МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра інформаційної економіки, підприємництва та фінансів

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ: «ЕКОЛОГІЧНА ПОЛІТИКА ЗАПОРІЗЬКОГО РЕГІОНУ В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА ВІЙНИ»

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.0724-удмф-з

спеціальності 072 Фінанси, банківська справа та страхування
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми Управління державними та місцевими фінансами
(назва освітньої програми)

О.І. Сидоров
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів, доцент, канд. екон. наук Король С.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент професор кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів, професор, д-р екон. наук Шапуров О.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ
ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра інформаційної економіки, підприємництва та фінансів
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 072 «Фінанси, банківська справа та страхування»
(код та назва)
Освітня програма Управління державними та місцевими фінансами
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів, д-р екон. наук, проф.

_____ Клопов І.О.
(підпис)

“ ____ ” _____ 202_ р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Сидоров Олексій Іванович
(прізвище, ім’я та по-батькові)

1. Тема роботи Екологічна політика Запорізького регіону в контексті кліматичних змін та війни

керівник роботи Король С.А., канд. екон. наук, доцент
(прізвище, ім’я та по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «____» _____ 2024 р. №_____

2. Строк подання студентом роботи

3. Вихідні дані до роботи 1. Постановка задачі.
2. Перелік літератури.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Теоретична частина
2. Аналітична частина
3. Рекомендації

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)
презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

К А Л Е Н Д А Р Н И Й П Л А Н

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка плану роботи.		
2.	Збір вихідних даних.		
3.	Обробка теоретичних джерел.		
4.	Розробка першого і другого розділу.		
5.	Розробка третього розділу.		
6.	Оформлення і нормоконтроль		
	кваліфікаційної роботи.		
7.	Захист кваліфікаційної роботи.		

Студент _____ Сидоров О.І.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ Король С.А.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ _____
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Сидоров О.І. Кваліфікаційна робота магістра «Екологічна політика Запорізького регіону в контексті кліматичних змін та війни»: 76 с., 6 рис., 14 табл., 30 джерел, 8 додатки.

Ключові слова: сталий розвиток, металургія, екологічна політика, інноваційні технології, моделювання, піроліз, фінансова стабільність.

Дослідження підтверджує важливість досягнення збалансованого розвитку металургійних підприємств із мінімізацією впливу на довкілля. Аналіз екологічних, економічних і технічних аспектів дозволив виявити ключові проблеми та запропонувати шляхи їх вирішення. Зокрема, доведено необхідність відокремлення економічного зростання від екологічного забруднення, підкріплену сучасними екологічними ініціативами, такими як модернізація технологій і виконання положень Паризької кліматичної угоди. У дослідженні застосовано широкий спектр сучасних методів, таких як економетричне моделювання, машинне навчання, експоненційне прогнозування, що забезпечило комплексний аналіз взаємозв'язків між капітальними інвестиціями, економічною діяльністю та обсягами викидів. На прикладі металургійних підприємств Запорізького регіону розроблено сценарії прогнозів (песимістичний, реалістичний, оптимістичний) для обсягів шкідливих викидів, що сприяють ухваленню обґрунтованих управлінських рішень. Окрім цього, оцінено фінансові втрати від забруднення довкілля на прикладі ПрАТ «Дніпроспецсталь» та запропоновано інноваційні технології, зокрема створення заводу з переробки відходів за технологією піролізу. Розроблені підходи й рекомендації сприяють досягненню сталого розвитку металургійної галузі, підвищуючи її ефективність у сучасних умовах.

ABSTRACT

O.I. Sidorov Master's qualifying paper «Environmental policy of the Zaporizhia region in the context of climate change and war»: 76 pages, 6 figures, 14 tables 30 references, 8 supplements.

Keywords: sustainable development, metallurgy, environmental policy, innovative technologies, modeling, pyrolysis, financial stability.

The study confirms the importance of achieving a balanced development of metallurgical enterprises while minimizing environmental impact. The analysis of environmental, economic and technical aspects allowed us to identify key problems and suggest ways to solve them. In particular, the study proved the need to decouple economic growth from environmental pollution, supported by modern environmental initiatives such as technology modernization and implementation of the Paris Climate Agreement. The study used a wide range of modern methods, such as econometric modeling, machine learning, and exponential forecasting, which provided a comprehensive analysis of the relationships between capital investment, economic activity, and emissions. Using the example of metallurgical enterprises in Zaporizhzhia region, the authors developed forecast scenarios (pessimistic, realistic, optimistic) for the volume of harmful emissions, which facilitate the adoption of sound management decisions. In addition, financial losses from environmental pollution were estimated using the example of Dniprospetsstal PJSC and innovative technologies were proposed, including the creation of a waste recycling plant using pyrolysis technology. The developed approaches and recommendations contribute to the sustainable development of the metallurgical industry, increasing its efficiency in modern conditions.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ …… 2
РЕФЕРАТ …… 4
ABSTRACT…… 4
ВСТУП……..... 6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА ВІЙНИ……. 10
1.1. Роль екологічної політики у регіонах ЄС…… 10
1.2. Методика дослідження екологічної складової сталого розвитку металургійних підприємств……. 15
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА ВІЙНИ……. 24
2.1. Аналіз регіонів ЄС за класифікацією NUTS…….. 24
2.2. Аналіз екологічної політики Запорізького регіону…….. 35
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ…….. 49
3.1. Прогнозування екологічної складової складової сталого розвитку промислового регіону…… 49
3.2. Моделювання фінансових втрат промислових підприємств регіону від екодиструктивних процесів……... 57
ВИСНОВКИ…… 65
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ…..…….. 67
ДОДАТКИ…… 70

ВСТУП

Актуальність дослідження. Досягнення сталого розвитку є одним із ключових викликів сучасності, що потребує відокремлення економічного зростання від екологічного забруднення. Тенденції, які спостерігаються як у Запорізькому регіоні, так і в країнах Європейського Союзу, свідчать про складність цього завдання. Водночас впровадження екологічних реформ, модернізація технологій і багатосторонні ініціативи, такі як Паризька кліматична угода, відкривають нові можливості для зменшення негативного впливу промислової діяльності на довкілля. Дослідження ролі регіональних промислових підприємств у формуванні екологічного балансу є важливим для розробки ефективних стратегій сталого розвитку.

Об'єктом дослідження є взаємозв'язок економічного розвитку та екологічного забруднення в умовах промислової діяльності.

Предметом дослідження є економічні та екологічні чинники, що впливають на сталий розвиток металургійної галузі, зокрема в Запорізькому регіоні.

Метою роботи є оцінка впливу промислової діяльності на екологічний стан регіону та розробка рекомендацій щодо зменшення негативних наслідків для довкілля.

Для досягнення мети вирішено наступні завдання:

– дослідження теоретичних засад сталого розвитку та екологічної економіки;

– аналіз сучасного стану промислової діяльності в Запорізькому регіоні та її екологічного впливу;

– моделювання взаємозв'язків між капітальними інвестиціями, економічною активністю та шкідливими викидами;

– розробка сценаріїв прогнозування обсягів забруднення;

– розробка інноваційних підходів до мінімізації екологічного впливу промислових підприємств.

Методи дослідження. У роботі застосовано економетричне моделювання, методи машинного навчання, аналіз динамічних рядів, експоненційне прогнозування та методи системного підходу до аналізу регіональних екологічних і економічних показників.

Інформаційною базою дослідження стали офіційні звіти підприємств, дані Державної служби статистики України, регіональні програми екологічного моніторингу, наукові публікації та результати власних аналітичних розрахунків.

Наукова новизна отриманих результатів. Запропоновано регресійний еколого-економічний підхід до оцінки екологічного впливу промислової діяльності, що враховує специфіку Запорізького регіону. Розроблено моделі прогнозування фінансових втрат від забруднення довкілля на основі алгоритмів машинного навчання, а також сценарії розвитку регіону в контексті сталого розвитку.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дослідження можуть бути використані для розробки регіональних екологічних програм, модернізації промислових підприємств і прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Зокрема, розроблена модель прогнозування дозволяє оптимізувати витрати підприємств і зменшити їхній екологічний вплив.

Апробація результатів дослідження. Основні положення роботи були представлені на науково-практичних конференціях та обговорені з представниками екологічних організацій і промислових підприємств.

Основні результати дослідження. Проведено аналіз впливу промислової діяльності на екологічну ситуацію в Запорізькому регіоні, підтверджено домінуючу роль підприємств металургійної галузі у формуванні обсягів забруднення. Розроблено три сценарії прогнозу шкідливих викидів (песимістичний, реалістичний, оптимістичний) та запропоновано створення

заводу з переробки відходів за технологією піролізу для покращення екологічного стану регіону.

Публікації. Основні результати дослідження опубліковані у наукових статтях і матеріалах конференцій, присвячених екологічним реформам та сталому розвитку промислових регіонів.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА ВІЙНИ

1.1. Роль екологічної політики у регіонах ЄС

Масштаб економічної діяльності останніх десятиліть викликав серйозні проблеми з навколишнім середовищем і загрожував «безпечному робочому простору для людства [1,2]. Це не дивно, оскільки експоненціальне економічне зростання та зростання населення, підвищення рівня життя і глобалізовані ринки призвели до багаторазового збільшення викидів, видобутку матеріалів та використання енергії. Щоб вирішити ці проблеми, було введено кілька багатосторонніх угод, таких як Паризька кліматична угода, Конвенція про біологічне різноманіття та Цілі сталого розвитку (ЦСР) з метою розуміння, вимірювання та регулювання різноманітних впливів на навколишнє середовище, які включають , серед іншого, викиди, підвищення температури, втрата біорізноманіття, потепління океанів і зміни землекористування

Через зростаючу стурбованість навколишнім середовищем і кращу доступність даних галузі екології, екології та кліматичної економіки зробили значний внесок у краще розуміння взаємодії навколишнього середовища та економіки. Останніми роками дебати щодо теорій зеленого зростання, зменшення зростання та пост-росту набули популярності [3,4], а також кілька компаній із високим рівнем доходу країни почали включати жорсткіші екологічні норми в рамки своєї політики В основі вищезазначених пунктів лежить передумова про те, що економічна діяльність повинна бути відокремлена від тиску навколишнього середовища, щоб уникнути перетину деяких незворотних порогів, які можуть негативно вплинути на соціально-економічні системи. Тема відокремлення спочатку була висунута на перший план у основоположній доповіді, яка продемонструвала тенденції кількох

екологічних показників, таких як викиди, споживання матеріалів та використання енергії у зв’язку з економічним зростанням. Цей звіт разом із його численними подальшими діями [6,7] показує, що багато країн з високим рівнем доходу досягли відносного відокремлення, особливо щодо прямих викидів. Відносне відокремлення відбувається, коли екологічні показники ростуть повільніше, ніж економічне зростання. Абсолютне відокремлення, навпаки, відбувається, коли змінні навколишнього середовища мають нульове або негативне зростання, тоді як економічна змінна має позитивне зростання, а зв’язок означає, що екологічні показники ростуть швидше, ніж випуск. З екологічної точки зору, абсолютне відокремлення буде необхідним для досягнення кліматичних цілей, особливо в умовах тривалого економічного зростання. Питання про те, чи є широкомасштабне та послідовне абсолютне відокремлення навіть технологічно можливим і політично можливим, залишається предметом дебатів. Хоча література про роз’єднання є неоціненним внеском, наразі бракує двох аспектів. По-перше, дослідження відокремлення зосереджуються на країнах або групі країн як одиниці аналізу. Регіони всередині країни дуже неоднорідні як щодо економічних, так і екологічних показників, особливо викидів. Як наслідок, дослідження на національному рівні, ймовірно, усереднюватимуть базові розподіли, що призведе до «зміщення агрегації» [8,9]. Наприклад, досліджуючи країни, сектори та типи викидів у Європі, А Накві та К. Звікл [10] виявили значні відмінності у відокремленні за різними вимірами без чіткої тенденції до або відходу від більш бажаних для навколишнього середовища результатів відокремлення. Щоб подолати цю проблему, слід використовувати дані з найкращою доступною просторовою роздільною здатністю. По-друге, CO2 залишається основним індикатором навколишнього середовища, який використовується для аналізу, хоча інші шкідливі викиди також утворюються в результаті економічної діяльності, але їм не приділяється достатньої уваги. Ці викиди мають власний негативний вплив і можуть не обов'язково мати такі ж тенденції розвитку, як викиди CO2. Щоб дослідити зміни у викидах та

економічному виробництві на субнаціональному рівні економічні дані взято з ARDECO (2020) , уніфікованої бази даних рівня NUTS 2 для Європи, яка надає різні показники, такі як випуск, рівні доходу та частки економічного сектора. Дані про викиди взято з бази даних EDGAR v5 Спільної дослідницької комісії ЄС (JRC). EDGAR v5 надає інформацію про різні типи випромінювання з роздільною здатністю комірки сітки 0,1 × 0,1 градуса. Сітки наносяться на межі NUTS 2 і вилучаються дані для восьми типів викидів – CO2, N20, CH4, NH3, NOX , PM10, PM2,5 і SO2. Два набори даних об'єднані, щоб сформувати 2-рівневу панель NUTS за 1995–2015 роки. Описові результати свідчать про відносну відокремленість викидів від виробництва, але існують великі варіації між регіонами NUTS 2 і типами викидів. Крім того, якщо дані розділити на два періоди підвибірки, 1995–2008 та 2008–2015, то можна помітити, що більша частина відокремлення відбулася до фінансової кризи 2008 року, тоді як після 2008 року кілька регіонів NUTS 2 демонструють дуже слабке відокремлення або навіть поєднання тенденцій. У наступній частині індекс суворості екологічної політики (EPS) OECP [11]використовується як змінна обробки для вивчення ролі, яку він відіграє у скороченні викидів

За останні роки кількість емпіричної літератури, яка аналізує розвиток економічних показників у зв'язку з показниками навколишнього середовища, значно зросла, і кілька статей надають всебічний огляд [13]. Хоча термін «навколишнє середовище» охоплює різні теми, такі як видобуток сировини, використання енергії, зміни у землекористуванні та втрата біорізноманіття, основна увага в цій літературі залишається на викидах в повітря, особливо CO2, парникових газів (ПГ) і забруднюючих речовин. Оскільки ця стаття також зосереджена на викидах, література, яка обговорюється нижче, охоплює лише відповідні дослідження.

Літературу про економіку викидів можна розділити на дві широкі теми; дослідження [14] та оцінки екологічної кривої Кузнеця (EKC) [15]. Література про відокремлення спрямована на емпіричну оцінку відносної зміни викидів по відношенню до економічного виробництва, яке зазвичай вимірюється

валовим внутрішнім продуктом (ВВП) або валовою доданою вартістю (ВДВ). Тут викиди, що ростуть повільніше, ніж випуск, є відносним відокремленням, якщо зростання викидів є нульовим або негативним, тоді як економічне зростання позитивне, це абсолютне відокремлення, а зростання викидів швидше, ніж випуск, є зв'язком [16,17]. Розширення цих широких визначень також досліджувалися в іншій літературі [18,19]. Гіпотеза ЕКС стверджує, що викиди спочатку зростають разом із випуском продукції, сповільнюються, досягають поворотної точки і зрештою знижуються. Коротше кажучи, між викидами та зростанням існує перевернута U-подібна залежність, яку можна класифікувати як перехід від зв'язку, відносного роз'єднання до абсолютного роз'єднання.

Недавній огляд Д. Ванденхофера [7] висвітлює деякі цікаві моделі. По-перше, теми відокремлення та ЕКС дедалі більше набирають популярності, оскільки кількість публікацій у журналах зростає на 20% на рік за останнє десятиліття. По-друге, географічний фокус досліджень здебільшого зосереджений на США , Європі, ОЕСР, Японії та Китаї, де існує як інтерес до цієї теми, так і доступні лонгітюдні дані. І по-третє, статті переважно зосереджені на прямих або виробничих викидах, які легше зафіксувати та проаналізувати. На відміну від цього, аналіз непрямих викидів або викидів на основі споживання потребує детальних вхідних даних – таблиці випуску або використання ресурсів, які або мають обмежене просторово-часове охоплення, або рівень деталізація недостатньо висока для комплексного аналізу. Незважаючи на ці обмеження, дослідження, які стосуються непрямих викидів, також повільно зростають [20].

У літературі про відокремлення зберігаються дві прогалини. По-перше, більшість досліджень, як правило, зосереджені на країнах або групі країн, континентах або земній кулі в цілому. За винятком США та Китаю, на які припадає більшість субнаціональних досліджень, навряд чи існує якийсь регіональний аналіз на європейському рівні. Єдиним винятком, який було знайдено на момент написання тезів, була праця Н Хабрл [21], який

досліджував зв’язок між використанням енергії та виробництвом на рівні NUTS 2. Субнаціональний аналіз може дати цікаву інформацію, оскільки регіони значно відрізняються за своїм соціально-економічним складом та рівнем і типом викидів.

Масштабне економічне зростання останніх десятиліть призвело до значних екологічних проблем: збільшення викидів, використання матеріалів і енергії, а також інших негативних наслідків для навколишнього середовища. Це вимагає впровадження багатосторонніх угод, таких як Паризька кліматична угода та Цілі сталого розвитку, для регулювання та пом'якшення екологічних ризиків. У наукових колах все більше уваги приділяється теоріям зеленого зростання, зменшення зростання та пост-росту. Під відокремленням розуміється процес, коли економічне зростання не призводить до збільшення екологічного навантаження (відносне відокремлення) або навіть зменшення цього навантаження при зростанні економіки (абсолютне відокремлення). Абсолютне відокремлення є необхідним для досягнення кліматичних цілей у разі тривалого економічного зростання. Виявлено, що відокремлення викидів від економічного зростання не є однорідним і може сильно варіюватися між країнами і навіть між регіонами однієї країни. Дослідження показали, що багато країн з високим рівнем доходу досягли відносного відокремлення, проте абсолютне відокремлення залишалося важким завданням. Важливо також зазначити, що викиди не завжди корелюють з економічним зростанням однаково в усіх секторах і типах викидів. Зазначено, що більшість досліджень зосереджені на країнах або групах країн, тоді як субнаціональні аналізи, особливо на рівні NUTS 2 в Європі, ще потребують подальшого розвитку. Це важливо, оскільки регіони значно відрізняються за економічними і екологічними характеристиками, і більш детальний аналіз може виявити важливі локальні фактори, що впливають на ефективність відокремлення. Література про екологічні викиди та їхню взаємодію з економічними показниками продовжує зростати, і більшість досліджень зосереджена на

викидах CO2 та інших парникових газах. Однак важливим є врахування й інших шкідливих викидів, які також потребують аналізу.

Дослідження взаємодії економіки та навколишнього середовища показують, що відокремлення економічного зростання від екологічних впливів є складним, але необхідним завданням для досягнення сталого розвитку. Для успішного досягнення абсолютного відокремлення потрібні як технологічні, так і політичні зміни, а також більш детальне регіональне дослідження, яке допоможе зрозуміти специфіку локальних екологічних.

1.2. Методика дослідження екологічної складової сталого розвитку металургійних підприємств

У процесі дослідження були застосовані різноманітні методи, серед яких загальнонаукові (неформальні), стандартні та сучасні спеціальні. Серед стандартних методів дослідження виокремлюються економетрична модель 1МНК та метод ковзаної середньої. До сучасних спеціальних методів належать експоненціальне моделювання для підбору тренду (з використанням Microsoft Excel), моделі Хольта та Брауна, які реалізуються на мові програмування R, а також метод машинного навчання Random Forest, який також застосовується за допомогою R. Крім того, використовуються методи інвестиційного аналізу.

Це дослідження має прикладний характер і активно використовує програмні засоби, такі як пакети Microsoft Excel і програмне забезпечення RStudio.

Більш детально обґрунтуємо для яких завдань дослідження вищезгадані методи використовувались:

1) Загальностатистичні методи аналізу динамічних рядів дозволили детально дослідити екологічний аспект сталого розвитку металургійних підприємств. Для більш глибокого аналізу була застосована методика 1 МНК, що допомогла виявити залежність між капітальними інвестиціями та рівнем

викидів шкідливих речовин від стаціонарних джерел. На основі цього методу була побудована проста економетрична модель. Розглянемо економетричну модель з двома змінними в загальному вигляді:

$$Y = f(X) + u, \qquad (2.1)$$

Де

Y – залежна змінна;

X – пояснювальна змінна;

u – випадко-ва складова.

Це означає, що ми ідентифікували змінну X, яка впливає на змінну Y. Назвемо таку економетричну модель простою моделлю. Найпростішою є лінійна форма зв'язку між двома змінними [6, с.91]:

$$Y = a_0 + a_1 X, \qquad (2.2)$$

Де

a_0 і a_1 – невідомі параметри.

Параметри обчислюються за наступними формулами:

$$\hat{a}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i - n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2 - n\sum_{i=1}^{n} x_i^2}; \quad \hat{a}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \sum_{i=1}^{n} y_i}{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2 - n\sum_{i=1}^{n} x_i^2}. \qquad (2.3)$$

2) Обґрунтовано створення регресійного еколого-економічного простору для Запорізького регіону: за допомогою абстрактно-логічного аналізу, систематизації та комбінування визначено фактори, що спричиняють

екологічні проблеми регіону. Застосовуючи методи дедукції, індукції, монографічного аналізу та порівняння, сформульовані основні групи екологічних проблем Запорізької області. Систематизований регресивний вектор еколого-економічного простору отримано через теоретичне узагальнення та використання графічного підходу.

3) Визначення можливих сценаріїв (песимістичного, реалістичного та оптимістичного) розвитку рівня шкідливих викидів від стаціонарних джерел було здійснено за допомогою як стандартних, так і сучасних спеціальних методів: методу ковзної середньої, експоненціального моделювання через підбір тренду (використовуючи пакет Microsoft Excel) та моделей Хольта і Брауна.

Економічні часові ряди зазвичай мають коливання, що ускладнює чітке визначення тенденції розвитку економічних явищ. Це відхилення може бути випадковим, що ускладнює точне прогнозування. Для того, щоб краще визначити основну тенденцію або тренд ряду для подальшого прогнозування, використовують методи згладжування часових рядів, які називаються механічними методами визначення тренду. Один з найпростіших способів згладжування — це метод простої ковзної середньої.

Відповідно до цього методу, спочатку визначається інтервал згладжування m (де $m < n$) для часового ряду y1, y2, y3, …, yn. Якщо необхідно згладити дрібні коливання, то інтервал згладжування слід вибрати більшим; якщо ж важливо зберегти деталі коливань, інтервал зменшують. Зазвичай для згладжування береться непарний інтервал, оскільки це дозволяє точніше визначити центральне значення.

Для перших m рівнів часового ряду обчислюється їхнє середнє арифметичне, яке і буде згладженим значенням для серединного рівня інтервалу. Після цього інтервал згладжування зсувається на один рівень вправо (або вниз), і процес обчислення середнього арифметичного повторюється для кожного нового інтервалу. Формула для обчислення згладжених рівнів ряду виглядає наступним чином:

$$\tilde{y}_t = \frac{\sum_{i=t-p}^{t_{t+p}} y_i}{m}, \text{ t > p,} \qquad (2.4)$$

Де

i — порядковий номер рівня ряду;

Таким чином, виконуючи ці обчислення поетапно, ми отримуємо n – m + 1 згладжених значень рівнів ряду. Однак, перші й останні p рівнів ряду не піддаються згладжуванню, що є недоліком цього методу.

Метод експоненційного згладжування має особливість, оскільки при визначенні згладженого рівня використовуються лише попередні значення рівнів ряду, причому кожне з них має свою вагу. Вага кожного рівня зменшується залежно від того, як далеко він знаходиться від поточного моменту часу, для якого обчислюється згладжене значення. Вага рівнів знижується експоненціально, що залежить від параметра згладжування α, який має значення в інтервалі $0 < \alpha < 1$.

Якщо для початкового часового ряду y1, y2, y3, …, yn відповідні згладжені значення рівнів ряду позначити як St, де t = 1, 2, …, n, то експоненціальне згладжування обчислюється за наступною формулою:

$$St = \alpha yt + (1 - \alpha)\, St - 1, \qquad (2.5)$$

Де

α – параметр для згладжування; 1 – α має назву коефіцієнта дисконтування.

Використовуючи наведені щойно рекурентні співвідношення для всіх рівнів ряду, починаючи з першого, можна дістати таке співвідношення:

$$St = \alpha yt + (1 - \alpha)\, St{-}1 = \alpha yt + (1 - \alpha)\, [\alpha yt{-}1 + (1 - \alpha) St{-}2] =$$
$$= \alpha yt + \alpha(1 - \alpha)\, yt{-}1 + (1 - \alpha)2 \bullet [\alpha yt{-}2 + (1 - \alpha)\, St{-}2] =$$

= αyt + α(1 – α) yt–1 + α(1 – α)2 yt – 2 + … + α (1 – α)τ yt–τ +(1–α)ty0. (2.6)

У загальному вигляді маємо:

$$S_t = \alpha \sum_{\tau=0}^{t-1} (1-\alpha)^{\tau} y_{t-\tau} + (1-\alpha)^{t} S_0,$$

(2.7)

У практичних завданнях обробки економічних часових рядів зазвичай рекомендується встановлювати параметри згладжування в межах від 0,1 до 0,3.

Процес вибору апроксимуючої кривої методом підбору тренду зазвичай здійснюється на основі вже згладженого ряду. Існують різні підходи до вибору форми кривої, яка найкраще відповідає заданому динамічному ряду. Один з найбільш простих методів — візуальний, який передбачає визначення форми тренду на основі графічного зображення динамічного ряду. Результат вибору залежить від масштабу графіка. Приклади графіків різних кривих зростання наведені на рисунку 2.1. За графіком та результатами теоретичного аналізу можна прогнозувати характер розвитку того чи іншого економічного процесу [22, с.399].

Адаптивні моделі прогнозування є такими моделями, що використовують дисконтовані дані і здатні швидко коригувати свою структуру та параметри в залежності від змін умов. У цих моделях, як і в моделях кривих зростання, основним інструментом прогнозування є математична модель, де єдиним фактором є «час». У практиці статистичного прогнозування найпоширенішими є дві основні моделі — модель Брауна та модель Хольта, при цьому модель Брауна є специфічним випадком моделі Хольта. Обидві моделі описують процес розвитку як лінійну тенденцію з параметрами, що змінюються з часом.

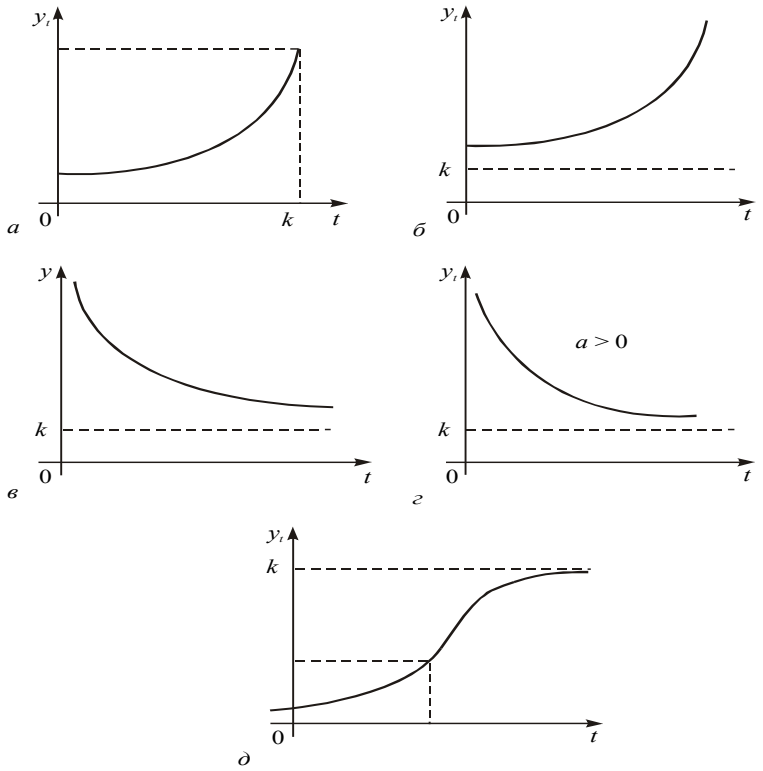


Рисунок 2.1 – Графіки різних кривих зростання:
а — параболічної; б, в, — модифікованої експоненти;
г — кривої Гомперця; д — логістичної кривої

Модель Брауна здатна відображати розвиток не тільки як лінійну тенденцію, а й як випадковий процес, що не має чіткої тенденції, або як параболічну тенденцію, що змінюється [23, с. 420].

На першому етапі побудови моделі по перших п’яти точках часового ряду оцінюємо початкові значення А0 та А1 параметрів моделі за допомогою методів найменших квадратів для лінійної апроксимації:

$$Yp(t) = A_0 + A_1 t \ (t = 1,2,3...,5);$$

$$\grave{A}_1 = \sum\left[\left(t - tcp\right) * \left(Y(t) - Ycp\right)\right] \Big/ \sum\left(t - tcp\right)^2;$$

$$A_0 = Ycp - A_1 * tcp,$$

(2.8)

Де

tср – середнє значення фактора «час»;

Yср – середнє значення показника, що досліджується.

4) Втрати доходу металургійних підприємств від викидів стаціонарних джерел були оцінені за допомогою статистичного аналізу. Для прогнозування фінансових втрат було запропоновано модель, що базується на методі Random Forest.

Random Forest (випадковий ліс) — це ансамблевий метод машинного навчання, який використовується для класифікації, регресії та інших завдань. Він працює шляхом побудови великої кількості дерев рішень під час навчання моделі, і в результаті генерує прогноз для класів (у разі класифікації) або середнє значення прогнозів (у разі регресії). Одним із недоліків цього методу є схильність до перенавчання. Алгоритм був розширений Лео Брейманом і Аделем Катлером, а сам термін «Random Forests» є їхньою торговою маркою. Основою методу є поєднання двох основних ідей: метод беггінга (Bagging) Бреймана та метод випадкових підпросторів, розроблений Тіном Камом Хо [24, с. 7].

5) Проаналізовано регіони ЄС за класифікацією NUTS, визначено екологічну політику Запорізького регіону**,** запропонувати процедуру промислового симбіозу використовуючи дедукцію, індукцію, теоретичне узагальнення, статистичні методи оцінки

У дослідженні екологічної складової сталого розвитку металургійних підприємств було використано різноманітні методи, зокрема загальнонаукові, стандартні та сучасні спеціальні методи. Серед стандартних методів виокремлюються економетрична модель 1МНК та метод ковзної середньої. До сучасних спеціальних методів належать експоненціальне моделювання для підбору тренду, моделі Хольта та Брауна, а також метод машинного навчання Random Forest, які реалізуються через програмне забезпечення RStudio та

Microsoft Excel. Дослідження є прикладним і активно використовує ці інструменти для вирішення завдань. Зокрема, загальностатистичні методи аналізу динамічних рядів дозволяють вивчити екологічний аспект сталого розвитку металургійних підприємств. За допомогою методики 1МНК виявлено залежність між капітальними інвестиціями та рівнем викидів шкідливих речовин від стаціонарних джерел, що дозволило побудувати економетричну модель. Створення регресійного еколого-економічного простору для Запорізького регіону базується на абстрактно-логічному аналізі, систематизації факторів, що спричиняють екологічні проблеми регіону, а також на застосуванні методів дедукції та індукції для формулювання основних екологічних проблем. Методи прогнозування, такі як ковзна середня та експоненціальне моделювання, використовуються для визначення можливих сценаріїв розвитку рівня шкідливих викидів від стаціонарних джерел. Вони дозволяють точно оцінити тенденції розвитку екологічної ситуації, застосовуючи різні методи згладжування та апроксимації трендів. Моделі Хольта та Брауна, що описують розвиток як лінійну тенденцію з параметрами, що змінюються з часом, також є важливими інструментами для прогнозування. Оцінка втрат доходу металургійних підприємств через викиди здійснюється за допомогою статистичних методів, зокрема методом Random Forest, що є потужним інструментом машинного навчання для класифікації та регресії. Цей метод дозволяє будувати моделі, що генерують точні прогнози, зокрема у випадку прогнозування фінансових втрат підприємств від забруднення. Дослідження також включає аналіз екологічної політики Запорізького регіону, визначення шляхів промислового симбіозу через застосування дедукції та індукції. В результаті застосування цих методів було запропоновано процедуру промислового симбіозу для покращення екологічної ситуації в регіоні.

Висновки до розділу 1 кваліфікаційної роботи

Загалом, дослідження вказує на складність та необхідність досягнення відокремлення економічного зростання від негативних екологічних впливів,

що є важливим завданням для сталого розвитку. Масштабне економічне зростання останніх десятиліть спричинило значне погіршення екологічної ситуації, зокрема, через збільшення викидів шкідливих речовин. Це вимагає впровадження багатосторонніх угод, таких як Паризька кліматична угода, а також досягнення Цілей сталого розвитку, що можуть допомогти регулювати ці екологічні ризики. Проте, досягнення відокремлення викидів від економічного зростання є складним і варіюється між країнами та навіть між регіонами однієї країни. Дослідження показують, що хоча багато країн з високим рівнем доходу досягли відносного відокремлення, абсолютне відокремлення залишається важким завданням. Це вказує на необхідність застосування комплексних підходів, включаючи технологічні, політичні та економічні зміни, а також детальніший аналіз на регіональному рівні. Методи, застосовані в дослідженні, зокрема економетричні моделі, методи ковзної середньої, експоненціальне моделювання та метод машинного навчання, сприяють більш точному прогнозуванню екологічної ситуації та дозволяють визначити основні фактори, які впливають на рівень викидів у металургійних підприємствах. Виведена економетрична модель дозволяє оцінити вплив капітальних інвестицій на рівень викидів шкідливих речовин. Методи прогнозування дозволяють оцінювати тенденції розвитку рівня шкідливих викидів і передбачати можливі сценарії розвитку ситуації. Оцінка втрат доходу металургійних підприємств через забруднення довкілля, зокрема за допомогою методу Random Forest, дає змогу передбачити фінансові втрати підприємств через забруднення, що є важливим для розробки ефективних заходів з покращення екологічної ситуації. Важливою частиною дослідження є також аналіз екологічної політики та пропозиції щодо впровадження промислового симбіозу для покращення екологічної ситуації в регіоні. Отже, досягнення сталого розвитку вимагає комплексного підходу, що включає технологічні інновації, ефективну політику і детальні регіональні дослідження, що дозволяють зрозуміти локальні особливості екологічної ситуації та знайти найкращі шляхи її покращення.

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА ВІЙНИ

2.1. Аналіз регіонів ЄС за класифікацією NUTS

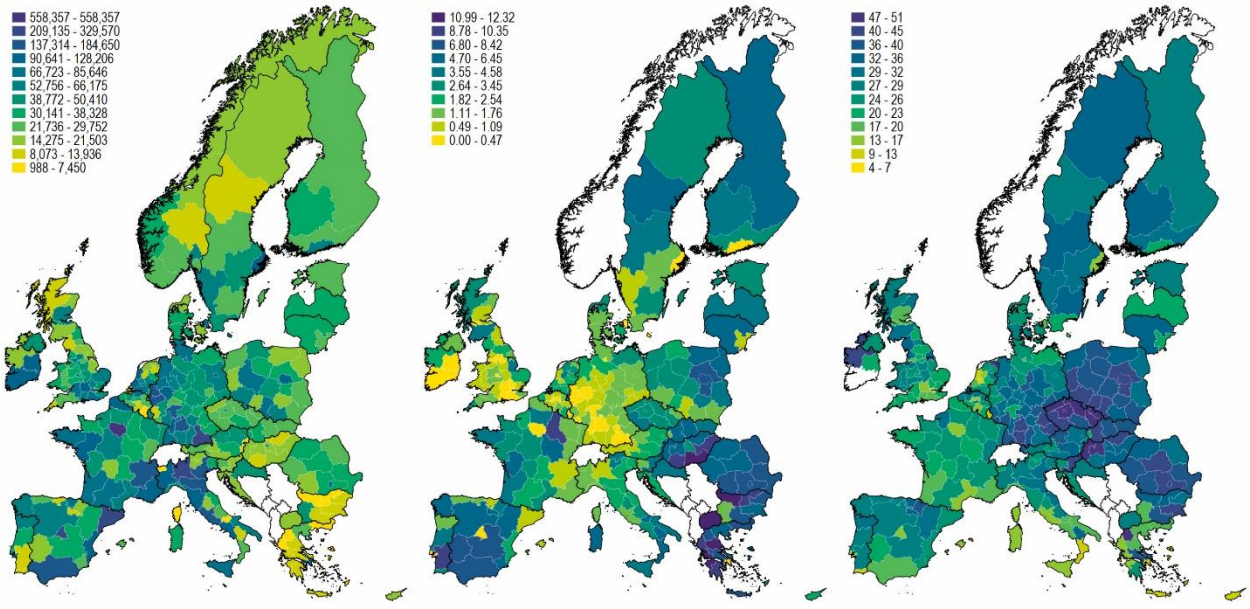
Регіони NUTS – це гомогенні адміністративні одиниці, визначені Статистичним агентством Європейської Комісії або Євростатом. Є чотири рівні NUTS. NUTS 0 представляють країни, NUTS 1 представляють великі провінції, NUTS 2 представляють райони, а NUTS 3 представляють додаткові підрозділи, що представляють муніципалітети або округи. Згідно з визначеннями NUTS 2016, які використовуються в цьому документі, в ЄС є 283 регіони NUTS 2.

Економічні дані надходять із щорічної регіональної бази даних Європейської комісії або ARDECO, набору даних, який спочатку був опублікований у 2019 році та періодично оновлюється (ARDECO, 2020). База даних ARDECO надає унікальну та узгоджену інформацію рівня NUTS 2 щодо різних економічних показників, включаючи реальну валову додану вартість (rGVA), рівні доходу та частки галузевого сектора.

ARDECO варіюється в діапазоні 1970–2019 років і має дві переваги перед аналогічними даними, доступними від Євростату, офіційного статистичного агентства ЄС. По-перше, він стандартизує дані відповідно до класифікацій NUTS 2016 року, тоді як Євростат надає інформацію, використовуючи останню класифікацію NUTS. Регіони NUTS були перекласифіковані в 1995, 1999, 2003, 2006, 2010, 2013, 2016 роках і нещодавно, у 2021 році. Під час кожної перекласифікації нові регіони створюються, поділяються, об’єднуються або їхні межі зміщуються. Через це створити однорідний панельний набір даних на регіональному рівні дуже складно. По-друге, база даних ARDECO забезпечує розбивку економічних показників за галузями. Сектори також уніфіковано відповідно до

класифікацій NACE 2 перегляду. NACE розшифровується як «Статистична класифікація економічної діяльності в Європейському співтоваристві» і використовується для картографування економічної діяльності в Європі. 4 коди NACE були перекласифіковані тричі (перегляд NACE 1 у 1996 році, перегляд 1.1 у 2002 році та перегляд 2 у 2007 році), де відповідність між більш точними класифікаціями NACE залишається серйозною проблемою. 5 ARDECO надає інформацію для шести секторів NACE rev2 – сільське господарство (A), промисловість (BE), будівництво (F), оптова роздрібна торгівля (GJ), фінанси та бізнес (KN) і неринкові послуги (OU). У цьому документі сектори згорнуті на дві групи, які викликають прямі викиди; первинний сектор сільського господарства (A) і вторинний промисловий сектор (BE, F). Залишковий третинний сектор або сектор послуг виключено з цього аналізу, оскільки він більш актуальний для досліджень, що стосуються непрямих викидів або викидів на основі споживання.

На рисунок 2.1 показано розподіл реальної ВДВ, а також частки сільського господарства та промисловості в реальній ВДВ за 2020 рік.



(a) Real GVA (Eur PPS) (b) Share of Agriculture (%) (c) Share of Industry (%)

Рисунок 2.1 – Просторовий розподіл економічних показників за 2020 рік.

Кластери K-середніх, що використовуються для відсікань.

Тут можна спостерігати диспропорцію між регіонами Центральної Європи та периферії, а також сільськими та міськими регіонами NUTS. Периферійні регіони більше залежать від сільського господарства та мають нижчий обсяг виробництва. Так само можна спостерігати промислові кластери, які, як правило, розташовані на східній стороні.

Дані про викиди надходять із Бази даних викидів для глобальних атмосферних досліджень, або EDGAR v5, розміщеної в Об'єднаному дослідницькому центрі Європейської Комісії (JRC) (Кріппа та ін., 2020a , Кріппа та ін., 2020b). Набір даних містить викиди на рівні сітки 0,1 × 0,1 градуса за 1970–2020 роки. Викиди поділяються на парникові гази (ПГ) і забруднюючі речовини, які окремо обговорюються нижче.

Парникові гази (GHGS) – це викиди, які потрапляють у верхні шари атмосфери та перешкоджають виходу радіації назад у космос, і, як наслідок, викликають глобальне потепління . У 1994 році набула чинності Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК ООН) з метою стабілізації концентрації парникових газів в атмосфері, щоб запобігти потенційним серйозним наслідкам у майбутньому, наприклад глобальному потеплінню. Оновлення правил і цілей відбувається через Конференцію сторін або КС. Результатом КС у 1997 році був Кіотський протокол , який передбачав обов'язкові угоди щодо скорочення викидів на два періоди зобов'язань, 2008–2012 та 2012–2020. Політика після 2020 року визначається Паризькою угодою, яка також стосується мети глобального потепління на два градуси. Для Європи цільові показники викидів контролюються Європейським агентством з навколишнього середовища (EEA), а кадастри викидів веде JRC (EEA, 2020).

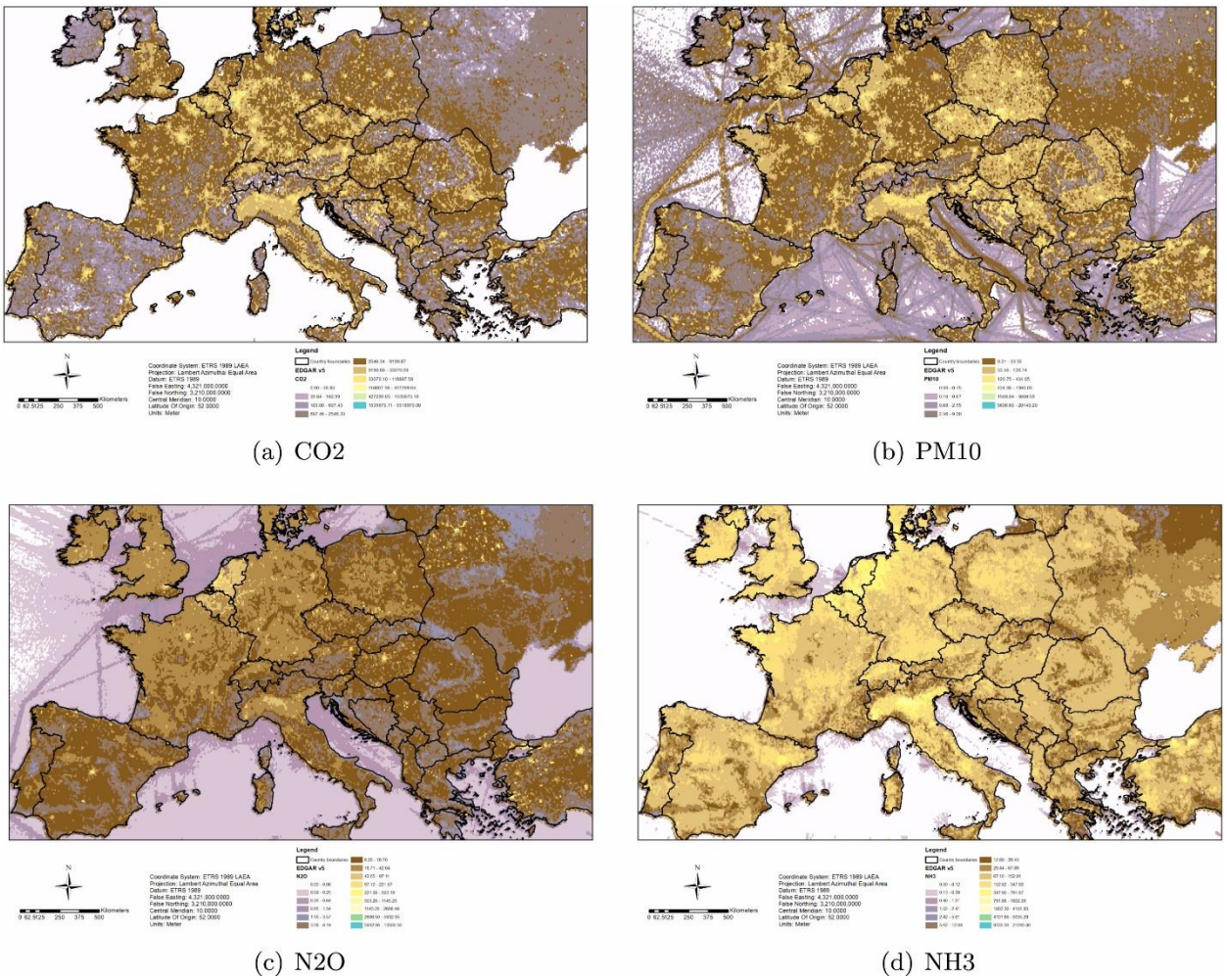
Для аналізу в цьому документі вибрано три ПГ: вуглекислий газ (CO2), метан (CH4) і діоксид азоту (N2O). CO2 утворюється в результаті спалювання викопного палива та хімічних реакцій, таких як виробництво будівельних матеріалів, особливо цементу. Він також природним чином виділяється з дерев, біологічних матеріалів і відходів. Метан (CH4) викидається під час виробництва та транспортування викопного палива. Він також значною мірою

виробляється в сільськогосподарському секторі, наприклад, безпосередньо тваринництвом, шляхом удобрення та розкладання органічних відходів на звалищах. N2O виробляється під час сільського господарства та промислової діяльності, спалювання викопного палива та твердих відходів, а також очищення стічних вод.

Другий тип викидів - це забруднювачі, які залишаються у зваженому стані низько в повітрі і можуть також переміщатися за допомогою вітрових потоків. Вони завдають прямої шкоди людям і тваринам (через вдихання) і рослинам (через евтрофікацію). У 1979 році Європейська економічна комісія ООН (ЄЕК ООН) заснувала Женевську конвенцію про транскордонне забруднення повітря на великі відстані (LRTAP). LRTAP було реалізовано як Європейська програма моніторингу та оцінки (EMEP) під егідою ЄЕК ООН. З 1979 року програма EMEP була розширена вісьмома різними протоколами. Останній, відомий як Гетеборзький протокол, набув чинності в 2005 році та запровадив розширений моніторинг LRTAP. Гетеборзький протокол також визначив для країн ЄС цільові показники скорочення забруднення та максимальні викиди відносно рівнів 1990 року (ЄЕК ООН, 2020).

Для цієї роботи вибрано п’ять забруднюючих речовин. Оксид сірки (SOX), який утворюється шляхом видобутку мінералів і спалювання або багатого на сірку викопного палива (наприклад, під час виробництва вина). Закис азоту (NOX), яка виділяється внаслідок внутрішнього згоряння двигунів автомобілів. Аміак (NH3), ключовий інгредієнт у сільському господарстві, де майже 90% NH3 використовується в добривах, пестицидах, барвниках і миючих засобах. Тверді частинки (PM10 і PM2,5) – це мікрочастинки, які залишаються у зваженому стані в повітрі. Більша частина промислової господарської діяльності спричиняє викиди твердих частинок. Число означає розмір ТЧ, виміряний у мікрометрах. PM нижче може легко вдихатися, потрапляти в кров і є дуже шкідливим для здоров’я людини.

На рисунок 3.2 показано карти на рівні сітки для європейського регіону для чотирьох різних типів викидів (CO2, PM10, N20 і NH3), взяті з EDGAR v5. На малюнку показано просторові варіації як всередині, так і між країнами.



(a) CO2 (b) PM10

(c) N2O (d) NH3

Рисунок 2.2 – Зразок сіток викидів EDGAR v5. EDGAR v5. Викиди наведені в тоннах.

Набори економічних даних і даних про викиди об’єднані, щоб сформувати збалансовану панель за 1995–2020 роки. 1995 рік обрано в якості початкового року, оскільки він максимізує кількість регіонів NUTS 2 в ЄС, оскільки більшість розширень ЄС відбулася до 1995 року. Крім того, механізми моніторингу викидів і впровадження екологічної політики здебільшого мали місце приблизно в 1990–1995 роках. Таким чином, якість даних також вища для обох наборів даних після 1995 року.

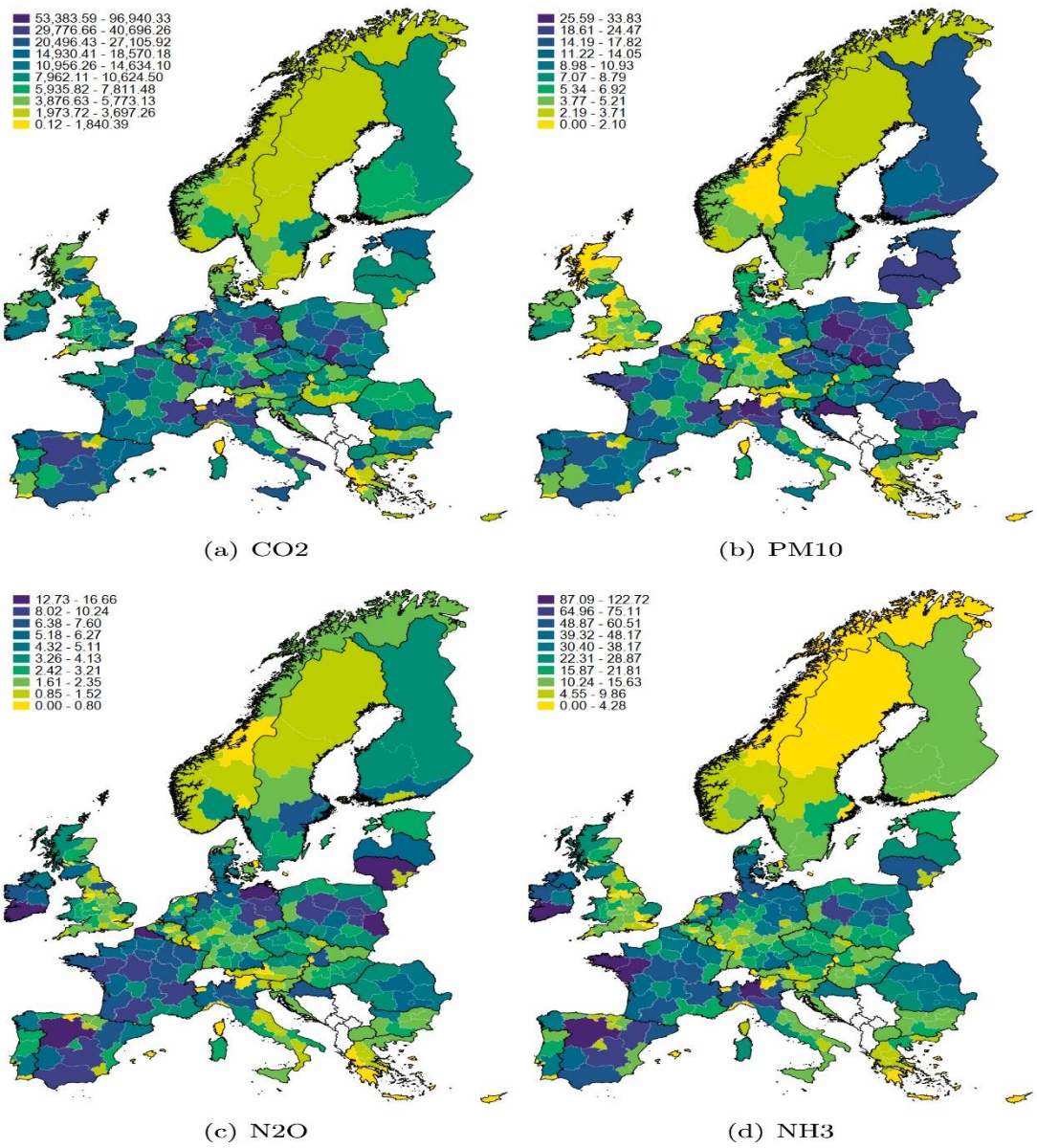


Рисунок 2.3 – Просторовий розподіл викидів за 2020 рік

Кліматична політика в ЄС формулюється на найвищому рівні ЄС, а національні країни-члени адаптують ці правила відповідно до власних обставин. Як акуратно резюмують Дельбеке та Віс (2016) , кліматична політика ЄС є однією з найповніших у світі, яка повільно розвивалася на основі кліматичних цілей, впливу на ключові сектори економіки, по відношенню до інших ключових нормативних актів та консультацій з країни-члени. Викиди особливо потребують загальноєвропейської реакції, оскільки вони не можуть бути обмежені національними кордонами. У результаті ЄС в

цілому зобов'язується досягти цілей скорочення викидів. Країни-члени можуть розробляти подальші стратегії на основі базових норм ЄС. Це також узгоджується з різними іншими загальноєвропейськими політичними напрямками, такими як декарбонізація, зменшення залежності від імпорту викопного палива та розширення екологічних технологій у рамках єдиного ринку (Delbeke and Vis, 2016). Незважаючи на те, що політика може бути пов'язана з рішеннями на рівні ЄС і країни, мета цієї статті полягає в дослідженні її впливу на неоднорідні регіони всередині країни.

Для того, щоб оцінити вплив екологічної політики на викиди, використовується індекс жорсткості екологічної політики OECP (EPS). EPS – це уніфікований зведений індекс, що включає ринкову та неринкову політику, що охоплює 27 країн OECP і 6 країн, що не входять до OECP, за період з 1990 по 2015 рік.

Як показано на рис. 3.4 , ринкова політика включає податки на різні викиди, схеми торгівлі та пільгові тарифи (FIT) для вітрової та сонячної енергії. Неринкова політика включає встановлені політикою стандарти та ліміти викидів і державні субсидії на дослідження та розробки. Загальний індекс EPS є середньозваженим для кожної категорії. Індекс нормалізується до діапазону 0–6, де вищі значення вказують на вищу суворість.

Цей індекс було обрано з двох причин. По-перше, це єдиний наявний уніфікований індикатор, який дозволяє порівнювати кліматичну політику у вибірці країн ЄС з часом. По-друге, незважаючи на те, що індекс позначено як суворість «екологічної» політики, що передбачає широкий спектр кліматичних тем, сам індекс здебільшого зосереджується на викидах, як можна спостерігати на рис. 2.5.

Усі окремі компоненти або мають прямий вплив на скорочення викидів, або опосередковано націлені на скорочення викидів через розширення зелених технологій. Як пояснюють у документації Botta and Koźluk (2014) , політика, пов'язана з викидами, є одним із небагатьох екологічних показників, які можна уніфікувати та порівнювати між країнами завдяки наявності даних.

Незважаючи на те, що дані для окремих компонентів індексу доступні, сукупний EPS використовується як змінна втручання політики.

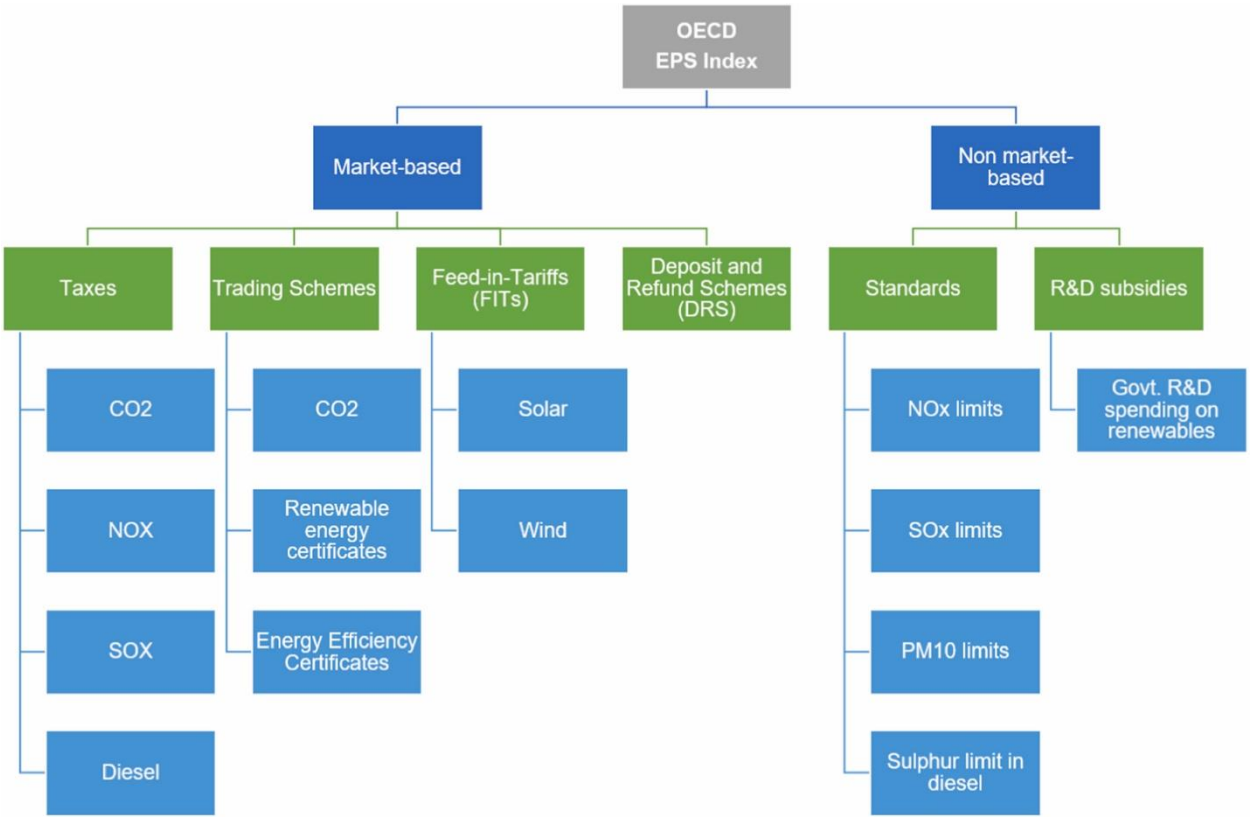


Рисунок 2.4 – Огляд індексу жорсткості екологічної політики (EPS) ОЕСР

Основною причиною цього є те, що неясно, якою мірою окремий компонент індексу прямо чи опосередковано впливає на різні викиди. Наприклад, стандарти щодо обмеження вмісту сірки в дизелі опосередковано зменшують інші викиди, особливо CO2. Або субсидії на НДДКР, великий компонент індексу, ймовірно, є дуже важливими для розвитку зелених технологій. Крім того, поєднання ринкової та неринкової політики працює в тандемі, щоб спонукати приватні фірми переходити на нові технології. Таким чином, загальний індекс EPS дозволяє нам спільно перевірити вплив кількох політик на викиди.

На рис. 2.5 зображено тенденції загального індексу EPS країн ЄС. На малюнку показано, як жорсткість політики зросла після 1995 року, але після фінансової кризи 2008 року трохи знизилася, перш ніж знову збільшитися. Також помітні відмінності в суворості політики. Для більшості країн ЄС дані

EPS існують лише до 2012 року, який знаменує кінець першого періоду зобов'язань Кіотського протоколу. Щоб зробити цей індикатор корисним для діапазону часу даних, відсікання береться як сильний захід політики або змінна лікування.

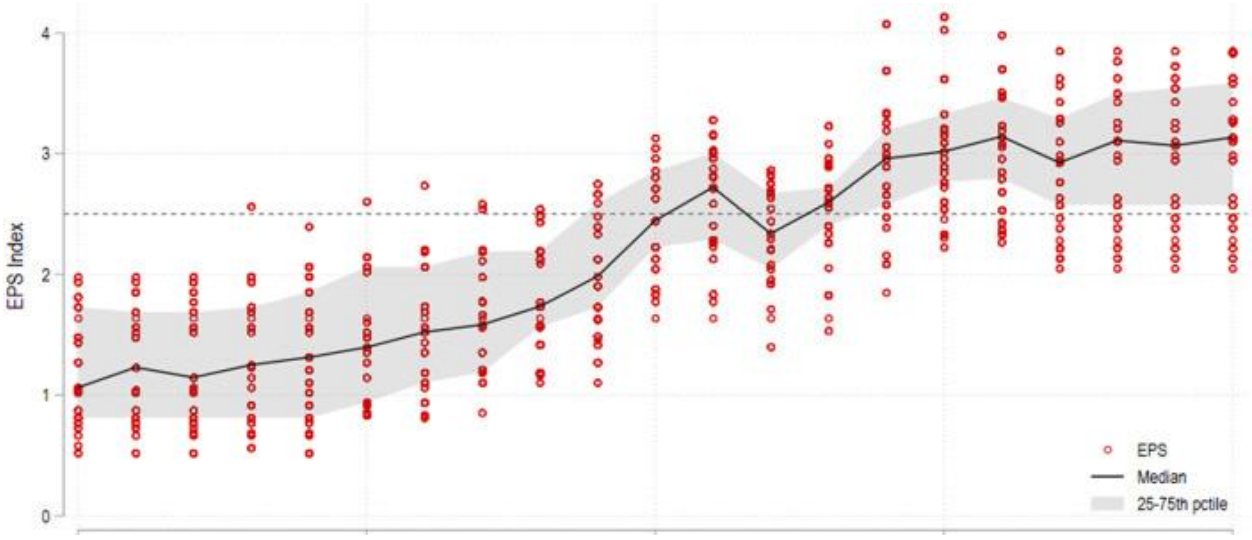


Рисунок 2.5 – Тенденції індексу жорсткості екологічної політики OECP (EPS) Горизонтальна лінія позначає високий поріг політики EPS>=2.5

Значення 2,5 також використовується в Botta and Koźluk (2014) для розмежування країн із сильною та слабкою політикою. Для цього документу ми припускаємо, що коли країна перетинає жорсткий поріг політики, вона залишається в групі лікування. Це також базується на припущенні, що політика, особливо в європейських країнах, після впровадження її нелегко відмінити і, як правило, залишається на місці. Це припущення також дозволяє нам екстраполювати пов'язаний із політикою статус лікування для країн, які не мають даних після 2012 року.

Остаточний набір даних – це ідеально збалансована панель для регіонів NUTS 2 за період 1995–2015 рр. Змінні, використані в статті, підсумовані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 . Підсумкові статистичні дані (1995–2020 рр.).

Порожня клітинка	Середній	SD	Хв	Макс	Обс.
Економічні змінні					
GVA (Млн. Євро PPS)	37 664,37	42 932,32	435,61	558 356,88	5,439
ВДВ - сільське господарство (млн. євро ПКС)	735,59	812,95	0,97	10 142,94	5,292
ВДВ - промисловість (млн. євро ПКС)	10 041,81	10 249,10	60,96	94 607,54	5,291
Частка сільського господарства у ВДВ (%)	3.00	2.90	0,00	21.39	5,292
Частка галузі у ВДВ (%)	28.11	8.60	3.72	59.20	5,291
Змінні середовища					
CH4 ('000 тонн)	91.03	81,90	0,00	1354,62	5,943
CO2 ('000 000 тонн)	12.46	12.79	0,00	105,56	5,439
N2O ('000 тонн)	3.40	3.63	0,00	64,86	5,943
NH3 ('000 тонн)	19.16	18.77	0,00	126,53	5,943
NOX ('000 тонн)	36,55	27.43	0,02	178,99	5,943
PM25 ('000 тонн)	5.01	4.49	0,00	42.10	5,943
PM10 ('000 тонн)	7,82	7.16	0,00	61,84	5,943
SO2 ('000 тонн)	24.39	39.12	0,01	628,30	5,943
Індекс EPS (0–6)	2.20	0,86	0,52	4.13	5,439

Перший запис у таблиці, реальна валова додана вартість (rGVA), показує коливання виробництва в регіонах після врахування стандартів купівельної спроможності (PPS). Середній дохід на душу населення становить приблизно 23 000 євро для всіх точок даних. Але на крайніх кінцях регіони можуть мати ВВП на душу населення від 4387 євро (PL72: Свентокшиське, Польща у 1995 р.) до 181 173 євро (UKI3: Західний внутрішній Лондон , Великобританія у 2020 р.). Інші показники також підкреслюють тенденції. Наприклад, частка сільського господарства в rGVA коливається від 0–21%s, а промисловість – від 4%–59%. Подібні варіації також можна спостерігати у викидах у регіонах NUTS. Основний економічний показник, реальна валова додана вартість (rGVA) демонструє постійне зростання відносно індексу 1995 року з падінням

у 2008 році, під час фінансової кризи, після чого настав період відновлення. Сектор промисловості дотримується подібної тенденції, але демонструє збільшення розриву від загального rGVA. Сільське господарство демонструє значні коливання виробництва протягом багатьох років з певною стабільністю після кризи 2008 року. Викиди зменшилися порівняно з 1995 роком, але є великі коливання. CO2 і NH3 залишаються відносно близькими до свого рівня 1995 року, причому CO2 демонструє зниження в основному після 2010 року. PM10, PM2,5 і N2O починають знижуватися відразу після 1995 року, але їхні рівні залишаються відносно стабільними після 2003 року. Останні два викиди, NOX і SO2, показують постійне падіння відносно 1995р.

У цьому пункті кваліфікаційної роботи було розглянуто економічні показники регіонів Європейського Союзу на рівні NUTS 2 та викиди парникових газів і забруднюючих речовин, які спричиняються різними економічними секторами. Дані для аналізу було зібрано з кількох джерел: бази даних Європейської комісії (ARDECO), що охоплює період з 1970 по 2019 рік, та бази даних EDGAR, яка містить інформацію про викиди з 1970 по 2020 рік. Аналіз показав значні просторові варіації економічної діяльності, що спричиняють прямі викиди в різних регіонах ЄС. Центральноєвропейські регіони демонструють високу концентрацію промислових підприємств, тоді як периферійні та сільські регіони більше залежні від сільського господарства. Це співвідноситься з рівнем реальної валової доданої вартості (rGVA) та часткою галузей у загальному економічному виробництві. Промисловість є основним джерелом викидів парникових газів, таких як CO2, метан та діоксид азоту, а також забруднюючих речовин, таких як оксид сірки, аміак та тверді частинки. Дослідження також показало важливість уніфікації даних для оцінки екологічної ситуації в регіонах, оскільки перекласифікації NUTS та NACE створюють труднощі для формування порівнянних наборів даних на протязі тривалого часу. Крім того, політика ЄС щодо зменшення викидів парникових газів і забруднюючих речовин має значний вплив на регіональні показники, оскільки країни-члени адаптують загальноєвропейські норми до

своїх конкретних умов. Враховуючи наявні дані та індекс жорсткості екологічної політики ОЕСР (EPS), можна оцінити ефективність екологічних заходів у різних регіонах, що може допомогти в подальшому вдосконаленні екологічної політики на рівні ЄС та національних держав.

2.2. Аналіз екологічної політики Запорізького регіону

Запорізька область належить до регіонів із високою концентрацією підприємств важкої промисловості. Значний рівень промислового виробництва, зокрема в металургії, енергетиці, машинобудуванні, хімічній та харчовій галузях, створює суттєве техногенне навантаження на навколишнє середовище, особливо на атмосферне повітря. Підприємства чорної та кольорової металургії залишаються основними джерелами забруднення повітря в регіоні, поряд із об'єктами теплоенергетики та іншими галузями важкої промисловості. У 2023 році зафіксовано зниження обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Це явище пояснюється низкою факторів, серед яких тимчасова окупація значної частини території області, руйнування окремих підприємств, скорочення виробництва через порушення логістичних ланцюгів, обмеження в електропостачанні та втрату ринків збуту продукції.

У період 2021–2023 років спостерігається значне скорочення кількості виданих дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря в Запорізькій області. Якщо у 2021 році було видано 257 таких дозволів, то у 2023 році їх кількість скоротилася до 40. Найбільше зменшення відбулося серед підприємств, що належать до третьої групи (з 195 дозволів у 2021 році до 27 у 2023 році), тоді як у другій групі кількість дозволів залишалася стабільною протягом 2022–2023 років і становила 13.

Таблиця 2.1 – Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Запорізького регіону 2021-2023рр.

Показники	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Загальна кількість дозволів на викиди забруднюючих речовин	257	74	40
Друга група	62	13	13
Третя група	195	61	27
Викиди забруднюючих речовин та парникових газів, тис. т	148,2	64,071	52,1

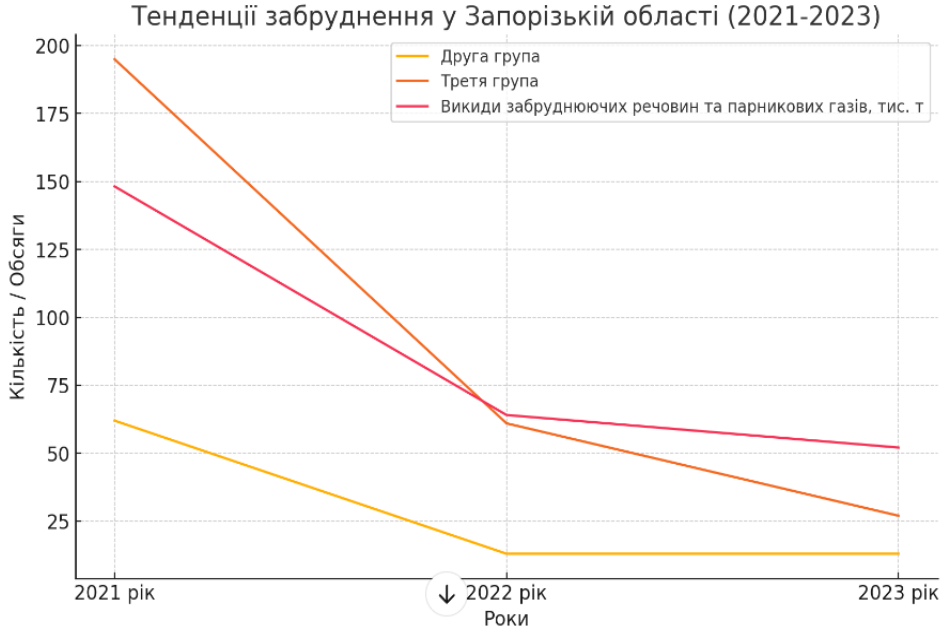


Рисунок 2.1 – Тенденції забруднення у Запорізькій області (2021-2023рр.)

Також спостерігається суттєве зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин і парникових газів. У 2021 році обсяги викидів становили 148,2 тис. тонн, тоді як у 2022 році вони знизилися до 64,071 тис. тонн, а у 2023 році — до 52,1 тис. тонн. Це свідчить про значне скорочення промислового навантаження на атмосферне повітря регіону. Причинами таких змін можуть бути економічний спад, зумовлений зменшенням активності підприємств через порушення логістичних ланцюгів та перебої з електропостачанням, а також часткове руйнування промислових об'єктів унаслідок воєнних дій. Крім того, ймовірним фактором є впровадження екологічних реформ, які стимулюють підприємства переходити на сучасніші та екологічно чисті технології. Отже, аналіз даних демонструє позитивну динаміку зменшення техногенного навантаження на довкілля Запорізької області, проте ці тенденції потребують подальшого моніторингу для

забезпечення сталого розвитку регіону та відновлення промисловості з урахуванням екологічних вимог.

Основні забруднювачі атмосферного повітря Запорізького регіону наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні забруднювачі атмосферного повітря (2023р.)

з/п	Назва об'єкта	Загальний обсяг викидів, т/рік	Частка до загального обсягу об'єкта, %	Частка до загального обсягу населеного пункту, %
1	ПАТ «Запоріжсталь»	45728,82	100	87,76
	Речовини у вигляді твердих частинок	1972,939	4,314	3,786
	Сполуки азоту	2489,887	5,445	4,778
	Діоксид та інші сполуки сірки	3628,655	7,935	6,964
	Оксид вуглецю	37574,67	82,168	72,111
	Інші речовини	62,666	0,137	0,12
2	АТ «Запорізький завод феросплавів»	589,674	100	1,132
	Речовини у вигляді твердих частинок	23,754	4,028	0,046
	Сполуки азоту	30,083	5,102	0,058
	Діоксид та інші сполуки сірки	79,704	13,517	0,153
	Оксид вуглецю	452,706	76,772	0,869
	Інші речовини	3,427	0,581	0,007
3	ПрАТ «Запоріжкокс»	1609,284	100	3,088
	Речовини у вигляді твердих частинок	217,737	13,53	0,418
	Сполуки азоту	558,898	34,73	1,073
	Діоксид та інші сполуки сірки	94,552	5,875	0,181
	Оксид вуглецю	691,542	42,972	1,327
4	ПрАТ «Український графіт»	408,73	100	0,784
	Речовини у вигляді твердих частинок	41,524	10,159	0,08
	Сполуки азоту	27,96	6,841	0,054
	Діоксид та інші сполуки сірки	67,977	16,631	0,13
	Оксид вуглецю	220,268	53,891	0,423
	Інші речовини	51,001	12,478	0,098
5	ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат»	1376,071	100	2,641
	Речовини у вигляді твердих частинок	166,682	12,113	0,32
	Сполуки азоту	60,977	4,431	0,117
	Діоксид та інші сполуки сірки	115,382	8,385	0,221
	Оксид вуглецю	971,071	70,568	1,864
	Інші речовини	61,959	4,503	0,119

Найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря серед аналізованих підприємств здійснює ПАТ «Запоріжсталь», на яке припадає 87,76% загального обсягу викидів населеного пункту. Основними

забруднювачами є оксид вуглецю (72,111% загального обсягу) та діоксид сірки (6,964%). АТ «Запорізький завод феросплавів» становить лише 1,132% від загального обсягу викидів міста, проте його основні забруднювачі — оксид вуглецю (0,869%) та діоксид сірки (0,153%) — значно впливають на екологічний стан. ПрАТ «Запоріжкокс» виділяється своїм внеском у викиди сполук азоту (1,073%) та оксиду вуглецю (1,327%), що разом складають більшість його забруднень. ПрАТ «Український графіт» здійснює мінімальний вплив на загальний обсяг забруднення населеного пункту (0,784%), хоча викиди оксиду вуглецю (0,423%) та діоксиду сірки (0,130%) є ключовими джерелами забруднення з боку цього підприємства. ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат» становить 2,641% від загального обсягу викидів, з основними забруднювачами — оксидом вуглецю (1,864%) та діоксидом сірки (0,221%).

Підсумовуючи, ПАТ «Запоріжсталь» є ключовим джерелом забруднення атмосферного повітря міста, що потребує особливої уваги для впровадження природоохоронних заходів. Інші підприємства також суттєво впливають на екологічний стан, зокрема через викиди оксиду вуглецю та діоксиду сірки.

У 2023 році загальний обсяг викидів забруднюючих речовин в Україні становив 52,107 тис. тонн, що демонструє різноспрямовані зміни залежно від галузі економіки. Найбільша частка викидів припадає на переробну промисловість – 51,411 тис. тонн, що складає понад 98% загального обсягу. У цій сфері найбільше зростання порівняно з попереднім роком відбулося у виробництві коксу та продуктів нафтоперероблення (+20,8%), металургійному виробництві (+20,7%), а також у виробництві готових металевих виробів (+23,3%). Ці показники зумовлені активізацією виробничих процесів, особливо в металургійній галузі, яка залишається основним джерелом забруднення. Незважаючи на загальне зростання, у деяких галузях спостерігалося суттєве зменшення викидів. Зокрема, у виробництві хімічних речовин вони знизилися на 41,1%, а у наземному транспорті та

трубопровідному транспорті – на 97,2%. Транспортна галузь загалом продемонструвала різке скорочення викидів (-94,2%), що, ймовірно, пов’язано із зменшенням інтенсивності перевезень або впровадженням екологічно чистих технологій. Добувна промисловість також зазнала скорочення викидів (-33,1%), особливо в секторі розроблення кар’єрів.

Таблиця 2.3 – Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря за видами економічної діяльності

Види економічної діяльності	**Обсяги викидів, тис. т**	**Відсоток до 2022 року**
Усього	**52,107**	**100**
Сільське, лісове та рибне господарство	0,065	89,7
Добувна промисловість і розроблення кар’єрів	0,094	66,9
Добування металевих руд	—	—
Добування інших корисних копалин та розроблення кар’єрів	0,094	66,9
Переробна промисловість	51,411	116,6
у тому числі:		
Виробництво харчових продуктів	0,309	66
Виробництво напоїв	0,023	117,3
Виробництво коксу та продуктів нафтоперероблення	1,621	120,8
Виробництво хімічних речовин і хімічної продукції	0,018	58,9
Виробництво іншої неметалевої мінеральної продукції	1,787	86,7
Металургійне виробництво	46,368	120,7
Виробництво готових металевих виробів, крім машин і устаткування	0,104	123,3
Виробництво машин та устаткування, н.в.і.у.	0,024	112,6
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	0,248	1,4
Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	0,029	96,7
Будівництво	0,026	99,5
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	0,024	49
Транспорт, складське господарство, поштова та кур’єрська діяльність	0,093	5,8
Наземний транспорт і трубопровідний транспорт	0,043	2,8
Тимчасове розміщування й організація харчування	-	-
Інформація та телекомунікації	-	-
Фінансова та страхова діяльність	0	20,5
Операції з нерухомим майном	-	-
Професійна, наукова та технічна діяльність	0,016	84,1
Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	-	-
Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування	0,014	32
Освіта	0,084	72,1
Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	0,004	36,3

Сільське господарство мало незначний вплив на загальний рівень забруднення (0,065 тис. тонн), але його викиди також скоротилися на 10,3%. У сферах освіти, охорони здоров'я та державного управління викиди залишаються мінімальними, проте спостерігалося їх помірне зниження.

Таблиця 2.4 – Скидання забруднюючих речовин із зворотними водами у поверхневі водні об’єкти (Запорізький регіон)

Забруднююча речовина	**2021 рік (тис. т)**	**2022 рік (тис. т)**	**2023 рік (тис. т)**
Азот амонійний	0,244	0,168	0,178
БСК5	0,767	0,487	0,473
Завислі речовини	0,884	0,547	0,54
Нітрати	3,669	2,39	2,382
Нітрити	0,115	0,098	0,093
Сульфати	9,54	3,83	4,527
Сухий залишок	31,99	13,69	9,859
Хлориди	13,86	6,33	6,387
ХСК	3,809	2,402	2,297
Алюміній	0,000105	0,000088	8,43E-05
Залізо	0,03299	0,0228	0,024268
Калій	0,000138	0,000033	0,000103
Кальцій	1,6133	0,51129	0,6673
Магній	0,1809	0,0759	0,085464
Марганець	0,001065	0,000476	0,000297
Мідь	0,000361	0,000273	0,000211
Натрій	0,1658	0,1151	0,101687
Нафтопродукти	0,01486	0,0107	0,009752
Нікель	0,000187	0,000132	0,000099
Роданідит	0,001204	0,000755	0,000787
Свинець	0,000036	0,000031	0,00003
СПАР	0,02312	0,0173	0,015556
Феноли	0,000105	0,000078	7,62E-05
Фосфати	0,3974	0,2297	0,217583
Фтор	40,56	0,024	0,018727
Хром загальний	0,000021	0,000018	1,96E-05
Хром 6+	0,000006	0,000001	1,3E-06
Цинк	0,00005	0,000015	0,000016
Ціаніди	0,0001	0	1E-07

Таким чином, основним джерелом забруднення залишається переробна промисловість, яка демонструє як зростання, так і стабільність у ряді підгалузей. Водночас деякі сектори, такі як транспорт та добувна промисловість, суттєво знизили свої викиди, що свідчить про початковий вплив екологічних ініціатив та економічних змін.

У період з 2021 по 2023 роки спостерігається загальна тенденція до скорочення обсягів забруднюючих речовин, що скидаються разом із зворотними водами. Найбільш значне зниження зафіксовано для сухого залишку – з 31,99 тис. т у 2021 році до 9,859 тис. т у 2023 році, що становить скорочення на 69,2%. Подібна динаміка спостерігається для сульфатів, обсяги яких зменшилися з 9,54 тис. т до 4,527 тис. т (-52,5%). Однак у 2023 році зафіксоване незначне зростання цього показника порівняно з 2022 роком. Обсяги ХСК скоротилися на 39,7% за три роки, зменшившись із 3,809 тис. т до 2,297 тис. т. Також значне скорочення спостерігається у показниках хлоридів, які зменшилися більш ніж удвічі: з 13,86 тис. т у 2021 році до 6,387 тис. т у 2023 році. Нафтопродукти показали зниження на 34,4%, а обсяги фосфатів зменшилися на 45,3%. Деякі речовини, такі як ціаніди, хром 6+ і фтор, майже зникли у 2023 році, що свідчить про значне вдосконалення систем очищення стічних вод. Зокрема, обсяги хрому 6+ знизилися з 0,000006 тис. т у 2021 році до 0,0000013 тис. т у 2023 році, а фтору – з 40,56 тис. т до 0,018727 тис. т. Однак не для всіх речовин зафіксоване зменшення. Так, обсяги азоту амонійного у 2023 році трохи зросли порівняно з 2022 роком, збільшившись із 0,168 тис. т до 0,178 тис. т (+6%). Також зросли обсяги роданідиту (+4,2%) і заліза, яке після зниження у 2022 році до 0,0228 тис. т збільшилося до 0,0242677 тис. т у 2023 році. Загальна динаміка вказує на позитивні зміни в екологічній сфері завдяки вдосконаленню технологій очищення води та зниженню викидів багатьох шкідливих речовин. Незважаючи на це, деякі незначні зростання вимагають подальшого контролю та впровадження нових екологічних заходів для досягнення сталого розвитку.

Аналізуючи динаміку поводження з відходами за 2021–2023 роки, можна зробити низку важливих висновків. Обсяги утворення відходів демонструють значне зниження: з 5599,1 тис. т у 2021 році до 1426,5 тис. т у 2023 році, що свідчить про зменшення виробничої активності або впровадження ефективних заходів зі зменшення відходоутворення. У 2022

році спостерігалося суттєве падіння обсягу утворених відходів, що, ймовірно, зумовлено кризовими явищами.

Таблиця 2.5 – Динаміка основних показників поводження з відходами I–IV класів небезпеки, тис.т (за формою статзвітності № 1-відходи)

Показники	**2021 рік**	**2022 рік**	**2023 рік**
Утворено	5599,1	1724,5	1426,5
Одержано від інших підприємств	430,7	708,2	785,5
Спалено	51,5	5	0,99
у тому числі з метою отримання енергії	51,4	5	0,99
Використано (утилізовано)	3172,1	553,7	0,87
Направлено в сховища організованого складування	1663,7	844,1	1191,5
Передано іншим підприємствам	6929,9	650,9	681,7
Втрати відходів внаслідок витікання, випаровування, пожеж, крадіжок	-	-	-
Наявність на кінець звітного року у сховищах організованого складування та на території підприємств	301,65	406,5	8,3

Надходження відходів від інших підприємств зросло з 430,7 тис. т у 2021 році до 785,5 тис. т у 2023 році, що може бути пов’язано з підвищенням кооперації між підприємствами у сфері поводження з відходами. Разом із тим обсяг спалених відходів значно скоротився з 51,5 тис. т у 2021 році до лише 0,99 тис. т у 2023 році. Це може свідчити про перехід на більш екологічно безпечні методи утилізації. Обсяги утилізації відходів також різко знизилися: якщо у 2021 році було утилізовано 3172,1 тис. т, то у 2023 році цей показник становив лише 0,87 тис. т. Це може бути результатом змін у регуляторному середовищі або зниження ефективності підприємств, які займаються утилізацією. Значного зростання зазнали обсяги відходів, спрямованих на організоване складування: з 1663,7 тис. т у 2021 році до 1191,5 тис. т у 2023 році. Це може свідчити про збільшення залежності від полігонів для зберігання відходів, що підвищує екологічні ризики. Одночасно обсяги передачі відходів іншим підприємствам демонструють спад: з 6929,9 тис. т у 2021 році до 681,7 тис. т у 2023 році. Цікавим є показник залишків відходів у сховищах на кінець звітного року. У 2021 році він становив 301,65 тис. т, у 2022 році зріс до 406,5

тис. т, але у 2023 році різко впав до 8,3 тис. т, що може свідчити про використання раніше накопичених залишків або скорочення зберігання.

Загалом, аналіз свідчить про значні зміни у сфері поводження з відходами, які зумовлені як економічними, так і регуляторними чинниками. Однак скорочення утилізації та збільшення складування відходів вимагають ретельного аналізу для уникнення можливих екологічних проблем у майбутньому.

Основні екологічні проблеми Запорізької області є результатом багаторічного промислового навантаження, неефективного управління природними ресурсами та антропогенного впливу. Їхній аналіз вказує на необхідність комплексного підходу до екологічної безпеки, враховуючи наступні ключові чинники:

1) Забруднення атмосферного повітря. Основним джерелом забруднення є промислові підприємства та автомобільний транспорт. Ситуація ускладнюється через застарілі технології, що використовуються на виробництвах, а також через велику кількість неорганізованих джерел викидів. Крім того, збільшення кількості автомобілів, низька якість палива та нерозвинена інфраструктура посилюють проблему. Концентрація шкідливих речовин у багатьох міських районах значно перевищує допустимі норми, створюючи ризики для здоров'я населення.

2) Забруднення водних ресурсів. Проблеми водних об’єктів зумовлені застарілими системами очищення стічних вод житлово-комунального господарства, а також неконтрольованим скиданням шахтних і кар’єрних вод. Застарілі технології та незадовільний стан обладнання унеможливлюють ефективне очищення води. Особливо складною є ситуація із шахтними водами, які під час окупації використовуються без належного моніторингу.

3) Забруднення підземних вод. Підземні води регіону в основному захищені від поверхневого забруднення. Проте небезпеку становлять безгосподарні свердловини, які залишилися після реформування аграрного

сектору. Оцінка сучасного стану підземних вод ускладнена через окупацію значної частини території.

4) Порушення стану малих річок. Малі та середні річки зазнають значного антропогенного впливу через скидання недостатньо очищених вод, вимивання з полів хімікатів та мінералів, ерозію ґрунтів і порушення режиму господарської діяльності в охоронних зонах. Інтенсивна зарегульованість річок також сприяє їх деградації.

5) Підтоплення земель. Процеси підтоплення, спричинені підвищенням рівня ґрунтових вод через техногенні фактори, створюють значні проблеми для урбанізованих територій. Особливо це стосується низинних районів, які знаходяться в зоні активного зволоження.

6) Відходи промислового виробництва. Запорізька область має значні проблеми з накопиченням та утилізацією промислових відходів, значна частина яких містить токсичні речовини. У той же час велика частина відходів має ресурсоцінні компоненти, які можна використовувати в економіці через рециклінг, що не тільки зменшить екологічний вплив, але й сприятиме економічним вигодам.

7) Радіаційна безпека. Діяльність Запорізької АЕС є джерелом потенційних ризиків радіаційного забруднення. Автоматизовані системи моніторингу забезпечували постійний контроль радіаційного фону в регіоні до окупації. Наразі, через захоплення території, моніторинг ускладнений.

Для вирішення цих екологічних проблем необхідний цілісний підхід, який включатиме модернізацію технологій, впровадження сучасних систем моніторингу, рециклінг відходів, очищення водних ресурсів і підвищення екологічної обізнаності населення. Лише системна робота дозволить забезпечити екологічну безпеку та стабільність у регіоні.

Проаналізуємо надходження від екологічного податку (таблиця 2.6).

У період з 2020 до 2022 року спостерігається тенденція до зниження надходжень екологічного податку за основними статтями, що може свідчити про скорочення промислової активності або впровадження заходів із

зменшення шкідливих викидів. Загальний екологічний податок зменшився з 111,52 млн грн у 2020 році до 103,62 млн грн у 2022 році, що становить падіння на 7,89 млн грн (-7%).

Таблиця 2.6 – Екологічний податок та його складові

Показники	**2020**	**%**	**2021**	**%**	**2022**	**%**	**Відх.(+/-)**
Екологічний податок	111515700	5	103813200	4	103620800	3	-7894900
Екологічний податок за викиди в атмосферу (крім двоокису вуглецю)	80384200	3	70471500	3	72478100	2	-7906100
Надходження від розміщення відходів у спеціально відведених місцях	28190600	1	29931200	1	28225500	1	34900

Таке зниження може бути пов'язане як із зменшенням викидів забруднюючих речовин, так і зі скороченням виробничих потужностей підприємств. Податок за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря (за винятком двоокису вуглецю) також демонструє зниження: з 80,38 млн грн у 2020 році до 72,48 млн грн у 2022 році, що означає втрату 7,91 млн грн (-10%). Незважаючи на це, ця стаття залишається ключовою у структурі екологічного податку, що вказує на важливість контролю за промисловими викидами в повітря. Натомість надходження від розміщення відходів у спеціально відведених місцях залишаються відносно стабільними. У 2020 році вони становили 28,19 млн грн, у 2021 році зросли до 29,93 млн грн, а в 2022 році скоротилися до 28,23 млн грн. У порівнянні з 2020 роком, приріст становить 0,03 млн грн, що свідчить про збереження важливості утилізації та організованого зберігання відходів. Зниження надходжень екологічного податку вказує на зменшення екологічного навантаження через скорочення виробництва або впровадження екологічних заходів, але водночас це зменшує фінансові ресурси, які можуть бути спрямовані на екологічні програми. Стабільність надходжень від розміщення відходів свідчить про збереження

уваги до питань управління відходами, що є важливим напрямком екологічної політики.

У період з 2021 по 2023 роки в Запорізькій області спостерігається значне зменшення викидів забруднюючих речовин та скорочення кількості виданих дозволів на викиди в атмосферу. Зокрема, кількість таких дозволів зменшилася з 257 у 2021 році до 40 у 2023 році, при цьому найбільше скорочення відбулося серед підприємств третьої групи. Обсяги викидів забруднюючих речовин та парникових газів знизилися на 65% за цей період, що свідчить про зменшення промислового навантаження на атмосферне повітря, ймовірно, через економічний спад, порушення логістичних ланцюгів та часткове руйнування промислових об'єктів внаслідок воєнних дій. Ці зміни можуть бути також наслідком впровадження екологічних реформ та модернізації технологій. ПАТ «Запоріжсталь» залишається найбільшим джерелом забруднення, на яке припадає понад 87% загальних викидів в регіоні. Інші підприємства, такі як АТ «Запорізький завод феросплавів», ПрАТ «Запоріжкокс», ПрАТ «Український графіт», та ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат», також впливають на екологічну си уацію, зокрема через викиди оксиду вуглецю та діоксиду сірки.Що стосується загального рівня забруднення в регіоні, то найбільші викиди спостерігалися в переробній промисловості, зокрема в металургії, зростання викидів у яких виявилося на рівні 20-23% у 2023 році порівняно з попереднім роком. У той же час, зменшення викидів було зафіксовано у сільському господарстві, транспорті та добувній промисловості, що вказує на початкові результати впровадження екологічних ініціатив. Динаміка поводження з відходами також свідчить про скорочення утворення відходів з 5599,1 тис. т у 2021 році до 1426,5 тис. т у 2023 році. Водночас значно зросли обсяги складування відходів, що може підвищити екологічні ризики в майбутньому. Тенденція до скорочення екологічного податку, що спостерігається з 2020 по 2022 рік, також вказує на зменшення шкідливих викидів або скорочення промислової активності. Загалом, спостерігається позитивна динаміка в зменшенні техногенного

навантаження на навколишнє середовище в регіоні, що може бути пов'язано з економічними та екологічними змінами. Проте, для забезпечення сталого розвитку та відновлення промисловості з урахуванням екологічних вимог необхідний подальший моніторинг та впровадження додаткових природоохоронних заходів.

Висновки до розділу 2 кваліфікаційної роботи

Загальний аналіз економічних показників та екологічних викидів в регіонах Європейського Союзу на рівні NUTS 2 і Запорізької області свідчить про значні відмінності в їх розвитку, проте є кілька спільних тенденцій, які стосуються впливу економічної діяльності на навколишнє середовище.

1. Промислова діяльність і її вплив на навколишнє середовище: Як для ЄС, так і для Запорізького регіону, основним джерелом забруднення є промисловість, зокрема металургія. У країнах ЄС центральноєвропейські регіони з високою концентрацією промислових підприємств демонструють високі рівні викидів парникових газів і забруднюючих речовин. У Запорізькій області основним джерелом забруднення є ПАТ «Запоріжсталь», яке зумовлює понад 87% викидів у регіоні. Це свідчить про сильну залежність екологічної ситуації від інтенсивності промислового виробництва.

2. Вплив екологічних реформ та технологічних змін: В обох випадках намагаються впроваджувати екологічні ініціативи для зниження викидів. У ЄС на рівні NUTS 2 велика увага приділяється політиці зменшення викидів парникових газів та забруднюючих речовин, що призводить до значних змін у економічній структурі та екологічній ситуації. Аналогічно, у Запорізькому регіоні, незважаючи на зменшення промислової активності через економічний спад і руйнування виробництва внаслідок війни, спостерігається зменшення викидів, що частково можна пояснити впровадженням екологічних реформ та модернізацією виробничих процесів.

3. Техногенне навантаження та політика сталого розвитку: У Запорізькій області спостерігається тенденція до зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище, що може бути результатом як

зниження економічної активності, так і екологоорієнтованих змін. Проте, для забезпечення сталого розвитку та відновлення промисловості необхідно продовжувати моніторинг екологічної ситуації та впроваджувати додаткові природоохоронні заходи. У ЄС аналогічні зміни є результатом адаптації держав до загальноєвропейських екологічних стандартів, що дозволяє знижувати техногенне навантаження на рівні регіонів.

4. Міжрегіональні відмінності та уніфікація даних: Однією з важливих проблем є відсутність уніфікованих даних для оцінки екологічної ситуації в різних регіонах. Це ускладнює порівняння показників викидів та екологічного стану між регіонами ЄС та, зокрема, Запорізькою областю, де відсутність єдиної методології для класифікації та моніторингу викидів призводить до труднощів у формуванні порівняльних наборів даних.

Таким чином, можна зробити висновок, що економічний розвиток та екологічна ситуація в Запорізькому регіоні демонструють подібні тенденції до тих, що спостерігаються в ЄС, однак, для досягнення сталого розвитку регіону необхідно враховувати специфіку локальних умов і потребує подальшого вдосконалення екологічної політики та моніторингу.

РОЗДІЛ 3
МОДЕЛЮВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ

3.1. Прогнозування екологічної складової складової сталого розвитку промислового регіону

Металургійна промисловість є важливою складовою сучасної промисловості та основою для розвитку третього і четвертого технологічних укладів. На ранніх етапах розвитку капіталізму металургійне виробництво стало ключовим у технологічному та економічному прогресі. Гірничо-металургійний комплекс став лідером у впровадженні новітніх технологій, виробничих систем, форм оплати праці та типів власності.

У наукових дослідженнях вітчизняних вчених, таких як О. Амоша [25], Б. Андрушківа [26], М. Білопольського [27], О. Ляшенко, Т. Мельника та інших, виділяються основні напрямки розвитку металургійного виробництва, які включають: – відновлювальний напрямок, спрямований на заміну морально та технічно застарілих устаткувань, вдосконалення технологічних процесів, реконструкцію об'єктів металургійних комплексів і впровадження інноваційних видів металопродукції з високою доданою вартістю [25, с.56]; – напрямок конкурентних переваг, що включає зменшення енерго- та матеріаловитрат, оптимізацію трудових витрат, поліпшення інфраструктури, впровадження досягнень НТП та агресивну збутову стратегію [26, с.15]; – напрямок глобалізації, що базується на об'єднанні транснаціональних корпорацій та можливому перенесенні виробництва в регіони з низькими витратами [27, с.10].

До сьогодні екологічний аспект розвитку металургійних підприємств був майже не врахований. Однак, з урахуванням зростаючої важливості

глобальних тенденцій світового металургійного ринку, екологічна політика підприємств набуває все більшого значення.

Попри зростаючу увагу до питань екологічності виробництва та продукції, національні металургійні компанії відстають від своїх головних конкурентів у скороченні обсягів викидів забруднюючих речовин. Впровадження інноваційних технологій часто не враховує відповідальне ставлення власників і працівників до екологічних проблем.

Одним з основних завдань забезпечення сталого розвитку є боротьба з деструктивними екологічними процесами в економіці. Щороку стаціонарні джерела забруднення викидають понад 2 мільярди тонн шкідливих речовин, з яких значну частку складають металургійні підприємства. Вони відповідають за 27-34% забруднення навколишнього середовища, і цей показник щорічно зростає. Динаміку змін можна спостерігати в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники екологічної складової сталого розвитку металургійних підприємств*

Національна економіка/металургійне виробництво	2017	2018	2019	2020	2021
Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т					
Всі галузі національної економіки	2584	2508	2460	2238	2242
в т. ч. металургійне виробництво	721	729	740	730	689
% у загальних викидах	27,90	29,07	30,08	32,62	30,73
Капітальні інвестиції на охорону навколишнього середовища, млн грн					
Всі галузі національної економіки	11025	10074	16256	13240	н/д
в т. ч. металургійне виробництво	2018	2781	3480	4436	н/д
% у загальних капітальних інвестиціях	18,30	27,61	21,41	33,50	н/д
Поточні витрати на охорону навколишнього середовища, млн грн					
Всі галузі національної економіки	20466	24317	27480	28093	н/д
в т. ч. металургійне виробництво	2702	3185	3781	3344	н/д
загальних поточних інвестиціях	13,20	13,10	13,76	11,90	н/д

*Статистичний збірник «Довкілля України»

Важливо зазначити, що існує значна взаємозалежність між рівнем капітальних інвестицій та обсягами викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення, що підтверджується коефіцієнтом множинної кореляції 0,8. Функціональна економетрична модель, що описує залежність капітальних інвестицій від викидів стаціонарних джерел, наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Динамічна модель залежності капітальних інвестицій від шкідливих викидів стаціонарних джерел (1МНК)

роки	Обсяги викидів забруднюючих речовин, тис.т (x)	Капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища, тис.грн (y)	Прогноз за функціональною моделлю 1МНК	Показники
2010	6678	2761472	5629044	Множинний R
2011	6877	6451034	5126197	0.811
2012	6821	6589336	5267993	R-квадрат
2013	6719	6038783	5523580	0,658
2014	5346	7959853	8989259	Y - перетину
2015	4521	7675597	11070534	22478060
2016	4686	13390477	10653472	X-змінна
2017	4230	11025535	11803989	-2523,06
2018	4121	10074279	12080012	
2019	4108	16255671	12112559	
2020	3675	13239649	13205046	

Витрати на охорону навколишнього середовища, як капітальні, так і поточні, постійно зростають. Зокрема, капітальні інвестиції в металургійних підприємствах збільшилися більш ніж удвічі, а поточні інвестиції зросли на 24%.

Необхідно відзначити, що застаріла технологічна база промислового виробництва, яка функціонувала ще до здобуття незалежності країни, значною мірою сприяла забрудненню природного середовища. Токсичні відходи, залежно від їх складу, становлять серйозну загрозу для екології та суспільства в цілому [28, с.110]. Різноманіття складу металургійних відходів вимагає розробки ефективних методів їх утилізації, з урахуванням різних агрегатних

станів (тверді, рідкі, газоподібні) та різнопланових методів обробки. Особливе значення для викидів парникових газів мають такі речовини, як метан, сірка, діоксид азоту та оксид вуглецю. Проблема забруднення атмосферного повітря в старопромислових депресивних регіонах України є однією з найбільш актуальних на сьогодні [29, с.270].

Запорізький регіон стабільно займає третє місце серед інших регіонів країни за рівнем забруднення від стаціонарних джерел. Частка цього регіону в загальних показниках забрудненості країни становить 5–7%. Найбільшим забруднювачем є місто Запоріжжя, де частка забруднення складає 38–50%. Динаміка викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами в Україні та Запорізькому регіоні представлена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами (Україна та Запорізький регіон)

Показники	2017	2018	2019	2020	2021
Обсяги викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами Запорізький регіон, тис.т	180,9	174,7	173,4	155,5	148,2
Обсяги викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами (Україна), тис.т	2584,9	2508,3	2459,5	2238,6	2242
% до загальних викидів по Україні	7,00	6,96	7,05	6,95	6,61

Після аналітичного аналізу обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами за допомогою методу ковзної середньої, експоненціального згладжування та методу підбору функції були отримані прогнозовані результати, які наведено в таблиці 3.4. Розрахунки наведені в додатку А.

Таблиця 3.4 – Прогнозні результати обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами (Запорізька область)

прогноз	Метод ковзаної середньої	Метод експотенційного згладжування	Метод підбору функції (поліном y=-0,2551x^2+1,1293x+236,57)
2023	153,8	151,3	127,6

2024	155,7	151,2	116,7
2025	154,6	151,2	105,4
2026	154,7	151,2	93,5
2027	155,0	151,2	81,1

Метод ковзаної середньої. Результати прогнозування з використанням цього методу показують стабільне значення викидів, яке коливається в межах 153,8–155,0 тис. тонн протягом прогнозного періоду (2023-2027 роки). Це свідчить про відсутність значних коливань у рівні викидів, що може свідчити про стабільність існуючих технологій або відсутність значних змін у заходах з охорони навколишнього середовища.

Метод експоненціального згладжування: Результати цього методу також демонструють стабільність рівня викидів з незначними коливаннями в межах 151,2–151,3 тис. тонн протягом прогнозного періоду. Це свідчить про поступове згладжування викидів, з можливим зменшенням обсягів забруднення, якщо будуть впроваджені певні екологічно чистіші технології або заходи з модернізації.

Метод підбору функції: Прогнозування за допомогою поліноміальної функції вказує на поступове зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин. Згідно з прогнозом, викиди зменшуються з 127,6 тис. тонн у 2023 році до 81,1 тис. тонн у 2027 році. Це свідчить про можливе значне покращення екологічної ситуації, завдяки впровадженню більш ефективних методів очищення викидів або застосуванню інноваційних технологій, які забезпечать зниження забруднення.

Порівняння результатів прогнозування за трьома методами свідчить про різні сценарії розвитку екологічної ситуації в Запорізькому регіоні. Метод ковзаної середньої та метод експоненціального згладжування показують стабільність рівня викидів, в той час як метод підбору функції передбачає значне зниження викидів забруднюючих речовин. Це підкреслює важливість впровадження інноваційних технологій та заходів для покращення екологічної ситуації в регіоні.

Провівши обробку даних за період з 2001 по 2021 рік щодо обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами з використанням адаптивних моделей Брауна та Хольта, були отримані наступні результати, представлені в таблиці 3.5. Детальний порядок розрахунків можна знайти в Додатках Б-Г.

Таблиця 3.5 – Прогнозні результати обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами (Запорізька область)

прогноз	Адаптивна модель Брауна (розрахована на основі Microsoft Excel)	Адаптивна модель Хольта (розрахована на основі сформовано скрипта в RStudio)
2023	181,84	135,51
2024	179,00	127,37
2025	176,16	119,23
2026	173,32	111,09
2027	170,48	103,03

Обробка даних щодо обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами для Запорізької області була проведена з використанням двох адаптивних моделей: моделі Брауна та моделі Хольта. Розрахунки за допомогою адаптивної моделі Брауна були виконані в Microsoft Excel, тоді як для моделі Хольта був використаний спеціально розроблений скрипт у середовищі RStudio.

Прогнозні значення, представлені в таблиці 3.5, демонструють тенденцію до зниження обсягів викидів забруднюючих речовин за обома моделями протягом прогнозованого періоду (2023–2027 роки). Однак, варто зазначити, що модель Брауна показує дещо вищі обсяги викидів порівняно з моделлю Хольта на кожен рік прогнозу. Це може бути зумовлено різницею в підходах до адаптації та прогнозування, оскільки модель Брауна базується на більш простих статистичних методах, тоді як модель Хольта враховує як рівень, так і тенденцію зміни викидів.

Обидва підходи вказують на стабільне зменшення викидів протягом прогнозного періоду, що може свідчити про зусилля, спрямовані на зниження забруднення та впровадження новітніх екологічно чистих технологій у регіоні.

Виходячи з проведених розрахунків можна передбачити альтернативні сценарії (песимістичний, реалістичний, оптимістичний) формування шкідливих викидів від стаціонарних джерел в Запорізькому регіоні (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Альтернативні сценарії формування шкідливих викидів від стаціонарних джерел в Запорізькому регіоні

Показники	Песимістичний (Модель Брауна)	Реалістичний (метод ковзаної середньої, метод експотенційного згладжування)	Оптимістичний (за поліномом другого порядку)
Обсяги викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами (Запорізький регіон), тис.т	170,48	151-155	81,1

Таким чином для розрахунку песимістичного прогнозу можна використовувати адаптивну модель Брауна; реалістичного стандартні методи аналізу рядів динаміки; оптимістичного поліном другого порядку.

Негативні екологічні тенденції в Запорізькому регіоні формують регресивний вектор еколого-економічного простору, який потребує комплексного аналізу та управління (див. Додаток Е). Для точнішого розуміння сутності даного явища варто визначити поняття "еколого-економічний простір" та ключові складові його регресивного вектору, зокрема проблеми та чинники.

Еколого-економічний простір можна охарактеризувати як територію, насичену об’єктами й зв’язками між ними, що включають: населені пункти, промислові підприємства, інженерні комунікації, рекреаційні зони, а також природні ресурси різного типу – поновлювальні й непоновлювальні,

виснажувальні й невиснажувальні, замінні й незамінні. Саме ці об’єкти та їхній взаємозв’язок визначають стабільність екологічної та економічної складових регіону.

Основні чинники екологічних проблем Запорізького регіону включають:

1) Дисбаланс у структурі промисловості. Переважання екологічно небезпечних виробництв, орієнтованих на застарілі технології, створює значний негативний вплив на довкілля.

2) Економічна стагнація. Відсутність інноваційних рішень та сучасних ресурсозберігаючих технологій підвищує енерго- та ресурсоємність промислових процесів, посилюючи техногенне навантаження.

3) Інтенсивна експлуатація природних ресурсів. Протягом десятиліть ресурси регіону використовувалися без урахування законів відновлення природно-ресурсного потенціалу, що призвело до серйозних дисбалансів в екологічній сфері.

4) Високий рівень техногенного впливу. Значне техногенне навантаження спричинило забруднення повітря, водних ресурсів та ґрунтів, а також нагромадження великої кількості промислових і побутових відходів, включно з небезпечними.

Диспропорції у промисловому розвитку та відсутність інноваційних технологій створюють ланцюгову реакцію екологічних проблем. Застаріла структура промислових підприємств, які не відповідають сучасним стандартам екологічної безпеки, є основною причиною техногенних ризиків. Високий рівень використання природних ресурсів без стратегічного підходу до їхнього відновлення поглиблює екологічну кризу, що, у свою чергу, впливає на здоров’я населення, економічну стабільність та інвестиційну привабливість регіону.

Пропозиції для вирішення проблеми:

1) Модернізація промислових підприємств. Впровадження енергоефективних та ресурсозберігаючих технологій з урахуванням міжнародних екологічних стандартів.

2) Реструктуризація економіки регіону. Збільшення частки інноваційних галузей та зменшення залежності від ресурсоємного виробництва.

3) Екологічний моніторинг. Розробка та впровадження системи автоматизованого моніторингу стану навколишнього середовища.

4) Інвестиції у відновлювальні джерела енергії. Активне впровадження альтернативних джерел енергії для зниження техногенного навантаження.

5) Освіта та екологічна свідомість. Розвиток екологічної культури серед населення через навчальні програми та соціальні ініціативи.

Таким чином, лише синхронізація дій на державному, регіональному та локальному рівнях у поєднанні з інноваційними підходами дозволить забезпечити збалансований розвиток еколого-економічного простору Запорізького регіону.

3.2. Моделювання фінансових втрат промислових підприємств регіону від екодиструктивних процесів

Сучасна економіка України демонструє спадні тенденції із ознаками стагнації, що створює виклики для функціонування всіх суб’єктів господарювання в умовах значної невизначеності. Ринкові умови породили низку суперечливих, але надзвичайно важливих питань, які вимагають негайного вирішення. Щодня підприємства стикаються із проблемами забезпечення фінансування, нестачею матеріальних і фінансових ресурсів, а також із необхідністю оновлення застарілих виробничих потужностей.

Стагнація економічних процесів у регіонах, відсутність структурних змін у галузях економіки, зростання рівня структурного та кваліфікаційного безробіття, а також скорочення фінансування розвитку людського капіталу призводять до формування старопромислових регіонів. Такі регіони, зосереджені на матеріальному виробництві, мають низку соціально-економічних проблем і стикаються зі значними перешкодами на шляху до сталого розвитку.

Металургійна галузь Запорізького регіону є ключовим джерелом забруднення довкілля, адже 37–45% від загального обсягу викидів шкідливих речовин по області припадають саме на підприємства чорної та кольорової металургії. Технологічні процеси цих підприємств забезпечують 6–8% загальних викидів металургійної галузі України. Найбільшим забруднювачем атмосферного повітря в регіоні є ПАТ «Запоріжсталь».

Крім «Запоріжсталі», основними підприємствами-забруднювачами є: ПАТ «Запорізький завод феросплавів»; ПАТ «Запоріжкокс»; ПАТ «Дніпроспецсталь»; ДП «Запорізький титаномагнієвий комбінат»; ПАТ «Запоріжвогнетрив».

Деталізовані показники викидів забруднюючих речовин металургійних підприємств Запорізького регіону наведено у Додатку Є. Серед цих підприємств значну роль відіграє ПрАТ «Дніпроспецсталь», яке є одним із найбільших забруднювачів атмосферного повітря в регіоні. Інформацію про стан викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел ПрАТ «Дніпроспецсталь» представлено у Додатку Є.

Аналіз даних, наведених у Додатку Є, свідчить про тенденцію зростання обсягів викидів більшості видів забруднюючих речовин ПрАТ «Дніпроспецсталь». Загальна кількість викидів підприємства за період з 2019 по 2021 рік зросла на 110,827 т, що становить 17,3%. Зокрема:

– викиди твердих частинок у суспендованому стані збільшилися на 9,827 т;
– викиди сполук азоту зросли на 63,583 т;
– викиди діоксиду сірки зменшилися на 0,979 т;
– викиди оксиду вуглецю збільшилися на 41,016 т;
– інші викиди зменшилися на 3,62 т.

Подальший аналіз передбачає оцінку фінансових втрат підприємства, пов’язаних із впливом екодеструктивного фактору. Екодеструктивний фактор фінансової безпеки металургійного підприємства визначається як фінансові

втрати, які виникають унаслідок негативного впливу забруднення довкілля, створеного самим підприємством.

Наприклад, забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами призводить до погіршення здоров'я населення, включаючи працівників підприємства та їхніх дітей. Це, своєю чергою, спричиняє витрати підприємства на лікування персоналу, зменшення обсягу виробленої продукції через тимчасову непрацездатність працівників, а також втрати, пов’язані із зниженням купівельної спроможності населення.

З метою оцінки фінансових втрат від екодеструктивного впливу на ПрАТ «Дніпроспецсталь» використовуються наступні показники металургійної галузі Запорізької області:

1) Середня кількість годин тимчасової непрацездатності на одного штатного працівника.

2) Фонд робочого часу в середньому на одного штатного працівника.

3) Середньомісячна заробітна плата працівника галузі.

Такі розрахунки є критично важливими для виявлення економічних ризиків, пов’язаних із забрудненням довкілля, та формування ефективної стратегії екологічного менеджменту. Інвестування у заходи з екологічної модернізації виробничих процесів дозволить не лише зменшити рівень забруднення, але й оптимізувати витрати підприємства на подолання наслідків екологічної шкоди. Це, своєю чергою, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємства та сталому розвитку регіону.

На основі проведених розрахунків (Додаток Ж) було виявлено такі закономірності:

1. **Залежність між обсягами викидів і працездатністю працівників.**

Загальні викиди забруднюючих речовин мають прямий вплив на рівень працездатності штатного персоналу. Зменшення обсягів викидів безпосередньо сприяє скороченню кількості годин тимчасової непрацездатності. Наприклад, на ПрАТ «Дніпроспецсталь» зниження

загальних викидів на 17–20% дозволяє скоротити тривалість непрацездатності одного працівника на 4,3 години.

2. **Вплив зростання вартості години непрацездатності на фінансові втрати.**

Збільшення середньої вартості години непрацездатності призводить до суттєвих фінансових втрат металургійних підприємств. У період з 2016 по 2021 рік середня вартість години непрацездатності, розрахована на основі середньомісячної заробітної плати, зросла з 35,93 грн до 93,98 грн. У 2021 році фінансові втрати ПрАТ «Дніпроспецсталь», спричинені годинами непрацездатності, становили майже 29 млн грн.

3. **Втрати через зниження виробничої ефективності.**

Металургійні підприємства зазнають фінансових втрат не лише через виплати працівникам за період непрацездатності, а й через недовикористання виробничих потужностей. У 2021 році фінансові втрати ПрАТ «Дніпроспецсталь» від цього чинника сягнули 226 млн грн.

4. **Загальний вплив деструктивних чинників на дохід.**

Сукупні фінансові втрати ПрАТ «Дніпроспецсталь», спричинені впливом деструктивних екологічних та економічних чинників, становлять 3–3,5% від загального доходу від реалізації продукції (див. таблицю 3.7).

Ці закономірності демонструють критичний вплив екологічних чинників на економічну стабільність підприємства. Результати підкреслюють необхідність інвестицій у технології, які знижують рівень забруднення, та заходів з оптимізації роботи виробничих потужностей. Це дозволить не лише зменшити фінансові втрати, але й підвищити конкурентоспроможність підприємства, сприяючи загальному сталому розвитку регіону.

Таблиця 3.7 – Загальні фінансові втрати ПрАТ «Дніпроспецсталь»

роки	Розрахована загальна вартість фінансових втрат в результаті непрацездатності працівників, тис.грн	Розрахована загальна вартість фінансових втрат в результаті недовиробництва, тис.грн	Загальні фінансові втрати, млн.грн	% до доходів металургійного підприємства
2016р.	16,005	136,246	152,251	3,68
2017р.	16,389	109,127	125,517	3,45

роки	Розрахована загальна вартість фінансових втрат в результаті непрацездатності працівників, тис.грн	Розрахована загальна вартість фінансових втрат в результаті недовиробництва, тис.грн	Загальні фінансові втрати, млн.грн	% до доходів металургійного підприємства
2018р.	20,422	109,302	129,724	3,34
2019р.	22,902	183,541	206,443	3,01
2020р.	21,236	156,988	178,225	2,83
2021р.	28,636	226,119	254,755	3,12

Відповідно до розрахунків пропонуємо створити модель прогнозування загальних фінансових втрат від загальних викидів шкідливих речовин на основі методу случайних лісів (RandomForest), вихідні дані наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Вихідні дані для прогнозної моделі фінансових втрат ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Показники	2016р.	2017р.	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.
Загальні викиди забруднених речовин ПрАТ «Дніпроцпесталь», т	1511	1100	682	641	721	752
Фінансові втрати ПрАТ «Дніпроцпесталь», млн.грн	152,25	125,52	129,72	206,44	178,22	254,75

Розрахунок прогнозу фінансових втрат ПрАТ «Дніпроспецсталь» від загальних викидів забруднених речовин ПрАТ «Дніпроспецсталь» за допомогою RandomForest у програмі RSrudio наведено в Додатку З.

Основними видами залізовмісних відходів металургійного виробництва є шлами та шлаки, що утворюються залежно від типу сталеплавильного процесу (мартенівського, конверторного чи електросталеплавильного) [30,с.120]. В Україні середній питомий вихід шламу становить 60–80 кг/т сталі, що у 2–2,5 рази перевищує аналогічний показник у Європі (30 кг/т сталі). Зокрема, мартенівські шлами є найбільш високодисперсними, що ускладнює їхню утилізацію, незважаючи на високу масову частку заліза (47–58%). Конверторні шлами, хоча і містять меншу масову частку заліза (41–45%), також представляють значний резерв для переробки.

Україна накопичила понад 240 млн тонн шлаків, з яких 128 млн тонн становлять сталеплавильні відходи. При цьому доменні шлаки, які містять

лише 5% заліза у вигляді корольків, здебільшого складуються окремо. Такі значні обсяги накопичених відходів створюють екологічне та економічне навантаження на регіони, вимагаючи впровадження ефективних рішень з їх переробки [31, с. 131].

Для ефективної переробки відходів запропоновано створення прототипу заводу, який базується на технології високошвидкісного низькотемпературного піролізу твердих побутових і виробничих відходів. Ця технологія пропонує новий підхід до утилізації відходів, що включає такі етапи:

1) Попереднє сортування, подрібнення та просушування матеріалів, причому волога очищується та повторно використовується в процесі.

2) Використання процесу окислення або піролізу для отримання цінних продуктів: висококалорійного піролізного газу, що може використовуватись для виробництва теплової енергії; вуглеподібного залишку, який є сировиною для виготовлення добрив та будівельних матеріалів [32, с. 69].

Завдяки використанню камер мідної каталізації та систем газоочищення викиди шкідливих речовин, включаючи діоксини, практично зводяться до нуля, що забезпечує екологічну безпеку процесу [32, с. 70].

Проєкт із запуску такого заводу оцінюється в 6 млн євро, а термін його окупності складає 2,5 роки. Впровадження цього рішення дозволить досягти наступних результатів: значне покращення екологічного стану міста та зниження забруднення довкілля; скорочення витрат на поховання відходів більш ніж у 10 разів; зменшення розширення площ полігонів для відходів, що дозволить зберегти значні земельні ресурси; отримання корисних продуктів (піролізного газу, гарячої води, вуглеподібного залишку), які забезпечать додатковий дохід підприємству.

Реалізація цього проєкту не лише розв’язує екологічні проблеми, пов’язані з накопиченням відходів, але й створює економічні вигоди для підприємства. Такий підхід сприятиме підвищенню конкурентоспроможності

металургійної галузі України, покращенню екологічного середовища та сталому розвитку регіонів.

Висновки до розділу 3 кваліфікаційної роботи:

1) Проведено дослідження екологічних аспектів сталого розвитку металургійних підприємств, використовуючи загальностатистичні методи аналізу динамічних рядів. Особливу увагу приділено встановленню взаємозв'язку між капітальними інвестиціями та обсягами викидів забруднюючих речовин зі стаціонарних джерел, що було досягнуто шляхом побудови простої економетричної моделі з використанням методу найменших квадратів (МНК).

2) Обґрунтовано створення регресійного еколого-економічного простору Запорізького регіону на основі комплексного застосування методів абстрактно-логічного аналізу, систематизації, дедукції та індукції, а також монографічного, порівняльного аналізу, графічного моделювання та теоретичного узагальнення.

3) Розроблено альтернативні сценарії (песимістичний, реалістичний, оптимістичний) прогнозування обсягів викидів шкідливих речовин стаціонарними джерелами для Запорізького регіону. Для цього застосовано традиційні та сучасні методи, включаючи метод ковзної середньої, експоненційне моделювання, а також моделі Хольта та Брауна, реалізовані в програмному середовищі R. За прогнозами, обсяги викидів складатимуть: у песимістичному сценарії – 170,48 тис. т, у реалістичному – 151–155 тис. т, в оптимістичному – 81,1 тис. т.

4) Проведено оцінку фінансових втрат металургійних підприємств через викиди стаціонарних джерел на прикладі ПрАТ «Дніпроспецсталь». Загальні втрати доходу через вплив деструктивних чинників становлять 3–3,5% від обсягу реалізації, що перевищує 255 млн грн. Розроблено модель прогнозування фінансових втрат із використанням алгоритму Random Forest, усі етапи моделювання реалізовано у середовищі RStudio.

5) Запропоновано створення прототипу заводу для переробки твердих відходів металургійних підприємств на основі високошвидкісного низькотемпературного піролізу. Цей підхід інтегрує принципово нові технологічні рішення, що дозволяють ефективно вирішувати екологічні проблеми міста, одночасно сприяючи утилізації побутових і промислових відходів.

ВИСНОВКИ

Дослідження підтвердило важливість та необхідність досягнення збалансованого розвитку металургійних підприємств із мінімізацією їхнього впливу на довкілля. Аналіз екологічних, економічних та технічних аспектів дозволив визначити ключові проблеми й запропонувати шляхи їх вирішення.

1. Доведено, що для досягнення сталого розвитку необхідне відокремлення економічного зростання від екологічного забруднення. Сучасні тенденції, що спостерігаються як у Запорізькому регіоні, так і в країнах ЄС, свідчать про складність реалізації цього завдання, проте впровадження екологічних реформ, модернізації технологій та багатосторонніх ініціатив, таких як Паризька кліматична угода, дає можливість частково знижувати негативні екологічні впливи.

2. У роботі застосовано широкий спектр сучасних методів дослідження, зокрема економетричне моделювання, методи машинного навчання, експоненційне прогнозування та аналіз динамічних рядів. Це дозволило здійснити комплексний аналіз взаємозв’язків між капітальними інвестиціями, економічною діяльністю та обсягами шкідливих викидів.

3. Підтверджено, що промислова діяльність залишається основним джерелом забруднення, причому більшість викидів зумовлена роботою ПАТ «Запоріжсталь». Запропоновано регресійний еколого-економічний простір, що враховує специфіку регіону та дозволяє деталізувати аналіз і прогнозувати майбутні сценарії розвитку ситуації.

4. Розроблено три сценарії прогнозу шкідливих викидів (песимістичний, реалістичний, оптимістичний). Отримані результати дозволяють врахувати різні варіанти розвитку економічної активності та впровадження екологічних заходів, забезпечуючи основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

5. На прикладі ПрАТ «Дніпроспецсталь» оцінено фінансові втрати від забруднення довкілля. Розроблена модель на основі алгоритму Random

Forest дозволяє прогнозувати ці втрати, що є важливим для оптимізації витрат підприємств і розробки стратегій зменшення негативного впливу на довкілля.

6. Запропоновано створення заводу з переробки твердих відходів за технологією високошвидкісного низькотемпературного піролізу. Такий промисловий симбіоз може забезпечити ефективну утилізацію відходів, водночас значно покращуючи екологічну ситуацію в регіоні.

Таким чином, дослідження демонструє необхідність комплексного підходу до вирішення екологічних і економічних проблем, зокрема через впровадження інноваційних технологій, удосконалення екологічної політики та аналіз локальних умов. Це сприятиме досягненню сталого розвитку металургійної галузі та підвищенню ефективності її роботи в умовах сучасних викликів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rockström, J. And ec. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 2009, 14(2), 32.

2. Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 2015, 347(6223), 1259855.

3. Ван ден Берг, Ф., Калліс, Г. Обмеження зростання: сучасний аналіз і виклики. *Ecological Economics*, 2012, 84, 121–130.

4. Хікель, Дж., Калліс, Г. Деколонізація економіки: виклики для планети. *Global Environmental Change*, 2020, 62, 102070.

5. Peters, G. P., Minx, J. C., Weber, C. L., & Edenhofer, O. Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108(21), 8903–8908.

6. Haberl, H., Wiedenhofer, D., Virág, D., Kalt, G., Plank, B., Brockway, P., Fishman, T., Hausknost, D., Krausmann, F., Leon-Gruchalski, B., Mayer, A., Pichler, M., Schaffartzik, A., Sousa, T., Streeck, J., & Creutzig, F. A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions. *Environmental Research Letters*, 2020, 15(6), 063002.

7. Wiedenhofer, D., Fishman, T., Lauk, C., Haas, W., Krausmann, F., Pallua, I., & Haberl, H. Integrating material flow analysis in the assessment of climate change mitigation strategies. *Nature Communications*, 2020, 11, 212.

8. Kojima, M., Bacon, R. Oil price risks: an operational perspective. Washington, D.C.: The World Bank, 2009.

9. de Koning, A., Tukker, A., Kleijn, R., & Lutter, S. The impact of global supply chains on national emissions. *Journal of Industrial Ecology*, 2015, 19(1), 49–60.

10. Naqvi, A., & Zwickl, K. Labor and environmental inequalities in an input-output framework. *Ecological Economics*, 2017, 136, 264–275.

11. Ботта, Е., Козлук, Т. Економіка вуглецевих податків. Париж: OECD Publishing, 2014.

12. ОЕСР. Економічна політика у сфері клімату: Рекомендації. Париж: OECD Publishing, 2018.

13. Lenzen, M. Consumption-based accounting of CO_2 emissions. *Economic Systems Research*, 2016, 28(3), 314–326.

14. Zhang, Y., Zheng, H., & Zhang, L. Energy consumption and carbon emissions in China's service industry. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 198, 339–347.

15. Stern, N. The economics of climate change: The Stern Review. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

16. Özokcu, S., & Özdemir, Ö. Economic growth and environmental degradation. *Environmental Impact Assessment Review*, 2017, 63, 88–97.

17. Torras, M., & Boyce, J. K. Income, inequality, and pollution: A reassessment. *Ecological Economics*, 1998, 25(2), 147–160.

18. Tapio, P. Towards a theory of decoupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland. *Transport Policy*, 2005, 12(2), 137–151.

19. Jackson, T. Prosperity without growth: Foundations for the economy of tomorrow. London: Routledge, 2009.

20. Wiedmann, T., & Lenzen, M. Environmental and social footprints of international trade. *Nature Geoscience*, 2018, 11, 314–321.

21. Haberl, H., Wiedenhofer, D., Virág, D., Kalt, G., Krausmann, F., Mayer, A., & Plank, B. Socio-ecological transition and resource efficiency. *Annual Review of Environment and Resources*, 2019, 44, 471–501.

22. Hyndman Rob J, Akram Md, Archibald Blyth C. 2008. “The Admissible

23. Parameter Space for Exponential Smoothing Models.” Annals of the Institute of Statistical Mathematics 60 (2): 407–426.

24. Breiman, Leo (2001). Random Forests. Machine Learning 45 (1): 5–32.

25. Амоша О. Пріоритети розвитку депресивних регіонів. Наукові праці НДФІ. 2012. № 3 (60). С. 50–56.

26. .Андрушків Б. М. Інноваційні засоби формування концепції оцінювання сталого розвитку у системі: підприємство – галузь – регіон – держава (євроінтеграційні аспекти). Український журнал прикладної економіки. 2016. Т. 1. № 2. С. 6–17.3.

27. Білопольський М. Г., Турченко Д. К., Харченко В. А. Оцінка розвитку промислового виробництва. Вісник економічної науки України. 2014. № 2. С. 9–12.

28. Шапуров О. О. Стан інновацій та ефективні механізми розвитку металургійних підприємств. Вісник Одеського національного університету. Серія: «Економіка». 2018. Т. 23. Вип. 5 (70). С. 108–113.

29. Шапуров О. О. Складові механізму забезпечення інноваційного сталого розвитку промислових підприємств. Причорноморські економічні студії. 2020. Вип. 54. С. 261–272.

30. Копач П. І. Аналіз процесів відходоутворення на виробництвах гірничо-металургійного регіону. Екологія і природокористування. 2012. № 15. С. 118–132.

31. Рудь І. Д., Савюк І. В., Самчук Л. М. Аналіз кількості утворених відходів машинобудування та металургії на території України. Вісник ТНТУ. Тернопіль : ТНТУ, 2015. Т. 79. № 3. С. 130–136.

32. Довга Т. М. Впровадження сучасних технологій рециклінгу твердих побутових відходів. Економіка та держава. 2011. № 8. С. 68–71.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Прогноз обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами за допомогою методу ковзаної середньої, методу експотенційного згладжування та методу підбору функції

роки	Обсяги викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами Запорізький регіон (фактичне значення), тис.т	Метод ковзаної середньої	Експотенційне згладжування	Метод підбору функції (поліном другого порядку)
2001	233,3	-	233,6	237,4442
2002	233,5	234,2	233,5	237,8082
2003	235,8	233,3	235,1	237,662
2004	230,5	242,8	231,9	237,0056
2005	262	250,2	253,0	235,839
2006	258,1	250,6	256,6	234,1622
2007	231,6	236,0	239,1	231,9752
2008	218,3	210,2	224,5	229,278
2009	180,8	205,5	193,9	226,0706
2010	217,5	209,2	210,4	222,353
2011	229,3	218,1	223,6	218,1252
2012	207,6	227,6	212,4	213,3872
2013	245,9	220,1	235,9	208,139
2014	206,7	215,4	215,4	202,3806
2015	193,7	189,1	200,2	196,112
2016	167	180,5	177,0	189,3332
2017	180,9	174,2	179,7	182,0442
2018	174,7	176,3	176,2	174,245
2019	173,4	167,9	174,2	165,9356
2020	155,5	159,0	161,1	157,116
2021	148,2	-	152,1	147,7862
п2022		154,2	150,9	137,9462
п2023		153,8	151,3	127,596
п2024		155,7	151,2	116,7356
п2025		154,6	151,2	105,365
п2026		154,7	151,2	93,4842
п2027		155,0	151,2	81,0932

ДОДАТОК Б

Прогноз обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами за допомогою адаптивної моделі Брауна (розрахунок в Microsoft Excel)

i	y_t	Згладжування, a_t	Згладжування тренда, b_t	Прогноз, y_t^*	$(y_t-y_t^{*2})$
1	233.3	233.3	0	233.3	0
2	233.5	233.318	0.00165	233.3	0.04
3	235.8	233.545	0.0221	233.32	6.151
4	230.5	233.289	-0.0032	233.567	9.409
5	262	235.896	0.234	233.285	824.528
6	258.1	238.127	0.416	236.13	482.698
7	231.6	237.911	0.358	238.542	48.196
8	218.3	236.454	0.193	238.27	398.781
9	180.8	231.571	-0.268	236.648	3118.944
10	217.5	230.048	-0.382	231.303	190.516
11	229.3	229.633	-0.385	229.666	0.134
12	207.6	227.28	-0.564	229.247	468.604
13	245.9	228.459	-0.406	226.715	368.05
14	206.7	226.113	-0.582	228.054	455.976
15	193.7	222.637	-0.845	225.53	1013.179
16	167	216.811	-1.298	221.792	3002.162
17	180.9	212.367	-1.584	215.514	1198.099
18	174.7	207.503	-1.882	210.783	1302.009
19	173.4	202.692	-2.148	205.621	1038.218
20	155.5	196.45	-2.52	200.544	2028.984
21	148.2	189.773	-2.898	193.929	2091.169

ДОДАТОК В

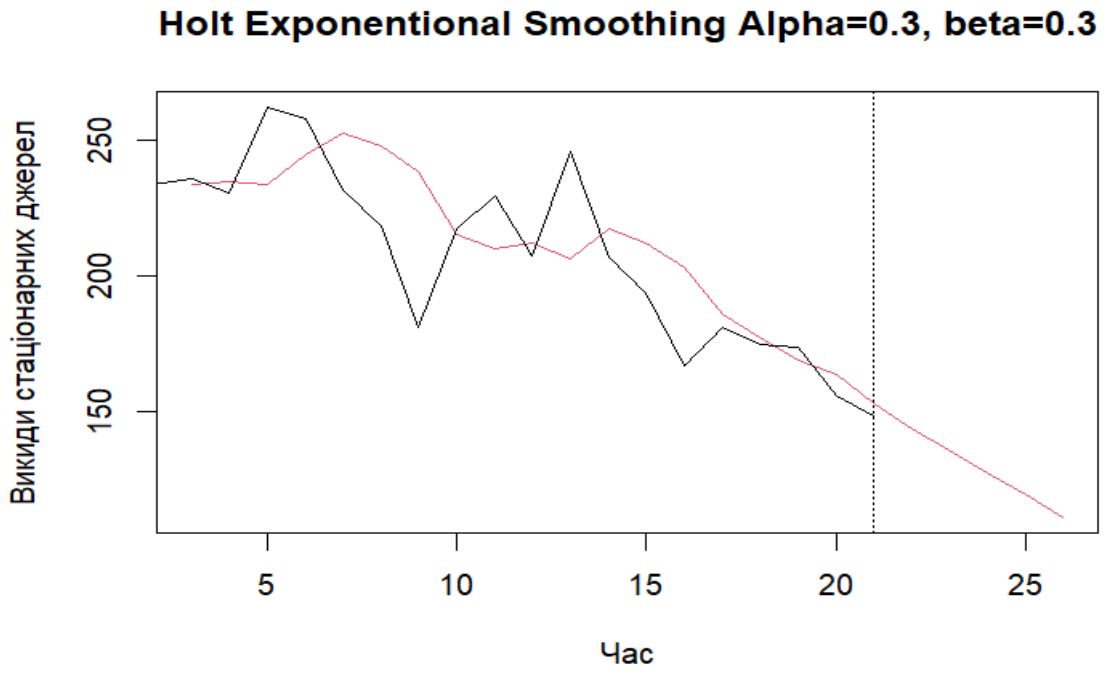
Прогноз обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами за допомогою адаптивної моделі Хольта (розрахунок в RStudio)

```
Holt-Winters exponential smoothing with trend and without seasonal component.

Call:
HoltWinters(x = Динамічні_моделі, alpha = 0.3,     beta = 0.3, gamma = FALSE)

Smoothing parameters:
 alpha: 0.3
 beta : 0.3
 gamma: FALSE

Coefficients:
       [,1]
a 151.78716
b  -8.13862
> prognozHolt1=predict(HoltETS1,n.ahead=5)
> prognozHolt1
Time Series:
Start = 22
End = 27
Frequency = 1
          fit
[1,] 143.6485
[2,] 135.5099
[3,] 127.3713
[4,] 119.2327
[5,] 111.0941
[6,] 103.031
> plot(HoltETS1,prognozHolt1, main="Holt Exponentional Smoothing Alpha=0.3, beta=0.3"
, xlab="Час", ylab="Викиди стаціонарних джерел")
```



ДОДАТОК Г

Прогноз обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами за допомогою адаптивної моделі Брауна та Хольта

роки	Обсяги викидів забруднюючих речовин стаціонарними джерелами Запорізький регіон, тис.т	Модель Брауна	Модель Хольта
2001	233,3	233,30	234,20
2002	233,5	233,30	235,45
2003	235,8	233,32	235,94
2004	230,5	233,57	236,96
2005	262	233,29	235,50
2006	258,1	236,13	246,32
2007	231,6	238,54	253,78
2008	218,3	238,27	249,05
2009	180,8	236,65	238,99
2010	217,5	231,30	215,46
2011	229,3	229,67	210,18
2012	207,6	229,25	211,75
2013	245,9	226,72	205,96
2014	206,7	228,05	216,99
2015	193,7	225,53	212,03
2016	167	221,79	203,01
2017	180,9	215,51	185,44
2018	174,7	210,78	176,90
2019	173,4	205,62	168,87
2020	155,5	200,54	163,27
2021	148,2	193,93	153,27
2022		184,68	143,65
п2022		181,84	135,51
п2023		179,00	127,37
п2024		176,16	119,23
п2025		173,32	111,09
п2026		170,48	103,03

ДОДАТОК Д

Регресивний вектор екологічно-економічного простору



ДОДАТОК Є

Стан викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Назва об'єкта	Частка викидів забруднюючої речовини			Частка оснащення джерел викидів газоочисними установками (ГОУ), %
	усього викидів, т/рік*	до загального обсягу викидів об'єкта, %	до загального обсягу викидів населеного пункту, %	
ПрАТ «Дніпроспецсталь» 2019р.	**752,187**	**100**	**1,076**	80,6
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	173,848	23,112	0,249	
Сполуки азоту	205,355	27,301	0,294	
Діоксид та інші сполуки сірки	3,723	0,495	0,005	
Оксид вуглецю	348,232	46,296	0,498	
Інші речовини	21,029	2,796	0,03	
ПрАТ «Дніпроспецсталь» 2020р.	**721,232**	**100**	**1**	80,6
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	140,016	20,5	0	
Сполуки азоту	198,974	29	0	
Діоксид та інші сполуки сірки	3,539	0,5	0	
Оксид вуглецю	326,133	48	0	
Інші речовини	15,566	2	0	
ПрАТ «Дніпроспецсталь» 2021р.	**641,36**	**100**	**1**	80,6
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	164,021	26	0	
Сполуки азоту	141,772	22	0	
Діоксид та інші сполуки сірки	4,702	1	0	
Оксид вуглецю	307,216	48	0	
Інші речовини	24,649	4	0	

ДОДАТОК Ж

Розрахунок фінансових втрат ПрАТ «Дніпроспецсталь» від екодеструктивного фактору

роки	Вихідні дані **ПрАТ «Дніпроспецсталь»**		Вихідні дані **металургійної галузі Запорізької області**			Розрахунок фінансових втрат від тимчасової непрацездатності **ПрАТ «Дніпроспецсталь»**				
	Обсяг виробленої продукції, тис.грн	Середньорічна кількість штатних працівників, чол	У середньому годин тимчасової непрацездатності на 1 штатного працівника (металургійна галузь Запорізької області)	Фонд робочого часу в середньому на 1 штатного працівника (металургійна галузь Запорізької області	Середньомісячна заробітна плата робітника металургійної галузі Запорізької області	Розрахована кількість годин тимчасової непрацездатності наявних металургійних підприємств (виходячи з середньої кількості годин), люд-год	Розрахована вартість 1 години непрацездатності (виходячи з середньої заробітної плати металургійної галузі Запорізької області), грн	**Розрахована загальна вартість фінансових втрат металургійних підприємств в результаті непрацездатності працівників, тис.грн**	Обсяг виробленої продукції на 1 годину фонду робочого часу, тис.грн	**Розрахована загальна вартість фінансових втрат металургійних підприємств результаті недовиробництва, тис.грн**
1	2	3	4	5	6	7=3*4	8=6*12міс./5	9=7*8	2/3*5	11=7*11
2016р.	4142281	6648	67	2037	6099,59	445416	35,93	16005,037	0,31	136245,865
2017р.	3636973	5732	61	2033	7941,17	349652	46,87	16389,450	0,31	109127,0797
2018р.	3879258	5744	57	2023	10515,5	327408	62,38	20422,297	0,33	109301,8814
2019р.	6855586	5640	54	2017	12639,28	304560	75,20	22901,849	0,60	183540,7258
2020р.	6292096	5466	50	2004	12976,48	273300	77,70	21236,359	0,57	156988,4232
2021р.	8164952	5540	55	1986	15553,76	304700	93,98	28635835	0,74	226119,0131

ДОДАТОК З

Розрахунок прогнозу фінансових втрат ПрАТ «Дніпроспецсталь» від загальних викидів забруднених речовин ПрАТ «Дніпроспецсталь» за допомогою RandomForest у програмі RSrudio

```
# Встановлення та завантаження бібліотеки randomForest
install.packages("randomForest")
library(randomForest)

# Підготовка даних
total_emissions <- c(1511, 1100, 682, 641, 721, 752)
financial_losses <- c(152.25, 125.52, 129.72, 206.44, 178.22, 254.75)

# Створення датафрейму
data <- data.frame(total_emissions, financial_losses)

# Розділення даних на тренувальний та тестовий набори (якщо потрібно)
# В цьому прикладі, для простоти, ми не розглядаємо розділення даних.

# Побудова моделі RandomForest
rf_model <- randomForest(financial_losses ~ total_emissions, data=data,
ntree=100)

# Прогноз фінансових втрат для нових даних
new_data <- data.frame(total_emissions=c(800, 900, 1000))

# Припустимо нові викиди
predicted_losses <- predict(rf_model, newdata=new_data)

# Виведення прогнозованих фінансових втрат
print(predicted_losses)

       1        2        3
166.0193 178.1739 190.3286
```