаження у світі, яке неминуче чинитиме тиск на навколишнє середовище при збільшенні доходів [53]. При цьому складно заперечувати той факт, що економічне зростання так чи інакше чинить позитивний вплив на енергетичний перехід, тому що досягнення вуглецевої нейтральності – це процес, який

потребує значних інвестицій, сприятливого інвестиційного клімату і стимулів з боку держави. Усе це характеризує, як правило, вже економічно розвинені країни.

Грунтуючись на трьох прикладах економічних і соціальних характеристик країн, наведених у поточному пункті, можна дійти висновку, що, як і передбачалося на початку дослідження, країнові показники впливають на успіх декарбонізації, сприяючи йому або, навпаки, сповільнюючи. Було виявлено, що деякі зовнішні чинники впливають не безпосередньо на процес декарбонізації, а опосередковано створюють певні умови для сприятливого розвитку галузі ВДЕ або привабливого інвестиційного клімату, які вже сприяють зниженню забруднення. При цьому в будь-якому зі згаданих варіантів цей вплив є значущим і може бути оцінений за допомогою економетричних моделей.

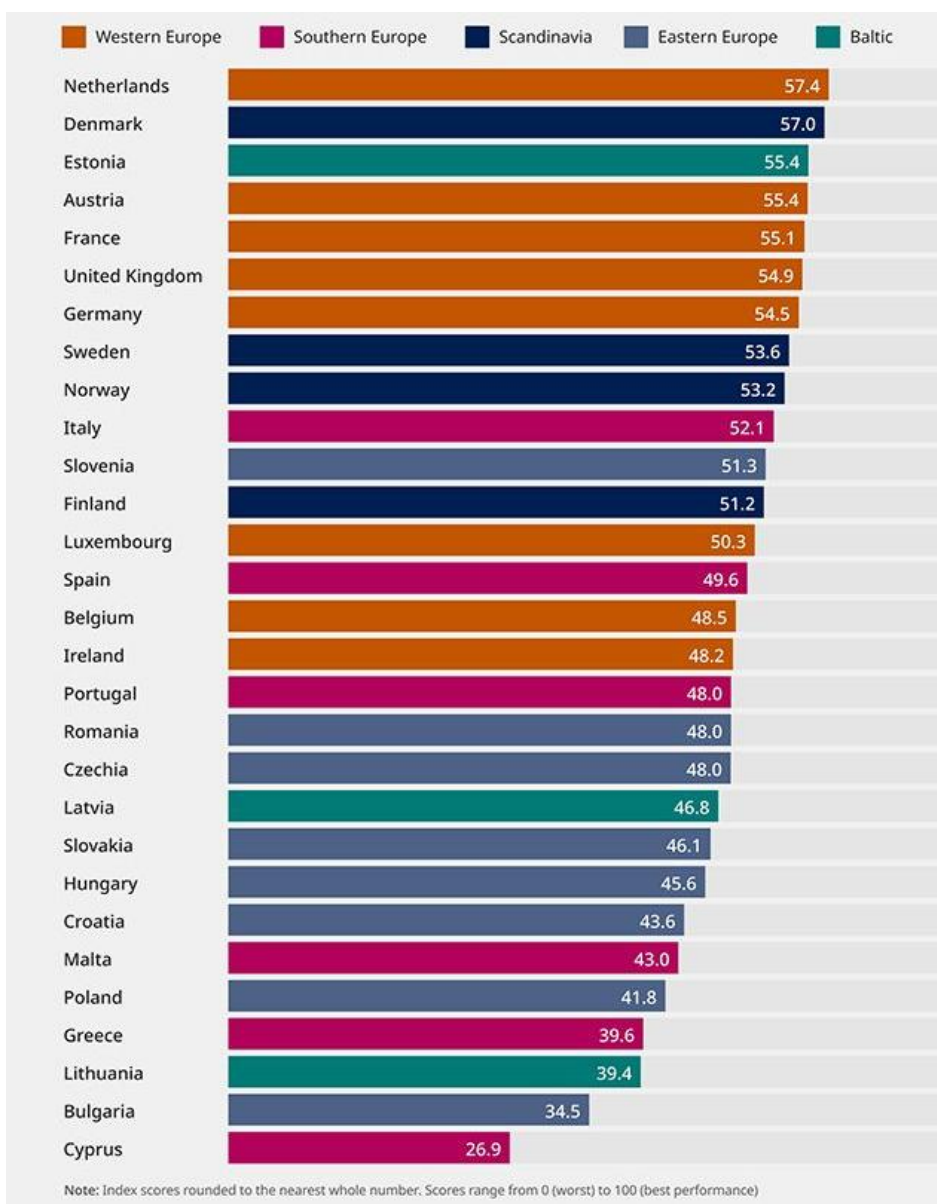
3.3 Перспективи країн ЄС у досягненні вуглецевої нейтральності

Тепер перейдемо до важливого завершального завдання дослідження - оцінити можливості країн ЄС у досягненні поставлених цілей у рамках енергетичного переходу.

Звіт Міжнародного економічного форуму 2023 року, спрямований на аналіз прогресу глобального енергетичного переходу, а також оцінку енергетичних систем у 120 країнах світу щодо їхньої готовності до декарбонізації, демонструє, що серед перших двадцяти країн за індексом енергетичного переходу (ETI) до ЄС-27 належать дванадцять (Таб. 3.1). Лідирує в цьому рейтингу Нідерланди, за нею йдуть інші країни, також у першій десятці перебувають Данія, Естонія, Австрія, Франція та Велика Британія. Це свідчить про високу готовність цих країн до досягнення вуглецевої нейтральності, якщо ґрунтуватися на ефективності енергетичних систем, що діють у них. На частку всієї першої десятки країн у рейтингу припадає 4% світового енергоспоживання, а також лише 2% викидів, пов'язаних з енергетикою, хоча в ній перебувають винятково розвинені країни Північної та Західної Європи. Найменш пристосованою структурою енергоспоживання та інфраструктурою до енергетичного переходу володіють

Кіпр (26,9), Болгарія (34,5), Литва (39,4) і Греція (39,6). Відповідно, решта європейських країн перебувають між цими двома полярними позиціями [54].

Таблиця 3.1
Рейтинг країн ЄС-27 за індексом енергетичного переходу.



Джерело: складено автором на основі даних [53]

Шляхи країн, що лідирують у вищезгаданому рейтингу, вкрай різні. Наприклад, Австрія ще у 2012 році ухвалила всеосяжний Національний план дій із впровадження ВДЕ в енергетичну систему, будучи однією з перших серед країн-членів ЄС, які об'єднали стратегію у сфері енергетичного переходу з конкретними тактичними заходами [55]. Це призвело до того, що зараз в

Австрії до 80% електроенергії виробляється завдяки низьковуглецевим джерелам, переважно гідроенергії та біопалива [56]. Франція ж, наприклад, зосередилася на розвитку атомної енергетики, за рахунок якої зараз виробляється до $\frac{2}{3}$ електроенергії в країні [57]. При цьому енергетичний перехід у всіх країнах першої десятки має схожі риси: зниження рівня енергетичних субсидій, підвищення енергетичної безпеки за рахунок диверсифікації енергобалансу, збільшення частки екологічно чистої енергії в загальному енергоспоживанні, прийнята схема оподаткування на вуглецеві викиди тощо [58]. Крім цього, у країнах, що лідирують за індексом енергетичного переходу, вкрай сприятливе для досягнення вуглецевої нейтральності поєднання економічних і соціальних чинників: досить низький рівень корупції, стабільне економічне зростання, сприятливий інвестиційний клімат, сильна нормативно-правова база тощо.

Наразі мету про скорочення викидів на 55% порівняно з 1990 роком досягла тільки Естонія, що можна пояснити насамперед низькою стартовою базою, адже обсяг викидів CO₂ в Естонії 1990 року був меншим від цього самого показника у Франції у 10 разів, у Нідерландах – у 4 рази та у півтора разу, ніж у решті країн, які лідирують у рейтингу. Також графік наочно демонструє, що Франція наразі, на відміну від інших зазначених у топ-10 країн, перебуває далеко від виконання мети ЄС про скорочення викидів. Можливо, це результат досить скромного прогресу країни в галузі зниження вуглецеємності, підвищення енергоефективності та впровадження ВДЕ. Через таке відставання в реалізації намічених планів і цілей зараз у Франції величезна увага приділяється прискоренню енергетичного переходу і декарбонізації, тому 2021 року було видано закон про заборону автомобілів, що забруднюють довкілля, з 2030 року, а також оголошено інвестиційний план на 8 мільярдів євро, призначений для технологій декарбонізації [59].

До наступної групи країн ЄС-27 належать ті, які мають досить високі показники готовності до енергетичного переходу та ефективності поточної енергетичної системи, але при цьому ті чи інші чинники не дозволяють їм

опинитися в лідерах. Серед таких країн можна назвати Німеччину, Португалію, Іспанію, Угорщину, Люксембург, Латвію, Словенію (Таб. 3.1). Ці країни входять уже в топ-30 рейтингу за індексом енергетичного переходу.

Колосальні потреби країни в енергії, необхідні для функціонування найбільш енергоємних галузей промисловості, зокрема, хімічної та металургійної, не дають Німеччині досягти великого прогресу в контексті енергетичного переходу. Крім цього, у країні досить низький потенціал розвитку сонячної та вітроенергетики внаслідок особливостей клімату. Наприклад, 2018 року німецький ринок берегової вітроенергетики сильно скоротився, а офшорний водночас зростає низькими темпами, що не дає змоги країні досягти мету ЄС щодо встановленої потужності вітряної енергетики в 440 ГВт до 2030 року [60].

Країна, яка вже досягла мети ЄС зі скорочення викидів до 2030 року - Латвія. Цьому сприяє висока частка біопалива в загальному енергоспоживанні: майже 43% всієї енергії в країні виробляється за рахунок біопалива і відходів, а 55% електроенергії - за рахунок гідроресурсів [61]. Незважаючи на той факт, що в Латвії досить низький показник готовності до енергетичного переходу (46,8, Таб. 3.1), країна обганяє багато інших європейських держав за ефективністю діючої енергетичної системи. Цей параметр у Латвії навіть вищий, ніж у Фінляндії та Нідерландів.

Низка країн цієї групи теж мають потенціал до досягнення цілей ЄС з декарбонізації, наприклад, Німеччина, Люксембург і Угорщина. При цьому наразі досить далеко від потенційної можливості досягнення цільового скорочення викидів перебувають Іспанія і Португалія. Причиною цього є висока частка нафти в енергобалансі (44% [62] і 46% [63] відповідно). Іспанія, як і раніше, сильно залежить від імпорту викопних джерел енергії, що загострює проблему енергетичної безпеки. При цьому зараз Іспанія активно нарощує частку ВДЕ в енергоспоживанні, інвестує в будівництво комбінованих електростанцій на природному газі, які стануть основою вироблення електроенергії за умови відмови від вугілля та атомної енергетики [64].

Португалія вже повністю відмовилася від вугілля для виробництва енергії. Крім цього, країна є міжнародним лідером з розвитку вітроенергетики, що протягом багатьох років допомагало їй значно скорочувати викиди CO₂.

Таким чином, у цьому розділі було розглянуто всі країни ЄС-27 у контексті того, наскільки ймовірним у рамках тієї самої динаміки скорочення викидів, упровадження ВДЕ та підвищення енергоефективності є досягнення вуглецевої нейтральності. Тут можна зробити висновок, що за деякими винятками для країн ЄС характерна активна енергетична політика у сфері енергетичного переходу, спрямована на розв'язання проблем залежності від викопних джерел енергії, недостатньо опрацьованої нормативно-правової бази у сфері декарбонізації, системи оподаткування на вуглець, а також залучення інвестицій у зелену енергетику. Країни Західної та Північної Європи виступають локомотивом енергетичного переходу в країнах ЄС, а Східна і Південна Європа поки що відстають як за темпами скорочення викидів, так і за ступенем заміни викопного палива на ВДЕ.

ВИСНОВКИ

Європейський союз – унікальний набір країн для аналізу успіху досягнення вуглецевої нейтральності, оскільки деякі з них уже зараз досягли колосального успіху в декарбонізації, виробляючи більшу частину енергії на основі ВДЕ, а деякі – як і раніше, покладаються на викопні джерела енергії і досі нарощують обсяг викидів CO₂. З огляду на їхню географічну близькість, а також загальну спрямованість на прискорений енергетичний перехід, цей регіон представляє науковий інтерес з погляду пошуку специфічних характеристик країн, що сприяють або, навпаки, уповільнюють досягнення вуглецевої нейтральності.

У результаті побудови економетричної моделі було виявлено, що насамперед на обсяг викидів CO₂, а отже, і на успіх декарбонізації, впливає поточна структура енергоспоживання. Переважання вугілля або поновлюваних джерел енергії в енергобалансі країни визначає для неї темпи і характер необхідних заходів у сфері скорочення викидів. При цьому впливають на цей процес і рівень корупції, що визначає, наскільки раціонально розподіляються ресурси, а також наскільки швидко і безперешкодно можуть бути імplementовані всі вжиті практичні заходи щодо досягнення вуглецевої нейтральності; економічне зростання, що створює можливість для країни інвестувати в енергетичний перехід; рівень безробіття, історичний бекграунд, опрацьованість нормативно-правової бази, рівень екологічної відповідальності суспільства тощо. Звідси можна зробити висновок, що гіпотеза дослідження підтвердилася: з обраних чинників на зміну обсягу викидів CO₂ значуще впливають частка вугілля (позитивно) і ВДЕ (негативно) в енергобалансі, рівень безробіття (негативно), а також рівень корупції (негативно).

Окрім цього, подальше дослідження показало, що всі ці закономірності працюють на конкретних кейсах країн. Наприклад, у Польщі основу енергоспоживання досі становить вугілля, тож навіть великий прогрес у збільшенні частки ВДЕ за останні роки поки що не означає досягнення цілей ЄС у рамках Паризької угоди, а у Швеції - ситуація протилежна, звідси

лідерство в рейтингу за готовністю до енергетичного переходу. Загалом, на основі якісного аналізу процесу декарбонізації в ЄС-27 було зроблено висновок, що наразі країни Північної та Західної Європи є найуспішнішими в досягненні вуглецевої нейтральності, а енергетична система Південної та Східної Європи поки що не пристосована до переходу на модель низьковуглецевої економіки.

Хоча країни ЄС є лідируючим регіоном з погляду декарбонізації, поки що не можна зробити висновок, що навіть їхні зусилля є достатніми для досягнення цілей у рамках Паризької угоди, що загалом ставить питання про їхню здійсненність за умов зростаючої чисельності населення планети та обсягів споживання. Ця робота може бути підґрунтям для проведення подальшого дослідження щодо впливу конкретних економічних і соціальних чинників на можливості країни в досягненні цілей щодо зменшення деградації довкілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / [С.П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. – К. : НІСД, 2020. – 110 с.
2. Our World in Data [Елект. ресурс] // CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, 2023. Режим доступу: <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>
3. Вплив показників ефективності передачі енергетичних інновацій на показники декарбонізації економіки. Матвеева Ю., Опанасюк Ю., Росохата А., Коваленко Є., Шевченко В. Scientific journal “MODELING THE DEVELOPMENT OF THE ECONOMIC SYSTEMS “. № 3., 2023. С. 197-210.
4. Міжнародні переговори у сфері зміни клімату // Дипломатія Франції, [Елект. ресурс]. Режим доступу: [International climate negotiations - Ministry for Europe and Foreign Affairs /](https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/actualites/actualites-2023/actualites-2023-03-01-international-climate-negotiations)
5. Kyoto 1st commitment period (2008–12) // European Commission, [Елект. ресурс]. Режим доступу: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/kyoto-1st-commitment-period-2008-12_en,
6. What is the EU ETS? // European Commission, [Елект. ресурс]. Режим доступу: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en,
7. 2020 Climate and Energy Package // Climate Change Laws, [Елект. ресурс]. Режим доступу: https://climate-laws.org/document/2020-climate-and-energy-package-contains-directive-2009-29-ec-directive-2009-28-ec-directive-2009-31-ec-and-decision-no-406-2009-ec-of-the-parliament-and-the-council-see-below_c91b,
8. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019>
9. Дані Our World in Data [Елект. ресурс] // CO₂ emissions, 2023. Режим доступу: <https://ourworldindata.org/co2-emissions>

10. Дані Our World in Data [Елект. ресурс] // CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, 2023. Режим доступу: <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>

11. Дані Our World in Data [Елект. ресурс] // Economic Growth, 2023. Режим доступу: <https://ourworldindata.org/economic-growth>

12. Дані Our World in Data [Елект. ресурс] // CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, 2023. Режим доступу: <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>

13. A Clean Planet for all // EUR-lex, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773>

14. The European Green Deal // European Commission, [Елект. ресурс]. Режим доступу: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

15. Total Energy Supply // Eurostat Statistics, [Елект. ресурс]. Режим доступу: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Total_energy_supply

16. Council and Parliament strike deal on energy efficiency directive // European Council, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/03/10/council-and-parliament-strike-deal-on-energy-efficiency-directive/>

17. Primary and final energy consumption in Europe // European Environment Agency, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/primary-and-final-energy-consumption>

18. Donella Meadows et al, 1972. Subtitled "A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind."

19. Limits to Growth. Donella Meadows et al, 1972. Subtitled "A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind."

20. Декаплінг в економіці – сутність, визначення і види. Ватченко О. Б. Економічний простір. № 141, - 2019. С. 5-24.

21. Parrique T. et al. Decoupling debunked //Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. A study edited by the European Environment Bureau EEB. – 2019.

22. Vadén T. et al. Decoupling for ecological sustainability: A categorisation and review of research literature //Environmental science & policy. – 2020. – V. 112. – P. 236-244.

23. Декаплінг в економіці – сутність, визначення і види. Ватченко О. Б. Економічний простір. № 141, - 2019. С. 5-24.

24. Vadén T. et al. Вказані зібрання.

25. Jackson T. Prosperity without growth?: The transition to a sustainable economy. – 2009.

26. Грицюк, Н. О., & Сак, Т. В. (2021). Вплив пандемії COVID-19 на світову економіку. *Економічний простір*, (165), 33-38.

27. Our World in Data [Елект. ресурс] // CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, 2023. Режим доступу: <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>

28. Jones D. EU Power Sector in 2020 // Ember, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://ember-climate.org/insights/research/eu-power-sector-2020/>

29. Jones D., Brown S., Dr Paweł Czyżak. European Electricity Review 2023 // Ember, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2023/>

30. European Climate Law // European Commission, [Елект. ресурс]. Режим доступу: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en

31. On the path to a climate-neutral Europe by 2050 // European Commission, [Елект. ресурс]. Режим доступу: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en

32. Coal and lignite production and imports in Europe // EURACOAL, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://euracoal.eu/info/euracoal-eu-statistics/>

33. Carbon capture, use and storage Overview // European Commission, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon->

[capture-use-and-storage/overview_en#why-do-we-need-carbon-capture-use-and-storage](#)

34. State of the Energy Union Report 2023 // EUR-lex, [Елект. ресурс].
Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2023%3A650%3AFIN&qid=1698237100377>

35. York R., Rosa E. A., Dietz T. STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts // Ecological economics. – 2003. – V. 46. – №. 3. – P. 351-365.

36. Chontanawat J. Decomposition analysis of CO2 emission in ASEAN: An extended IPAT model // Energy Procedia. – 2018. – V. 153. – P. 186-190.

37. Waggoner P. E., Ausubel J. H. A framework for sustainability science: a renovated IPAT identity // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2002. – V. 99. – №. 12. – P. 7860-7865.

38. York R., Rosa E. A., Dietz T. STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts // Ecological economics. – 2003. – V. 46. – №. 3. – P. 351-365.

39. Австрія, Бельгія, Болгарія, Хорватія, Кіпр, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Греція, Угорщина, Ірландія, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Мальта, Румунія, Нідерланди, Польща, Португалія, Словаччина, Словенія, Іспанія і Швеція.

40. EIA [Елект. ресурс] // Environment // Carbon Dioxide Emissions Coefficients, 2023. Режим доступу: https://www.eia.gov/environment/emissions/co2_vol_mass.php

41. Solomon B. D., Krishna K. The coming sustainable energy transition: History, strategies, and outlook // Energy policy. – 2011. – V. 39. – №. 11. – P. 7422-7431.

42. Драйвери четвертого енергетичного переходу в контексті вирішення світових екологічних проблем. Н. О. Краснікова, П. Д. Красніков. Електронний журнал «Ефективна економіка». Т. 6, 2021.

<http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8972>

43. A Vision for Poland's Clean Energy Transition // Clear Air Task Force, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.catf.us/resource/a-vision-for-polands-clean-energy-transition/>

44. Дані Our World in Data [Елект. ресурс] // Energy Production and Consumption, 2023. Режим доступу: <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>

45. Дані Our World in Data [Елект. ресурс] // Electricity Mix, 2023. Режим доступу: <https://ourworldindata.org/electricity-mix>

46. Poland needs a stronger push to reduce emissions and ensure secure energy supplies, new IEA policy review says // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/news/poland-needs-a-stronger-push-to-reduce-emissions-and-ensure-secure-energy-supplies-new-iea-policy-review-says>

47. A Vision for Poland's Clean Energy Transition // Clear Air Task Force, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.catf.us/resource/a-vision-for-polands-clean-energy-transition/>

48. Sweden // Energy country profile // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/countries/sweden>

49. Sweden // Energy mix // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/countries/sweden/energy-mix>

50. Carbon Pricing in Sweden // Pricing Carbon Greenhouse Emissions // OECD, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/carbon-pricing-sweden.pdf>

51. Sweden is a leader in the energy transition, according to latest IEA country review // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/news/sweden-is-a-leader-in-the-energy-transition-according-to-latest-iea-country-review>

52. Transparency International [Елект. ресурс] // Corruption Perceptions Index, 2022

53. Fostering Effective Energy Transition 2023 Edition // World Economic Forum, [Елект. ресурс]. – Р. 12. Режим доступу:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2023.pdf

54. Energy Transition in Austria // Flanders Investment and Trade, [Елект. ресурс]. Режим доступу:

https://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/sites/trade/files/market_studies/2023-Energy%20Transition-Austria.pdf

55. Austria // Energy country profile // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/countries/austria>

56. Lafrance C., Portala J. CLEW Guide – France awaits key climate legislation, government keeps focus on nuclear // Clean Energy Wire [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/clew-guide-france-moves-action-new-climate-plan-green-industry-makeover#:~:text=France's%20upcoming%20multiannual%20energy%20plan,an%20increase%20in%20electricity%20output>

57. Fostering Effective Energy Transition 2023 Edition // World Economic Forum, [Елект. ресурс]. – Р. 13. Режим доступу:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2023.pdf

58. France // Executive Summary 2021 // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/france-2021/executive-summary>

59. Fostering Effective Energy Transition 2023 Edition // World Economic Forum, [Елект. ресурс]. – Р. 24. Режим доступу:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2023.pdf

60. Latvia // Energy country profile // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/countries/latvia>

61. Spain // Energy country profile // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/countries/spain>

62. Portugal // Energy country profile // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/countries/portugal>

63. Spain // Energy Policy Review 2021 // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/spain-2021>

64. Portugal // Energy country profile // IEA, [Елект. ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/countries/portugal>