

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА**

**Навчально-науковий інститут
«Інститут інформаційних технологій в економіці»**

Кафедра математичного моделювання та статистики

Освітньо-професійна програма

Галузь знань

Спеціальність

Економічна кібернетика

05 Соціальні та поведінкові науки

051 Економіка

Форма навчання: очна (денна)

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему «**Моделювання впливу забруднення навколишнього середовища на економіку країни**»

(назва теми)

здобувача Стеценко Юлії Анатоліївни

(ПІБ, підпис)

Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук,
доцент Юнькова О. О.

(науковий ступінь, учене звання, ПІБ)

(підпис)

**Робота допущена до захисту перед екзаменаційною
комісією з атестації здобувачів вищої освіти (ЕК)**

Завідувач кафедри кандидат фізико-математичних наук,
професор Великоіваненко Г.І.

(підпис)

Київ 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЕКОНОМІКУ КРАЇНИ	6
1.1 Еколого-економічна система та концепція сталого розвитку.....	6
1.2 Закордонний досвід регулювання економіко-екологічної ситуації	11
РОЗДІЛ 2. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ	17
2.1 Підходи до моделювання взаємодії екологічного стану країни та економічного розвитку	17
2.2 Аналіз даних та відбір показників для моделювання.....	23
2.3 Побудова моделей оцінювання взаємозв'язку між станом забруднення навколишнього середовища та економічним добробутом України	30
РОЗДІЛ 3. ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ	40
3.1 Прогнозування рівня економіко-екологічного стану України	40
3.2 Шляхи поліпшення економіко-екологічної ситуації в Україні	46
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Вплив забруднення навколишнього середовища на економіку країни є однією з актуальних проблем сучасного світу. Погіршення якості повітря, забруднення водних ресурсів, зниження біорізноманітності та інші форми екологічного забруднення негативно впливають на стан економіки, суспільства та життя людей загалом. Забруднення довкілля призводить до зростання ризиків появи нових захворювань, зниження продуктивності праці, погіршення якості життя та становить загрозу для стабільності економічної системи: зокрема, стан довкілля здатний впливати на такі економічні показники, як виробництво, енергетика, транспорт, сільське господарство та інші суміжні галузі. Дослідження даної проблеми та усунення її наслідків є кроком до забезпечення сталого розвитку України та збереження її природних ресурсів.

Значний внесок в дослідження взаємозв'язку між навколишнім середовищем та економічним зростанням зробив американський економіст Саймон Кузнець, саме він графічно відобразив екологічну криву, що пояснює зв'язок між економічним зростанням та деградацією довкілля. Пізніше економістами Гроссманом та Крюгером, на основі кривої Кузнеця, була висунута гіпотеза, суть якої полягала в тому, що при економічному зростанні рівень забруднення збільшується, але після досягнення певного рівня розвитку, обсяги забруднень починають знижуватись. Подальші дослідження Лопесом, Браяном та Еккінсом, Макконелом, Беккерманом показали, що не існує єдино правильного підходу до дослідження взаємозв'язку природи та економіки, і дослідження цього зв'язку в різних країнах має свої особливості.

Дана робота націлена на пошук моделі, яка б описувала зв'язок навколишнього середовища та економіки саме для України. Виявлення такої залежності допоможе країні знайти шляхи забезпечення сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Розуміння цього впливу допоможе у

впровадженні ефективних стратегій збереження навколишнього середовища, що своєю чергою має забезпечувати стійке економічне зростання країни.

Мета дослідження – моделювання залежностей між станом навколишнього середовища та розвитком економіки України. Відповідно до поставленої мети були сформульовані такі завдання:

- дослідити сутність та основні принципи еколого-економічної системи та концепції сталого розвитку;
- розглянути та проаналізувати закордонний досвід регулювання економіко-екологічної ситуації;
- дослідити підходи до моделювання взаємодії екологічного стану та економічного розвитку країни;
- здійснити аналіз різних економічних показників та сформувати набір даних для моделювання;
- здійснити побудову моделі впливу забруднення навколишнього середовища на економіку України;
- здійснити побудову моделі впливу економічних чинників на екологічний стан України;
- виконати прогнозування екологічного стану в Україні;
- визначити напрями покращення екологічного стану та економічного розвитку в Україні.

Об'єктом дослідження є еколого-економічний стан України.

Предметом дослідження є моделі та методи дослідження взаємозв'язків між економічними та екологічними показниками.

В роботі застосовані загальнонаукові та специфічні методи дослідження. Теоретичний метод дає змогу ознайомитися з поняттями еколого-економічної системи та концепцією сталого розвитку, зробити огляд закордонного досвіду врегулювання економіко-екологічної ситуації. За допомогою емпіричного методу зібрано та проаналізовано показники, що потенційно можуть впливати на екологічний стан та економічний розвиток. За допомогою статистичних методів проведено їхній структурний аналіз. Регресійними методами побудовано

економетричні моделі, що відображають статистичні зв'язки між економічними показниками та екологічними факторами, і дають змогу досліджувати їх обернений зв'язок, а також прогнозувати майбутній стан навколишнього середовища та економічний добробут.

Дана робота спрямована на пошук ефективного методу дослідження впливу навколишнього середовища на економічну стабільність. Проведено детальний аналіз стану довкілля та економіки України, вдосконалено модель еколого-економічного аналізу Саймона Кузнеця та розглянуто її обернений аналог, а також сформульовано систему заходів, необхідних для покращення еколого-економічної ситуації в Україні.

Інформаційною базою для даного дослідження стали наукові роботи вітчизняних та закордонних вчених в галузі вивчення еколого-економічної системи та концепції сталого розвитку, дані Державної служби статистики України та Світового банку, законодавчі акти та нормативно-правові документи в сфері економічного та екологічного контролю.

Робота складається зі вступу, трьох розділів та списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЕКОНОМІКУ КРАЇНИ

1.1 Еколого-економічна система та концепція сталого розвитку

Сутність еколого-економічної системи полягає в інтеграції економіки та екології. Навколишнє середовище поєднує в собі комплекс екологічних систем, які прагнуть до стану рівноваги між собою та з іншими типами систем. Водночас економічна система, яка є більш динамічною, розвивається швидше і дестабілізує екологічну, порушуючи стан рівноваги в ній. Водночас економічна система є частиною екологічної, адже всі матеріальні блага створюються з сировини, яку добувають в природному середовищі. Тож саме навколишнє середовище є підґрунтям для виникнення, розвитку та функціонування економічних процесів [1]. У вітчизняній літературі немає однозначного визначення поняття «еколого-економічна система», тому проаналізувавши думки різних науковців, які представлені в статті [2], можна сформулювати таке бачення даного поняття. Еколого-економічна система – це цілісна, ємерджентна, територіально визначена система, в основі якої лежить динамічна взаємодія екологічної та економічної підсистем, а діяльність спрямована на раціональне використання природних ресурсів та виявлення, попередження, усунення можливих негативних наслідків їх взаємодії.

Умовою сталого існування еколого-економічної системи є виявлення та усунення різних природних диспропорцій та критичних явищ, забезпечення раціонального використання природно-ресурсного потенціалу та спостереження за стабільним, збалансованим розвитком екосистем при виробничій та господарській діяльності. Для окремого підприємства еколого-економічна

система розглядається як частина території підприємства чи прилеглої до неї, де безпосередньо здійснюється виробничо-господарська діяльність, яка водночас взаємодіє з прилеглим природним середовищем. Об'єктом еколого-економічної системи є вся діяльність підприємства, яка впливає на довкілля, та на яку спрямовано вплив суб'єкта системи - підприємця [3].

В процесі функціонування еколого-економічної системи керівництво підприємства чи країни завжди бере участь у певних процесах та явищах, і прагне їх поліпшити, згідно до заздалегідь поставлених цілей. Відповідно до цього предметом еколого-економічної системи є сукупність явищ та процесів, що відбулися на певній території за певний час. Суб'єктом системи є управлінський персонал, який діє відповідно до поставлених заздалегідь еколого-економічних цілей, здійснює прямий вплив на виробничу та господарську діяльність підприємства, забезпечуючи мінімальний шкідливий вплив на навколишнє середовище та максимізуючи задоволення споживчих потреб [3].

Ідеальним станом об'єкта системи прийнято вважати екологічно прийнятний результат, якого намагається досягти суб'єкт системи за допомогою спеціальних управлінських заходів, що впливають на об'єкт системи. Тобто при такому стані всі компоненти системи, а саме: екологічний, економічний та соціальний, максимізують задоволення своїх інтересів. Також при ідеальному стані об'єкта еколого-економічної системи, витрати на матеріали та трудові ресурси є мінімальними за умови виготовлення необхідного обсягу продукції з потрібним рівнем екологічності, що забезпечується необхідним рівнем якості довкілля і досягненням оптимально-ефективного рівня використання природних ресурсів [3].

Здійснення людиною виробничих процесів є частиною діяльності економічної підсистеми. В деяких випадках виробництво може позитивно впливати на довкілля, наприклад, при повторному використанні відходів, або ж мати негативний вплив, як у разі з викидами відходів в атмосферу, що в свою чергу порушує природну рівновагу. Через таке порушення рівноваги в процесах навколишнього середовища, порушуються процеси й в економіці: уповільнюється

її розвиток, ефективність та темпи зростання. Тому функціонування еколого-економічної системи має бути ефективним, задля попередження появи екологічних та економічних проблем [3].

В умовах стрімкої глобалізації економіки гостро постає проблема змінювання клімату та захисту навколишнього середовища. У 21 столітті найрозвинутіші держави світу акцентують увагу в своїй економіці на покращення екологічних умов та зниження негативного впливу на природу. Адже зазвичай в таких країнах значну частину виробництва складає саме промислова діяльність, яка негативно впливає на довкілля, тому варто очікувати, що підприємці мають бути зацікавлені у розробленні та впровадженні технологій, які здатні знизити цей вплив. Що ж до витрат, то прибутки, отримані підприємством при використанні природних ресурсів, можуть виявитися нижчими, порівняно з витратами на ліквідацію шкідливих наслідків їхнього використання. В свою чергу наслідками забруднення довкілля є зниження якості життя людей та тварин, зниження їх народжуваності, збільшення кількості хвороб та генетичних збоїв, зміни флори та фауни, що спричиняє додаткові витрати на медикаменти, підтримання імунітету та захист тварин та рослин. Також це спричиняє і додаткові державні витрати на охорону здоров'я, довкілля, аби створювати сприятливі умови для існування населення. До обов'язків держави з охорони довкілля належить: ліквідація наслідків екологічних катастроф, охорона природи, контроль над використанням природних ресурсів, а у разі аварій на промислових підприємствах – мінімізація шкідливого впливу, поліпшення якості питної води, повітря, запровадження нових екологічних технологій на виробництвах, використання альтернативних джерел енергії. Тож забруднення довкілля не лише спричиняє збільшення суспільних та державних витрат, а також знижує інвестиційну привабливість даного регіону чи країни через зниження попиту на неекологічні товари, підвищує рівень податку для підприємств, які мають надто високий рівень забруднення довкілля при виробництві. Проблеми з еколого-економічною системою виникають через її негармонійний розвиток, що створює необхідність в пошуку та

запровадженні нових підходів до виробництва, які збільшували б рентабельність, але при цьому зменшували негативний вплив на довкілля [4].

Система компонентів, взаємозв'язків та відношень, що відображають основний зміст процесів забезпечення збалансованого соціально-економічного та екологічного розвитку, відома як модель сталого розвитку («sustainable development»). Передумовами формулювання концепції сталого розвитку стали: зміна клімату, руйнування озонового шару, кислотні опади, окислення ґрунтів внаслідок дії різних пестицидів та хімікатів, зменшення популяції тварин та рослин, погіршення якості життя в багатьох країнах світу, зростання чисельності населення, що проживає за межею бідності. У формулюванні ООН, сталий розвиток – це розвиток суспільства, при якому задовольняються всі потреби нинішнього покоління без обмежень на задоволення потреб майбутнім поколінням [5, с.100].

Концепція базується на трьох основних підходах: економічному, соціальному та екологічному, при цьому вони всі є взаємозалежними. Економічний підхід ґрунтується на основних принципах неокласичної теорії, спираючись, зокрема, на ідею, запропоновану Дж. Хіксом. Згідно з цією ідеєю, суспільство має обмежені можливості з виробничого доходу, оскільки існує умова, яка вимагає збереження сукупного капіталу, необхідного для генерації цього доходу. А це, в свою чергу, визначає потребу в раціональному використанні обмежених природних ресурсів і в застосуванні природозберігаючих способів виробництва. Але збереження кількості сукупного капіталу не суперечить тому, що його структура може бути змінена, оскільки існує багато різних видів капіталу, які є взаємозамінюваними. Через це в концепції сталого розвитку розглядається два види стійкості. Перша - слабка, яка ґрунтується на гіпотезі, що з часом кількість створених та природних капіталів зростає. Друга - стійка, яка ґрунтується на гіпотезі про збільшення природного капіталу з часом. Більш гнучкою є модель, що створена на основі гіпотези слабкої стійкості, адже вона дає більше можливостей для розвитку та зростання економіки. При цьому її явним недоліком є збільшення ризику виникнення суперечності з інтересами

економічного прогресу, оскільки перевагою має бути забезпечення соціального благополуччя та екологічної безпеки. Проте модель, заснована на сильній стійкості, має низькі неекономічні ризики і надає перевагу громадським інтересам та стійкості процесу суспільного розвитку на глобальному рівні. Але через те, що така модель прямо залежить від природних потенціалів, використаних при виробництві, це сильно обмежує її економічних суб'єктів [6].

Соціальна складова концепції сталого розвитку базується на неекономічних інтересах окремої людини. Сюди входять всі права людини, від індивідуальних до колективних, акцентується увага на нематеріальних цінностях сучасного суспільства. Забезпечуючи соціальну стійкість, необхідно дотримуватись принципу справедливості поколінь, що означає, що майбутні покоління повинні мати такий самий доступ до соціальних ресурсів, як і поточне покоління. До того ж, відзначається необхідність забезпечення рівного доступу до соціальних ресурсів для всього нинішнього покоління, тому справедливий розподіл благ є важливим аспектом. Концепція сталого розвитку підкреслює право людини на вплив та керування процесами її життєдіяльності, і можливість брати участь у прийнятті та виконанні рішень. Також особливістю соціального капіталу є те, що у більшості випадків елементи капіталу мають властивість незворотніх змін, прикладом є мови та традиції, які з часом під дією інших факторів зникають чи втрачають свої якості через глобалізацію культури. Інші ж елементи соціального капіталу є унікальними й незамінними іншими видами капіталу. Попри протистояння багатьох його цінностей принципам економічного розвитку, соціально-сталий розвиток є суттєвою складовою багатьох економічних рішень. Зокрема, питання соціальної стійкості часто досліджуються у рамках концепції "Соціально відповідального інвестування". Інвестори використовують критерії соціальної стійкості, які охоплюють різноманітні аспекти, такі як соціально-трудові відносини, безпеку продукції, права людини, структуру та прозорість корпоративного управління [6].

Екологічна складова концепції відповідає за забезпечення цілісності фізичних та біологічних природних систем при їх взаємодії з соціальними та

економічними системами. Під поняттям природних систем розуміють різноманітність природних комплексів та штучно створене антропогенне середовище. При вивченні природних систем велика увага приділяється їхнім властивостям, зокрема саморозвитку та адаптації, які виявляються при впливі дестабілізуючих чинників з боку інших систем. Також варто зазначити, що екологічні системи мають меншу стійкість, і при надмірному використанні природних ресурсів чи їх забрудненні, вони втрачають властивість до відновлення. Крім того, елементи природного капіталу є такими, які неможливо відновити після їх споживання чи використання. Також варто зазначити, що в більшості випадків природний капітал не може бути замінений економічним, адже такі ресурси є багатофункціональними і виконують безліч функцій, крім економічної. Прикладом такого природного капіталу є ліс, який не тільки забезпечує сировину для виробництва паперу (ресурс замінний), але й виконує функцію фільтра та виробника повітря, регулює водний баланс (ресурс незамінний) [6].

Основні засади сталого розвитку включають: збереження екологічної рівноваги; дотримання принципу справедливості; сприяння суттєвим змінам у ринковій системі; тісне міжнародне співробітництво та співпрацю; просування екологічної свідомості. Ключовими завданнями концепції сталого розвитку є: відновлення природних екосистем та їх подальше збереження в необхідному обсязі разом з їхньою здатністю до самовідтворення; розв'язання проблеми економічного, соціального, демографічного та духовного розвитку; погодження темпів економічного розвитку з економічною спроможністю екосистем [5].

1.2 Закордонний досвід регулювання економіко-екологічної ситуації

Протягом останніх двох десятиліть відбувається стрімка екологізація економіки, що стало результатом усвідомлення громадськістю проблеми з обмеженістю ресурсів планети і загроз для наступних поколінь, підприємствам

доводиться враховувати нові вимоги суспільства про ефективне використання ресурсів та збереження довкілля. Цьому сприяє активізація досліджень взаємного впливу економічної діяльності та природного середовища. Дослідження націлені на подальшу побудову методів та моделей для майбутнього прогнозування рівня забруднення залежно від різних факторів впливу, таких як демографія, обмеження ресурсів, інвестиційна політика та запровадження нових технологій. Рушійною силою для даних досліджень стали рішення Конференцій ООН з питань охорони навколишнього середовища, офіційні документи ООН з розроблення стратегій сталого розвитку, а також активна роль інституцій системи ООН та ОЕСР у підтримці та фінансуванні широкомасштабних досліджень щодо оцінки стану та динаміки компонентів природного капіталу та екосистемних послуг, ефективності різноманітних інструментів економічної політики [7].

Як показує зарубіжна практика, основою системи захисту довкілля в економічно розвинених країнах є державне регулювання, при якому акцентують увагу на економічному стимулюванні та підтримці підприємств, що впроваджують більш екологічні методи виробництва. Світовий досвід та застосування на практиці в підприємницькій діяльності засвідчують можливість досягнення еколого-економічних цілей за допомогою регулюючих механізмів, а саме:

- 1) державне регулювання (регулюючі, адміністративні заходи контролю та стимулювання тощо);
- 2) економічне стимулювання шляхом використання ринкових механізмів;
- 3) змішані механізми, що об'єднують державне регулювання та економічне стимулювання.

Крім того, існує чіткий механізм фінансового забезпечення такого регулювання, включаючи внутрішні накопичення, внутрішні та зовнішні екоінвестиції, капітал бюджетних фондів, кредити, цільові гарантії та інші фінансові інструменти. Також значну увагу приділяють розвитку екологічної культури, освіти та вихованню в цьому контексті. Зарубіжні країни використовують досить ефективні та різноманітні важелі економічного

регулювання. Це сприяє накопиченню практичного досвіду використання різноманітних економічних методів та інструментів з регулювання процесу впровадження екологічних технологій на підприємства різного масштабу.

У США та Європі змінився підхід до боротьби із забрудненням довкілля. Замість використання очисного обладнання, акцент робиться на розробці екологічно чистих технологій. В США прийнято закон про водні ресурси, в якому передбачено виконання 16 природоохоронних програм. За умисне скидання у воду забруднюючих речовин, що несуть загрозу здоров'ю та життю людей, встановлено кримінальну відповідальність. За допомогою створеного економічного механізму досягнуто не лише припинення подальшого забруднення довкілля, але й зміцнено його стан. Також Агентство з охорони навколишнього середовища США запроваджує ефективний механізм контролю за викидами шляхом видачі спеціальних ліцензій на певний допустимий обсяг забруднюючих речовин, які можуть потрапити в довкілля. Це дало змогу підприємствам, які мають менший об'єм викидів, ніж встановлено лімітом, продавати свої «зайві об'єми» іншим фірмам. В такий спосіб створився «ринок прав» на забруднення довкілля. За допомогою створення банку дозволів, уряд США досяг покращення екологічної ситуації в країні [8]. Крім того, у 1985 році в США був прийнятий закон "Про продовольчу безпеку", який суттєво обмежив розвиток процесів ерозії. Даний закон дав змогу державі орендувати фермерські землі, які були уражені ерозією. В свою чергу фермери отримують грошову компенсацію за вилучення землі з обігу. Додатково, у разі залуження земель або створення на них лісових насаджень, надається державна технічна та матеріальна підтримка, покриваючи 50% витрат. Методологію США, націлену на боротьбу з екологічним забрудненням, називають «примусовою моделлю», адже вона покладається на такі механізми як штрафи, обмеження та покарання [9].

У країнах Європи з 1973 року розроблюються програми охорони довкілля, в яких набула загального визнання ідея сталого розвитку, згідно з якою екологічні та економічні цілі динамічно збігаються, а на рівні Європейського Союзу — країни розробили принципи та загальні положення для законодавчих актів,

спрямованих на збереження природного середовища. Закон про охорону води, що діє в Франції з 1964 року, передбачає існування шести басейнових управлінь в країні. У Великобританії, згідно з аналогічним законом про водні ресурси, який був прийнятий ще в 1973 році, контроль за станом водойм здійснюється десятима регіональними водними комітетами. У Нідерландах, згідно з законом про забруднення поверхневих вод, необхідно отримати ліцензію для скидання відходів. Загалом у країнах Європейського союзу була впроваджена та виконана стратегія, спрямована на екологічно орієнтований менеджмент та розвиток екологічного підприємництва. Цьому сприяло те, що екологічність стала трендом, зросла роль екологічних якостей та характеристик товарів, збільшився тиск на підприємства, що використовують природний капітал, задоволення екологічних інтересів населення та розвитку водного законодавства, загального усвідомлення значимості екологічного права і підприємництва [8].

Вивчення різних підходів до економічного регулювання природоохоронної діяльності в розвинених країнах дозволяє виділити дві законодавчо закріплені категорії, як показано на рис. 1.1. Перша група регуляторів примусового характеру переважно є доповненням до вже існуючого адміністративно-законодавчого підходу. Вони є чітко сформованими та обов'язковими в кожній країні. Друга група вважається більш дієвим інструментом, адже є більш економічно привабливою для природокористувачів і дає можливість переходу до принципово нової технологічної політики. Основна мета такої політики полягає у запобіганні забруднення довкілля, а не просто його контролюванні. Саме друга група стимулює підприємців до застосування екологічної стратегії, впровадження заходів для запобігання забруднення довкілля, переходу у виробничій діяльності до безвідходної чи ресурсозберігаючої форми [9].

Отже, в реалізації еколого-економічного регулювання головна роль відводиться державі, яка повинна створювати сприятливі умови для успішної реалізації природоохоронних заходів. Головну роль у процесі еколого-економічного регулювання варто надавати економічним інструментам, які забезпечують взаємозв'язок екологічних та економічних факторів, які добре

зарекомендували себе у розвинутих країнах і відповідають принципам ринкової економіки.



Рисунок 1.1 – Система економічних регуляторів стимулювання природоохоронної діяльності з урахуванням досвіду зарубіжних країн [9]

Серед шляхів поліпшення механізму еколого-економічного регулювання функціонування суб'єктів природокористування на державному рівні, з урахуванням зарубіжного досвіду, можна виділити такі:

- 1) підвищення вартості природних ресурсів, що призводить до збільшення негативного впливу на навколишнє середовище при їх використанні, та зворотне зниження цін на екологічно безпечні товари шляхом впровадження екологічних податків, які будуть включені до ціни природних ресурсів;
- 2) проведення амортизаційної політики, яка націлена на прискорення амортизації очисного промислового обладнання;

- 3) зниження цін на очисне промислове обладнання за допомогою звільнення від сплати ПДВ, запровадження митних пільг на імпорту очисного обладнання та екологічно чистих технологій, які не мають аналогів у країні;
- 4) звільнення підприємств від сплати податку на прибуток, що був отриманий за допомогою використання очисного обладнання протягом трьох років з моменту введення в експлуатацію;
- 5) надання податкових кредитів промисловим виробникам, які запроваджують нові екологічні технології виробництва;
- 6) розширення списку податкових пільг для іноземних інвесторів, що вкладають кошти в підприємства, які займаються виготовленням очисного обладнання та екологічних технологій, та проводять екологічну експертизу навколишнього середовища;
- 7) державна фінансова підтримка підприємств, діяльність яких націлена на природоохоронну діяльність шляхом створення позабюджетних фондів охорони природи, надання субсидій, дотацій на заходи щодо підвищення рівня екологічності промислового виробництва;
- 8) приведення розміру екологічних платежів промислового підприємства до державного бюджету у відповідність до реальних розмірів економічної шкоди, яку завдано довкіллю внаслідок використання підприємством природних ресурсів;
- 9) обмеження монополій для підприємств, що виготовляють екологічну продукцію.

Отже, зарубіжний досвід використання інструментів еколого-економічного регулювання діяльності суб'єктів, що займаються використанням природних ресурсів, становить основу для подальших досліджень та практичного застосування відповідними міністерствами, органами виконавчої влади та органів місцевого самоврядування в Україні, задля ефективного та безпечного використання природного капіталу для забезпечення сталого соціально-економічного розвитку країни [10 с.76].

РОЗДІЛ 2

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ

2.1 Підходи до моделювання взаємодії екологічного стану країни та економічного розвитку

Серед економістів давно ведуться дискусії щодо зв'язку між економічним зростанням та якістю природного навколишнього середовища. Однією з не вирішених проблем екологічної економіки є питання стосовно зростання економічного добробуту країни, тому необхідно з'ясувати, як пов'язане зростання доходів населення зі станом навколишнього середовища. Нобелівський лауреат Саймон Кузнець багато років займався науковим вивченням питання економічного зростання, і дійшов висновку про існування оберненого U-подібного зв'язку між підвищенням життєвого рівня населення і станом природного середовища. Зв'язок, графік якого нагадує купол, увійшов в науку під назвою екологічна крива Кузнеця (ЕКК). Відповідно до гіпотези екологічної кривої, прослідковується негативний зв'язок між доходами та якістю навколишнього середовища на початкових етапах розвитку країни, але з часом, коли вона стає більш економічно розвиненою, а люди багатшими, починає з'являтися інтерес до стану довкілля, а саме до рівня його забруднення, і як наслідок, якість природного середовища покращується. ЕКК можна представити у вигляді графіка, який має форму оберненої параболи. Особливо цікавим є пошук критичної точки, яка визначає рівень доходу населення, при якому показник забруднення навколишнього середовища починає зменшуватись [11].

Пізніше зв'язок між забрудненням та доходами був змодельований американськими дослідниками Гросманом та Крюгером. Ще в 1995 році було сформовано твердження, що в країнах з низьким рівнем ВВП на душу населення

спостерігається зростання концентрації шкідливих речовин у повітрі та воді. Однак, після досягнення певного рівня доходу (що може варіюватись залежно від типу забруднюючих речовин), концентрація починає зменшуватись. Вчені також знайшли критичні точки, де при доході в проміжку \$4772-\$5965 в цінах 1995 року, показники забруднення починали знижуватись. Також в дослідженні економічної кривої Кузнеця взяв участь американський вчений Панайоту, підсумувавши 30 наукових досліджень, у більшості з яких була підтверджена попередня гіпотеза для таких речовин як оксид сірки (SO_2), оксид азоту (NO_2) та інших шкідливих речовин, що містяться у повітрі.

В кінці 90-х років минулого століття дослідження кривої Кузнеця перейшли на рівень регіональної масштабності, водночас із розвитком теорії ЕКК на рівні окремих держав. Існує кілька припущень, які можуть пояснити обернену U-подібну залежність між забрудненням та доходами населення. За словами Лопеса, еколого-економічну криву можна пояснити за допомогою негомотичних економічних преференцій агентів, це означає, що зростання доходів призводить до зміни структури споживання в бік підвищення попиту на чисте довкілля та екологічно чисте виробництво. З огляду на ці всі припущення, з'явилося кілька теорій для пояснення зв'язку між доходами та забрудненням довкілля. Наприклад, Браян та Еккінс запропонували поділяти забруднення на два ефекти: технічний та композиційний. Технічний ефект показує використання більш продуктивних технологій та обладнання, які є дружніми до природного середовища, і цей ефект може бути досягнутий тільки за умови зростання доходів населення. Однак на ранніх стадіях економічного розвитку країни використання більш продуктивних технологій та обладнання, які сприяють технічному ефекту, може мати негативний вплив на довкілля через інтенсивне використання ресурсів. Ефект композиції пояснює гіпотезу екологічної кривої з точки зору структури економіки, де з розвитком країни частина сервісних та промислових секторів змінюється на сприятливіші для довкілля види виробництва. Інша теоретична концепція для пояснення форми ЕКК вважає природне середовище товаром вищого класу. Це означає, що зі збільшенням доходу на 1%, попит на чисте

середовище зростатиме більше, ніж на 1%. Наприклад, за дослідженням Макконела, виявлено, що в країнах Єврозони еластичність доходу відносно довкілля дещо перевищує одиницю, що свідчить про його сприйняття як товару.

Завершуючи огляд теорії ЕКК, важливо відзначити роботу Ягера та Колпіна, що досліджують залежність між якістю довкілля та доходами на душу населення. Головна концепція теоретичної моделі "забруднення - доходи" полягає в тому, що на ранніх етапах економічного зростання якість довкілля погіршується через збільшення попиту на забруднення. Однак, коли дохід на душу населення досягає певного рівня і обмеженість чистого середовища зростає, відбувається переструктуризація ресурсів, що призводить до покращення стану природного середовища. Крім того, дослідження показує, що гранична зміщуваність між доходами та забрудненням зростає зі збільшенням доходів. У своєму дослідженні Беккерман стверджує, що найефективнішим засобом боротьби із забрудненням є досягнення високого рівня багатства.

При аналізі взаємозв'язків між доходами та забрудненням, на міжнародному рівні часто використовують додаткові фактори залежно від конкретних модельних специфікацій, такі як: імпорт/експорт, державні витрати на охорону довкілля, екологічне законодавство, права людини тощо. Для доведення гіпотези ЕКК для України необхідно розглядати впровадження технологічних новацій в економіку та вплив діяльності державних органів, що є двома факторами, на яких варто зосередити увагу.

Узагальнюючи теоретичні підходи, можна зробити висновок, що за певних умов можливо побудувати модель, яка пояснює зв'язок між доходами та забрудненням у формі оберненої U-подібної кривої. Проте варто зазначити, що більшість підходів не враховує потенціал природних систем для самовідновлення, і передбачення поліпшення стану довкілля без врахування регенераційних здатностей систем є досить складним завданням. Зокрема рис. 2.1 демонструє структурно-логічну схему механізму реалізації гіпотези екологічної кривої Кузнеця, в якій такі фактори, як наявність природних ресурсів, кваліфікованих працівників та економічно-політична стабільність, пов'язані зі зростанням доходів

на душу населення. Це призводить до змінювання структури споживання та збільшення використання екологічно чистих товарів та послуг, а також більш енергетично та ресурсозберігаючих технологій. Але є ще інші фактори, відокремлені від економічного розвитку, які впливають на забруднення навколишнього середовища, а саме: громадські організації, екологічні спілки та держава з ефективною екологічною політикою. Згідно з вітчизняними дослідженнями, не тільки доходи впливають на забруднення, але й саме забруднення може негативно впливати на систему виробництва [11].

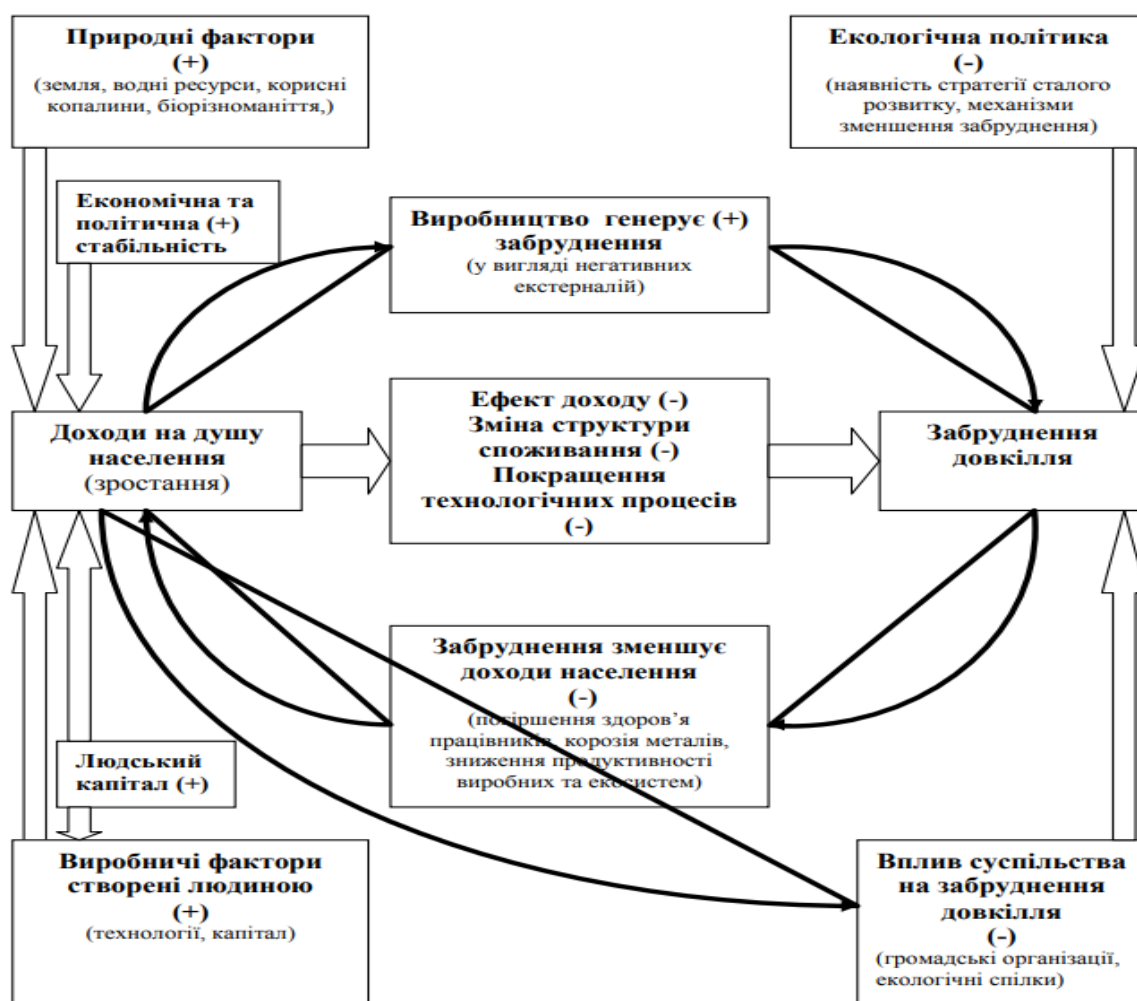


Рисунок 2.1 – Структурно-логічна схема механізму реалізації гіпотези екологічної кривої Кузнеця [11]

У дослідженні [12] зазначено, що модель ЕКК базується на гіпотезі про наявність взаємозв'язку між економічним зростанням та екологічною стійкістю. Та доведено, що прямий зв'язок між викидами забруднюючих речовин і

деградацією довкілля може перетворитися на обернений лише шляхом приросту природоохоронних витрат та інвестицій, які необхідно включити в ЕКК.

В роботі [13] представлено модель інтегрованого еколого-економічного показника, для якої запропоновано використовувати традиційну функцію забруднення як базову. Цей підхід може відрізнятися різними факторами і базуватися на окремих або комплексних (інтегрованих) показниках. Якщо в аналізі використовуються два фактори, то для обчислення інтегрованого еколого-економічного показника може бути використана така формула:

$$E(t) = F(X1(t), X2(t), t), \quad (2.1)$$

де $E(t)$ – досліджуваний еколого-економічний показник;

$X1(t)$ – фактор, що вказує на економічний розвиток і, зазвичай, має негативний вплив на екологічні параметри довкілля;

$X2(t)$ – фактор, що відображає грошову оцінку спрямованої на поліпшення якості екологічних параметрів діяльності;

t – значення досліджуваного часового проміжку.

У формулі (2.1) перший фактор негативно впливає на екологічні параметри довкілля, це може бути ВВП, інвестиції в промисловість чи інші економічні показники розвитку. Другий фактор має позитивний вплив на навколишнє середовище, і зазвичай включає витрати на охорону навколишнього природного середовища, розвиток альтернативної енергетики, інвестиції в проекти з природоохорони тощо. Для досягнення ефективного розрахунку результатів взаємодії між екологічними та економічними процесами також рекомендується використовувати додаткові спеціальні показники, які відображають структурні зміни в економіці, та зазвичай мають позитивний вплив на навколишнє середовище. Один з прикладів таких факторів містить вкладання коштів у модернізацію виробництва, перехід до більш екологічно ефективних методів виробництва та інші заходи [13].

У дослідженні [14] створено концептуальну модель одночасного співвідношення доходів і забруднення, а потім сформульовано дві формули

емпіричного дослідження. Одне — рівняння доходу, а інше — рівняння викидів. В такий спосіб розглядається більш гнучкий підхід одночасного оцінювання моделі двох рівнянь. Поєднання теоретичних та кількісних моделей сприяє глибшому розумінню залежності між економічним зростанням та довкіллям. В статті розглядається модель для оцінювання співвідношення забруднення на душу населення до ВВП у Малайзії, що складається з двох частин. В першій розглядається вплив доходу, державних витрат на зменшення забруднення, частку вторинної промисловості та щільність населення на показники забруднення води. А в другій представлено вплив обсягу працездатного населення, державних витрат, прямих іноземних інвестицій, основного капіталу на дохід. За допомогою такого підходу оцінюється не тільки вплив економічних чинників на екологічні, а й навпаки, тобто проблема розглядається і з боку економіки, і з боку екології.

Популяризувати модель ЕКК почав Світовий банк у доповіді World Development Report 1992 року. Де зазначається, що зі зростанням доходів людей попит на поліпшення якості довкілля також зростає, і відповідно, інвестиційні ресурси також збільшуються. Традиційне уявлення про те, що більша економічна активність автоматично призводить до погіршення стану довкілля, базується на статичному уявленні про технології та інвестиції. Однак послідовники теорії Кузнеця стверджують, що при динамічних позитивних структурних змінах в економіці та технологіях, економічне зростання може навпаки супроводжуватись поступовим зменшенням деградації довкілля. Це можливо завдяки інформатизації виробництва і послуг, зростаючій екологічній освіченості, запровадженню природоохоронного регулювання, використанню кращих технологій та більших природоохоронних витрат на вищих стадіях розвитку [12].

Існує багато емпіричних досліджень, які використовують теорію ЕКК для дослідження зв'язку забруднення та доходу. Дослідження Халічіоглу та Явуза на прикладі Туреччини, Колера на прикладі Південної Африки науково продемонстрували існування оберненої U-подібної залежності, тоді як Мюмо та Анрі за допомогою панельних даних для 16 країн, вперше виявили існування N-подібної моделі, або ж моделі монотонного зростання [15]. Але є ще й певні

негативні сторони моделі ЕКК. По-перше, придатність даної моделі для країни залежить від зібраних даних і періоду часу, отже далеко не всі вибірки даних можуть підходити для аналізу за допомогою даної моделі. По-друге, автори досліджень перевіряли різні незалежні змінні економічного зростання.

Наприклад, в деяких роботах споживання енергії розглядалося як факторна змінна моделі. Але однозначної відповіді на питання про те, які змінні впливають на умови навколишнього середовища, немає. Тож фундаментальною проблемою є визначення структурних функцій, що лежать в основі соціально-економічної системи, та описують взаємозв'язок між навколишнім середовищем та економікою [16].

2.2 Аналіз даних та відбір показників для моделювання

Дослідження складної системи взаємодії економічних та екологічних показників є основою для побудови еколого-економічної моделі. Щоб проаналізувати розвиток економіки України та стан довкілля в майбутньому, необхідно встановити тенденції взаємодії між економічними та екологічними сферами у довгостроковій перспективі [3 с.148]. Враховуючи те, що не існує єдиного правильного підходу щодо дослідження взаємозв'язку між забрудненням навколишнього середовища та доходами населення, в даній роботі пропонується побудувати дві економетричні моделі, які б досліджували взаємозв'язок таких факторів, як: викиди CO_2 , ВВП на душу населення, витрати на охорону навколишнього природного середовища, прямі іноземні інвестиції та споживання відновлюваної енергії.

У дослідженні пропонується використати багатофакторний регресійний аналіз. Загальне рівняння множинної регресії представлено формулою:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.2)$$

де y - залежна змінна (результативний показник);

x_i - незалежні змінні (незалежні фактори).

Регресійний аналіз націлений на визначення форми залежності між результативною змінною та факторами, які на неї впливають. Регресійний аналіз зазвичай використовують для планування та створення нормативної бази. На противагу кореляційному аналізу, який лише відповідає на питання про наявність зв'язку між досліджуваними змінними, регресійний аналіз надає формалізоване вираження цього зв'язку. Більше того, в той час, коли кореляційний аналіз досліджує будь-який взаємозв'язок між факторами, регресійний аналіз розглядає однобічну залежність, що демонструє, як змінювання факторних ознак впливає на результативну ознаку [17].

У першій моделі в якості результативного показника розглядаються викиди CO_2 , що вимірюються в метричних тоннах на душу населення. Для другої моделі залежним фактором є ВВП на душу населення і в ній відображається обернена до першої моделі залежність. Хоча забруднення повітря впливає на економіку через зниження працездатності людей та зниження здатності екосистем виконувати функції, які необхідні суспільству, водночас виправлення ситуації у свою чергу потребує економічних ресурсів. Однак економіка є частиною екологічної системи, і різні економічні процеси провокують погіршення навколишнього середовища, що в результаті негативно впливає на економічну ситуацію, тож даний процес нагадує замкнене коло, розірвати яке можна лише шляхом дослідження факторів, які мають негативний вплив на довкілля.

На рис.2.2 відображено викиди CO_2 на душу населення в Україні в період з 2000 по 2020 рік. Очевидно, що з часом обсяг викидів зменшується, на 2021 рік показник становить 3,5 тонни на людину. Проте цього все ще недостатньо, аби уникнути катастрофічної зміни клімату.

Другою змінною, яку обов'язково потрібно включити до моделі, є обсяг ВВП на душу населення.

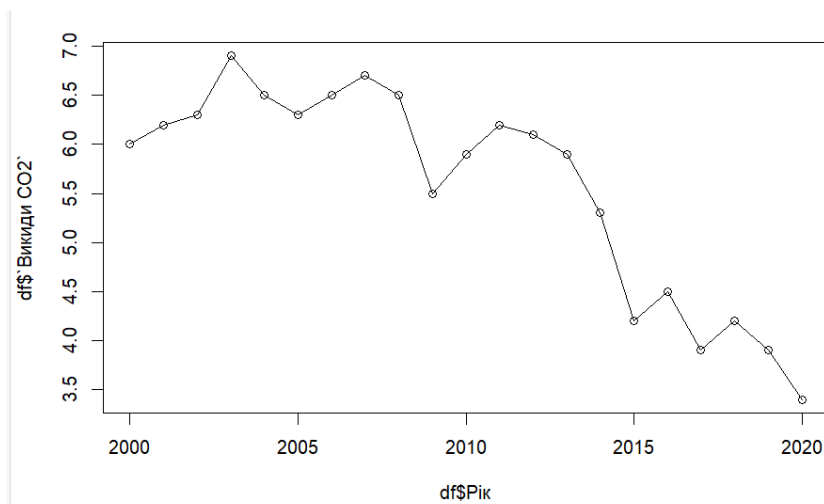


Рисунок 2.2 – Викиди CO₂ метричних тонн на душу населення в Україні з 2000 по 2020 рік

Джерело: Побудовано автором на основі [18,19]

ВВП на душу населення є відносним економічним показником, який визначається як частка величини валового внутрішнього продукту (ВВП) країни до середньорічної чисельності її населення [20]. Цей показник є одним із найбільш точних способів оцінювання рівня економічного розвитку держави. Особливо, якщо розглядати показник в доларах США, адже він відображає величину доданої вартості на одного жителя, тобто відображає рівень ефективності праці в межах внутрішньої економіки, а також вказує на загрози для національної безпеки країни [21]. В економічному аналізі [22] зазначено, що на сьогоднішній день Україна все ще не може наздогнати рівень ВВП, який мала в 1990-1991 році, тобто українці сьогодні живуть приблизно так само, як і 30 років тому. На рис. 2.3 відображено обсяг ВВП на душу населення з 2000 по 2020 рік. З цього графіку видно, що дійсно розвиток економіки 2020 року повторює динаміку 2013 та 2007 років. Але варто зазначити, що розрахований показник ВВП не завжди відображає реальний рівень життя людей. Адже багато років Україна переходила від командної та мілітаризованої економіки СРСР до ринкової, яка більш орієнтована на потреби людей, тому при однаковому рівні випуску продукції на людину, якість життя помітно покращала. Адже раніше у ВВП включався випуск продукції оборонного призначення, а зараз це замінилось споживчими товарами та послугами. Отже, не можна однозначно стверджувати,

що економіка України стоїть на місці, вона певним чином змінюється і розвивається, тому варто більш детально розглянути ВВП як один із факторів, що впливає на стан довкілля.

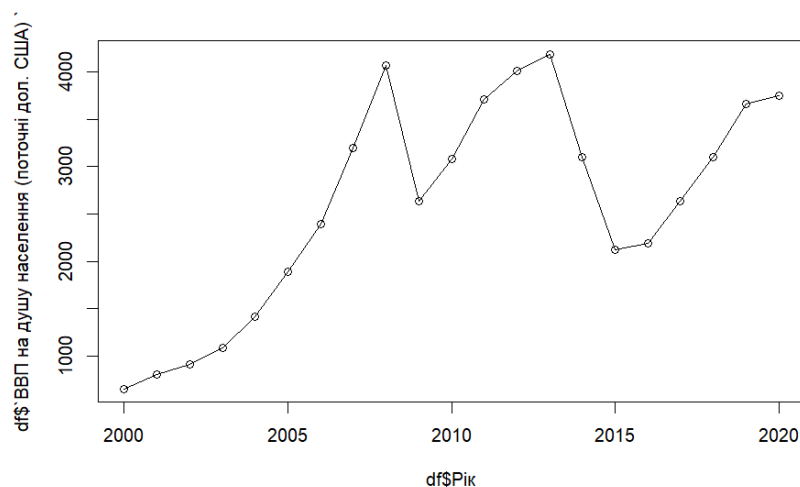


Рисунок 2.3 – ВВП на душу населення України в доларах США відносно цін 2015 року

Джерело: Побудовано автором на основі [18]

Незалежним фактором, який варто включити в еколого-економічну модель, є прямі іноземні інвестиції. Згідно з висновками Міністерства фінансів [23], це довгострокові інвестиції з боку іноземних компаній в економіку країни, що передбачають матеріальні вкладення, наприклад, на будівництво та організацію підприємств. Суми цих інвестицій оцінюються у мільйонах доларів США. На рис. 2.4 відображено динаміку іноземних інвестицій в Україні за 20 років. На графіку можна побачити, що до 2002 року Україна майже не отримувала іноземного інвестування. Протягом 2006-2007 років збільшення інвестицій в економіку в основному здійснювалося за рахунок розширення неіснуючого банківського капіталу, водночас реальний сектор економіки не отримував достатнього фінансування [24]. Далі глобальна економічна криза 2008 року, окупація територій в 2014 році завадили запровадженню результативної економічної політики на залучення більшої кількості іноземних інвестицій, і як результат, в 2015 році рівень іноземних інвестицій впав до рівня 2002 року. З 2016 по 2019 роки відбувалося поступове зростання іноземних інвестицій до України, а в 2020 році стрімко скоротилися через кризу Covid-19 [25].

У сучасних умовах господарювання велика частина інвестицій в основний капітал залежить від рівня використання природних ресурсів та стану навколишнього природного середовища. Тому вплив екології на рівень інвестиційної безпеки країни є важливим питанням сьогодення. Рівень екологізації господарського комплексу також впливає на забезпечення інвестиційної безпеки. Екологізація господарського комплексу означає впровадження систем технологічних, управлінських, юридичних та інших рішень, що дозволяють підвищувати ефективність використання природних ресурсів з поліпшенням або хоча б збереженням якості довкілля, на що й націлене дане дослідження [26].

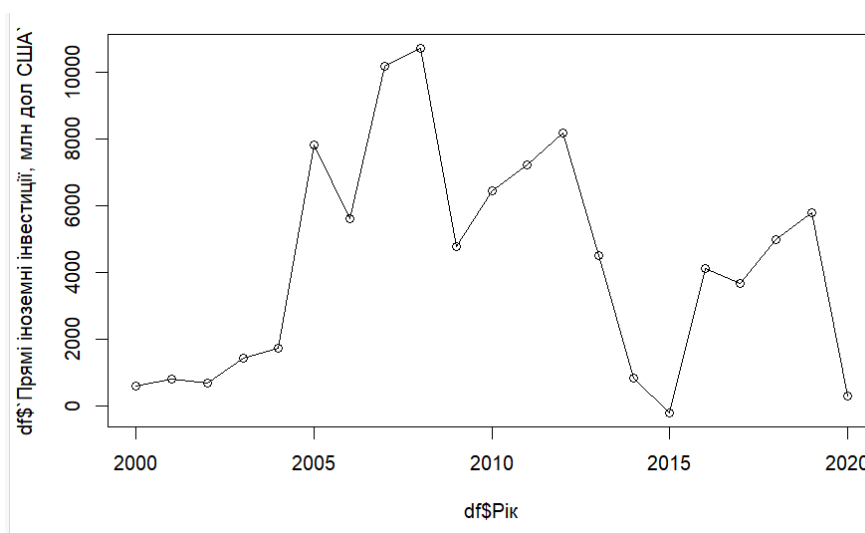


Рисунок 2.4 – Прямі іноземні інвестиції в млн дол США з 2000 по 2020 рік

Джерело: Побудовано автором на основі [18]

Ще одним фактором, що визначає стан екології, є споживання відновлюваної енергії у відсотковому відношенні до загального обсягу споживання енергії. На рис. 2.5 графічно відображено динаміку споживання відновлюваної енергії, з якого видно, що значне збільшення споживання відбулося після 2014 року. На сучасному етапі стимулювання споживачів до використання відновлюваних джерел енергії відбувається шляхом впровадження "зеленого" тарифу. "Зелений" тариф визначається як спеціальна ціна, за якою купується електроенергія, що виробляється з використанням альтернативних джерел енергії, до них відносяться вітрові, сонячні та гідроелектростанції. Проте головним недоліком виробництва електроенергії альтернативними шляхами є

складність у підключенні цих електростанцій до мереж. Також Україна не має розвинутої інфраструктури для виробництва обладнання для електростанцій, що працюють на відновлюваних джерелах енергії, до того ж така енергія на ринку коштує значно дорожче за її неекологічні альтернативи. Це становить значну перешкоду для багатьох проектів, пов'язаних зі впровадженням "зеленого" тарифу [27]. Даний фактор сповільнює процес переходу підприємств та суспільства на екологічно чисту енергію. Тому у 2019 році було прийнято законопроект, за яким замість тарифів запроваджуються аукціони для альтернативних джерел енергії. Це дозволить значно знизити ціну на екологічну енергію і відмовитись від високих фіксованих «зелених» тарифів [28]. Тож варто з'ясувати, якими є тенденції споживання відновлюваної енергії в Україні, та як це впливає на економічний та екологічний добробут.

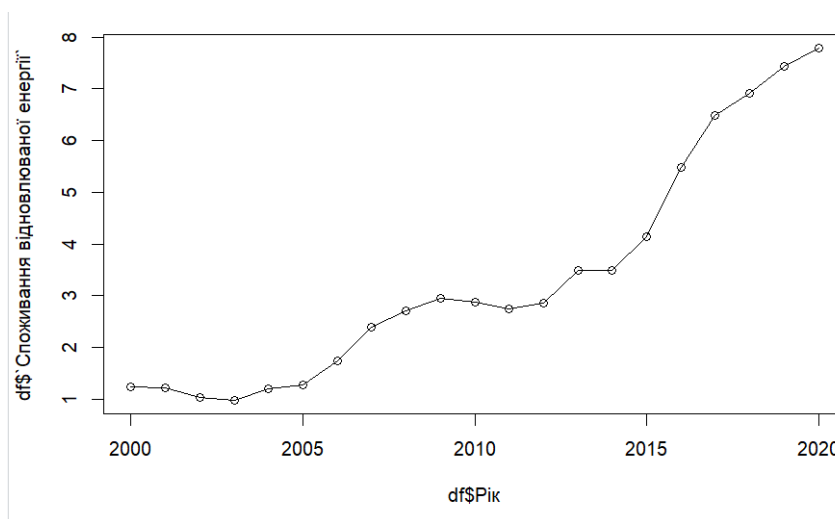


Рисунок 2.5 – Споживання відновлюваної енергії (% від загального кінцевого споживання енергії) в Україні з 2000 по 2020 роки

Джерело: Побудовано автором на основі [18]

Останнім фактором, включеним в дане дослідження, є витрати на охорону навколишнього природного середовища, що означають фактичні витрати, спрямовані на запобігання або мінімізацію збитків від зниження якості навколишнього природного середовища. Тобто йдеться про кошти на виправлення негативних наслідків (збитків), що стосуються погіршення якості навколишнього природного середовища, або компенсацію за них. Згідно інформації, наданої Державною службою статистики, річні видатки на

збереження навколишнього природного середовища в Україні збільшуються завдяки вкладенням власних ресурсів підприємств, організацій та установ. Частка таких витрат у загальному обсязі поточних природоохоронних витрат протягом періоду, що досліджується, перевищує 93% [19]. Оцінюючи загальну тенденцію витрат на охорону довкілля (рис. 2.6), можна дійти висновку, що з кожним роком вони зростають, в свою чергу це свідчить про появу зацікавленості підприємств та держави у вирішенні проблем екології.

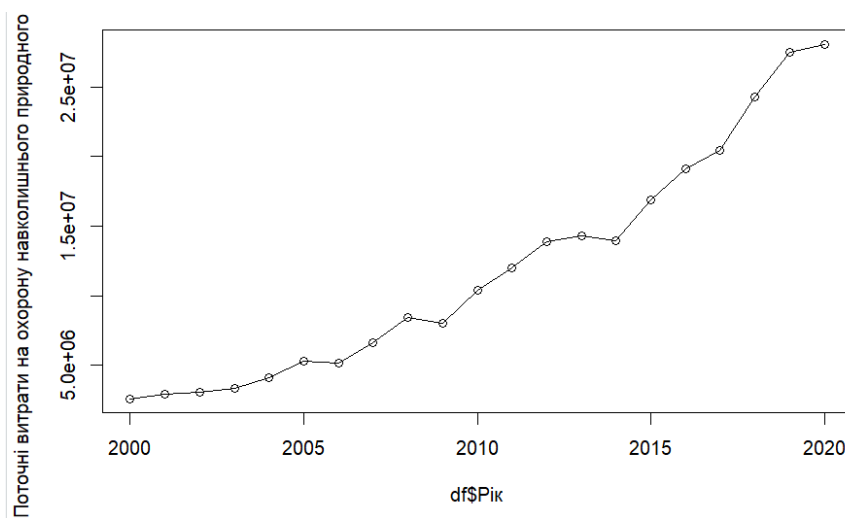


Рисунок 2.6 – Поточні витрати на охорону навколишнього природного середовища в Україні з 2000 по 2020 роки (у фактичних цінах, тис. грн)

Джерело: Побудовано автором на основі [19]

Всі показники, які використані для побудови та оцінювання впливу навколишнього середовища на економіку України, зібрані і розміщені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Динаміка показників впливу економічних чинників на стан навколишнього середовища України

Рік	ВВП на душу населення (поточні дол. США)	Поточні витрати на охорону навколишнього природного середовища, тис. грн	Викиди CO ₂ , метричних тонн на душу населення	Споживання відновлюваної енергії, (% від загального кінцевого споживання енергії)	Прямі іноземні інвестиції, млн дол США
2000	658,3	2618375	6	1,25	595
2001	807,8	2903747,3	6,2	1,23	792
2002	911,9	3080131,5	6,3	1,03	693
2003	1087,8	3361979,5	6,9	0,99	1420
2004	1416,6	4152245,6	6,5	1,21	1720
2005	1894,5	5313588	6,3	1,27	7810

Продовження таблиці 2.1

2006	2391,3	5172413,1	6,5	1,75	5600
2007	3197,9	6610318	6,7	2,39	10190
2008	4066,5	8444589,9	6,5	2,72	10700
2009	2639,4	8032734,5	5,5	2,96	4770
2010	3078,4	10366565,5	5,9	2,88	6450
2011	3704,8	12039439,5	6,2	2,74	7210
2012	4004,8	13924654,3	6,1	2,86	8180
2013	4187,7	14339060,4	5,9	3,49	4510
2014	3104,6	13965726	5,3	3,5	847
2015	2124,7	16915535,2	4,2	4,15	-198
2016	2187,7	19098224,8	4,5	5,48	4130
2017	2638,3	20466423,3	3,9	6,48	3680
2018	3096,6	24317991	4,2	6,92	4970
2019	3661,5	27480190,3	3,9	7,44	5800
2020	3751,7	28092551,9	3,4	7,78	304

Джерело: Побудовано автором на основі [18,19]

2.3 Побудова моделей оцінювання взаємозв'язку між станом забруднення навколишнього середовища та економічним добробутом України

В моделі регресійного аналізу, що описує взаємозв'язок економічного розвитку та стану навколишнього середовища України розглядається п'ять показників, спостережених в період з 2000 по 2020 рік. Мова йде про викиди CO₂, ВВП на душу населення, витрати на охорону навколишнього природного середовища, прямі іноземні інвестиції та споживання відновлюваної енергії. Оцінювання параметрів такої моделі виконано за допомогою програмного забезпечення RStudio, яке є відкритим інтегрованим середовищем розробки для розв'язання задач обчислювальної статистики та візуалізації даних – R.

Оскільки всі розглянуті показники мають різні одиниці вимірювання, то перед початком моделювання їх потрібно стандартизувати - привести до однакової розмірності. Стандартизація необхідна для того, щоб врівноважити

внесок усіх факторів у результативний показник. В даній роботі використано мінімально-максимальну нормалізацію [29], яка описується формулою (2.3).

$$X_{norm} = (X - \min(X)) / (\max(X) - \min(X)), \quad (2.3)$$

де X_{norm} – нормалізовані значення;

X – значення змінної, яке потрібно нормалізувати;

$\min(X)$ – мінімальне значення змінної, яку потрібно стандартизувати;

$\max(X)$ – максимальне значення змінної.

До побудови моделі факторні змінні зазвичай перевіряють на мультиколінеарність. Наявність кореляційної залежності між факторними змінними не лише може ускладнити обчислювальний процес, але може також спричинити зміщеність оцінок параметрів. Зміщені оцінки параметрів не відображають справжнього впливу кожної факторної змінної на результативний показник, отже така модель непридатна для аналізу зв'язку між показниками.

Для виявлення зв'язків між факторними змінними побудовано кореляційну матрицю (рис.2.7). Коефіцієнти кореляції дають змогу добирати незалежні ознаки до рівняння регресії. Згідно рис. 2.7, щільний зв'язок існує між споживанням відновлюваної енергії та витратами на охорону природного середовища, коефіцієнт кореляції між якими дорівнює 0,97.

	ВВП.на.душу.населення	Витрати.на.охорону..природного.середовища	Викиди.CO2	Споживання.відновлюваної.енергії	Прямі.іноземні.інвестиції
ВВП.на.душу.населення	1.0000000	0.60148940	-0.2809263	0.5364269	0.59144138
Витрати.на.охорону..природного.середовища	0.6014894	1.00000000	-0.9045883	0.9788155	-0.01526724
Викиди.CO2	-0.2809263	-0.90458834	1.0000000	-0.9283332	0.30277772
Споживання.відновлюваної.енергії	0.5364269	0.97881545	-0.9283332	1.0000000	-0.02435200
Прямі.іноземні.інвестиції	0.5914414	-0.01526724	0.3027777	-0.0243520	1.00000000

Рисунок 2.7 – Кореляційна матриця

Джерело: Побудовано автором на основі [18,19]

Тісний взаємозв'язок спостерігається між викидами CO₂ та споживанням відновлюваної енергії, а також витратами на охорону середовища, в обох випадках він становить 0,9. Це означає, що чим більшим є споживання відновлюваної енергії, тим меншою є кількість викидів, теж саме відбувається і з

витратами. Близькі до одиниці значення парних коефіцієнтів кореляції можуть бути ознакою мультиколінеарності даних. Всі інші незалежні фактори корелюють між собою, але не достатньо сильно, аби пояснювати одна одну, всюди коефіцієнт кореляції нижче за 0,7.

Стандартним методом обчислення оцінок коефіцієнтів регресійної моделі є метод найменших квадратів. Саме на основі цього методу створюється модель лінійної регресії в R. За допомогою функції `lm()` будуємо регресійну модель залежності викидів CO₂ від ВВП на душу населення, прямих іноземних інвестицій та споживання відновлюваної енергії

$$y = 0,7949 + 0,1318x_1 + 0,1991x_2 - 0,9475x_3, \quad (2.4)$$

де y – викиди CO₂;

x_1 – ВВП на душу населення;

x_2 – прямі іноземні інвестиції;

x_3 – споживання відновлюваної енергії.

За допомогою функції `summary` отримаємо прості статистичні показники моделі (рис.2.8). R-squared — коефіцієнт детермінації, який показує, наскільки варіація результативного показника визначається варіацією факторних змінних регресії. R-squared обчислюється як співвідношення пояснених сум квадратів збурень, до непояснених, причому, що ближче значення до 1, то яскравіше виражена залежність. В даному разі коефіцієнт детермінації дорівнює 0,94. Це означає, що побудована модель на 94% пояснює реальні значення, тобто зв'язок між досліджуваними змінними щільний.

Оскільки значення коефіцієнта детермінації R^2 зростає з кількістю факторів, тому високе значення даного коефіцієнта може бути оманливим, коли в моделі присутні декілька факторів. Для того, аби вилучити цю властивість, існує скоригований коефіцієнт детермінації. В розрахованій моделі він дорівнює 0,8, що є високим показником і підтверджує думку про те, що існує щільна залежність між змінними.

```

Call:
lm(formula = y ~ x1 + x2 + x3)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.180148 -0.030256  0.009757  0.027890  0.159494

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.79491    0.03563   22.307 4.99e-14 ***
x1           0.13183    0.09116    1.446  0.1663
x2           0.19905    0.08087    2.461  0.0248 *
x3          -0.94751    0.07277  -13.021 2.86e-10 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.07734 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9469,    Adjusted R-squared:  0.9375
F-statistic: 101 on 3 and 17 DF,  p-value: 4.895e-11

```

Рисунок 2.8 – Статистичні показники моделі

Джерело: Розраховано автором

F-statistic - використовується для оцінки значущості моделі регресії загалом, є співвідношенням зрозумілої дисперсії, до незрозумілої. Якщо модель лінійної регресії побудована вдало, вона пояснює значну частину дисперсії, залишаючи в знаменнику малу частину. Чим більше значення параметра – тим краще. В даному разі показник дорівнює 101, що значно перевищує критичне значення розподілу Фішера та засвідчує високу адекватність моделі. Тобто побудована модель добре пояснює реальні значення.

t -value - критерій, заснований на t розподілі Стюдента, застосовується для перевірки значущості параметрів лінійної регресії. Прийнято вважати, що при $t > 2$ параметр є значущим, а відповідна змінна є впливовою для даної моделі. В побудованій моделі всі значення по модулю більші за 2, окрім x_1 , де показник дорівнює 1,4. Тобто відхиляється гіпотеза про те, що всі незалежні фактори в моделі є статистично значущими.

P-value – це ймовірність достовірності нульової гіпотези, яка свідчить, що незалежні змінні не пояснюють динаміку залежної змінної. Якщо значення p-value нижче граничного рівня (0,05), то нульова гіпотеза помилкова. В розрахованій моделі значення p-value дорівнює 4,895e-11, що є значно меншим за 0,05, це свідчить про те, що обрані незалежні змінні пояснюють залежну, тобто нульова гіпотеза не приймається. Також значення p-value для окремих змінних позначається як $\text{Pr}(>|t|)$, в побудованій моделі x_1 має значення 0,1663, x_2 – 0,0248,

$x_3 = 2,86e-10$. Значення першої змінної більше за 0,05, тож вона не має значного впливу на залежну змінну і її можна виключити з моделі. На рис. 2.9 зображено результати скороченої моделі. Тепер всі включені незалежні фактори мають значний вплив на залежний фактор. Тож на викиди CO_2 найбільше впливають іноземні інвестиції та споживання відновлюваної енергії.

```
Call:
lm(formula = y ~ x2 + x3)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.17177 -0.02688  0.01110  0.04594  0.15017

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   0.80784    0.03553   22.740 1.04e-14 ***
x2             0.28285    0.05810    4.868 0.000124 ***
x3            -0.87560    0.05472  -16.002 4.35e-12 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.07965 on 18 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9403,    Adjusted R-squared:  0.9337
F-statistic: 141.9 on 2 and 18 DF,  p-value: 9.568e-12
```

Рисунок 2.9 – Статистичні показники скороченої моделі

Джерело: Розраховано автором

Для подальшого дослідження впливу на викиди CO_2 застосовано скорочену модель. Перевіримо, чи дотримані умови застосування моделі лінійної регресії за допомогою тесту Дарбіна-Уотсона, який перевіряє наявність автокореляції залишків. Присутність автокореляції в моделі говорить про неефективність оцінки її параметрів, тобто стандартні похибки можуть набувати великих значень, що унеможливорює використання статистичних критеріїв f -statistic Фішера та t -value Стюдента [30 с.162]. Значення p -критерію Дарбіна-Уотсона залежить від значення статистики Дарбіна-Уотсона (d), кількості незалежних змінних (k) регресії та загальної кількості спостережень (N). Показник може набувати значення в межах від 0 до 4. На рис. 2.10 відображені результати тесту. У таблиці критичних значень Дарбіна-Уотсона [31] критична область лежить між 1,125 (d_L) і 1,538 (d_U) для $k=2$, $N=21$ при значущості 5%. Оскільки статистика тесту Дарбіна-Уотсона ($DW=1,966$), тобто є близькою до 2, то можна говорити про відсутність автокореляції. Також значення p -value значно більше за 0,05, що підтверджує думку про відсутність автокореляції залишків.

```

Durbin-Watson test

data: k
DW = 1.966, p-value = 0.3073
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0

```

Рисунок 2.10 – Тест Дарбіна-Уотсона

Джерело: Розраховано автором

Застосуємо перевірку неоднорідності дисперсії за допомогою тесту Бройша-Пагана. Наслідки наявності гетероскедастичності є такими самими, як і для автокореляції, тобто отримані оцінки параметрів моделі регресії не є ефективними. На рис. 2.11 відображено результати тесту на наявність гетероскедастичності. Статистика тесту становить 1,5508, а відповідне значення p -value – 0,4605. Оскільки p -значення більше 0,05, то не можна відхилити нульову гіпотезу про наявність неоднорідної дисперсії. Тож в моделі присутня гомоскедастичність.

```

studentized Breusch-Pagan test

data: k
BP = 1.5508, df = 2, p-value = 0.4605

```

Рисунок 2.11 – Тест Бройша-Пагана

Джерело: Розраховано автором

Перевіримо залишки моделі на нормальність розподілу. На рис.2.12 зображено графік Q-Q, який відображає кореляцію між заданою вибіркою та нормальним розподілом. Також нанесена опорна лінія під кутом 45 градусів. Графік Q-Q використовується для візуальної перевірки нормальності даних. Оскільки всі точки розташовані вздовж цієї опорної лінії, то можна припустити нормальність розподілу.

Тож, побудована економетрична модель за показниками на 94% описує реальні значення. Більшість розрахованих значень свідчать про адекватність моделі, і всі коефіцієнти моделі є статистично значущими. Виходячи з отриманих результатів, можна сказати, що на викиди CO_2 прямо впливають іноземні інвестиції та обернено – споживання відновлюваної енергії.

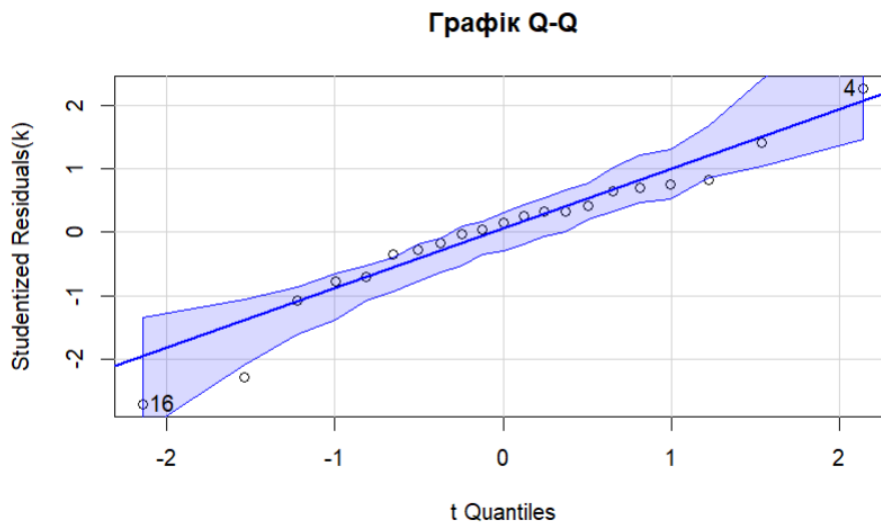


Рисунок 2.12 – Q-Q Plots

Джерело: Розраховано автором

Регресійна модель залежності обсягів ВВП на душу населення від чотирьох незалежних факторів має такий вигляд:

$$y = -0,5741 + 1,6724x_1 + 0,7820x_2 - 0,3903x_3 + 0,3994x_4, \quad (2.5)$$

де y – ВВП на душу населення;

x_1 – витрати на охорону навколишнього природного середовища;

x_2 – викиди CO_2 ;

x_3 – споживання відновлюваної енергії;

x_4 – прямі іноземні інвестиції.

Далі побудуємо рівняння з застосуванням моделі зворотної покрокової регресії, яка буде вже покращену модель, відкидаючи при побудові змінні, які мають велике значення p -value, тобто є статистично незначущими. Та на її основі розрахуємо статистичні показники (рис. 2.13). Значення коефіцієнта детермінації R^2 цієї моделі дорівнює 0,8, а скоригованого – 0,76, що є доволі високим показником. Це говорить про те, що модель на 76% пояснює реальні дані. F -statistic – 23,29, що значно більше за 1, тож модель є статистично значущою та непогано пояснює реальні значення. t -value для всіх змінних по модулю більше за 2, тобто нульова гіпотеза про статистичну значущість всіх незалежних факторів

приймається. Також загальний для моделі показник p-value дорівнює $2,963e-06$, що менше 0,05, тож всі незалежні змінні в моделі пояснюють залежну. Якщо розглядати значення p-value ($\Pr(>|t|)$) окремо для кожного незалежного показника, то найбільший вплив на незалежну змінну обсягу ВВП має x_1 , тобто витрати на охорону довкілля, далі майже однаково впливають викиди CO_2 та іноземні інвестиції.

```
Call:
lm(formula = y ~ x1 + x2 + x4)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.224556 -0.067558  0.003714  0.102403  0.233101

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -0.7076     0.2989   -2.367  0.030050 *
x1             1.4318     0.3263    4.387  0.000402 ***
x2             0.9501     0.3566    2.664  0.016347 *
x4             0.3543     0.1534    2.310  0.033732 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1546 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8043,    Adjusted R-squared:  0.7698
F-statistic: 23.29 on 3 and 17 DF,  p-value: 2.963e-06
```

Рисунок 2.13 – Статистичні показники другої моделі

Джерело: Розраховано автором

Далі перевіримо наявність автокореляції залишків за допомогою тесту Дарбіна-Уотсона (рис. 2.14). У таблиці критичних значень Дарбіна-Уотсона [31] критична область лежить між 1,026 (dL) і 1,669 (dU) для $k=3$, $N=21$ при значущості 5%. Оскільки статистика тесту Дарбіна-Уотсона ($DW=1,237$) потрапляє в зону невизначеності ($dL < DW < dU$), то не можливо прийняти нульову гіпотезу про відсутність автокореляції. Також значення p-value менше за 0,05, що підтверджує твердження про невизначеність. Така ситуація можлива, коли в моделі недостатньо факторів чи вибірка даних замала, або ж в залишках існує автокореляція вищого порядку.

Durbin-Watson test

```
data:  r
DW = 1.2379, p-value = 0.007371
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Рисунок 2.14 – Тест Дарбіна-Уотсона

Джерело: Розраховано автором

За допомогою тесту Бройша-Пагана перевіримо, чи є в залишках моделі гетероскедастичність (рис. 2.15). Статистика тесту становить 2,3375, а відповідне значення p -value – 0,5054. Оскільки p -значення більше 0,05, що свідчить про відсутність неоднорідної дисперсії в залишках.

```
studentized Breusch-Pagan test
data:  r
BP = 2.3375, df = 3, p-value = 0.5054
```

Рисунок 2.15 – Тест Бройша-Пагана

Джерело: Розраховано автором

Для перевірки нормальності розподілу побудуємо графік Q-Q (рис. 2.16), який відображає кореляцію між заданою вибіркою та нормальним розподілом. З отриманого графіка видно, що викиди, які позначені кружечками, мають нормальний розподіл і розташовані в межах відображеного діапазону, тож на підставі отриманого зображення можна припустити нормальність розподілу.

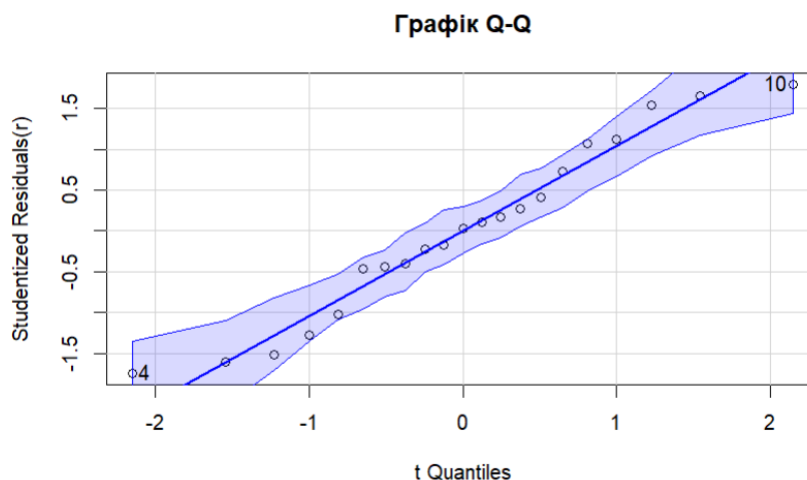


Рисунок 2.16 – Q-Q Plots

Джерело: Розраховано автором

Аналізуючи результати моделі, яка досліджує взаємозв'язок впливу еколого-економічних факторів на ВВП на душу населення, можна прийти до висновку, що найбільше впливають на залежну змінну витрати на охорону навколишнього середовища, а викиди CO_2 та прямі іноземні інвестиції мають менший вплив.

Порівнюючи дві побудовані моделі, можна сказати, що модель залежності викидів CO_2 від прямих іноземних інвестицій та споживання відновлюваної енергії є більш якісною, адже є адекватною за більшою кількістю тестів та показників, і всі коефіцієнти моделі є статистично значущими. До того ж, споживання відновлюваної енергії обернено впливає на викиди, тобто зі збільшенням споживання, кількість викидів знижується. В свою чергу модель залежності обсягу ВВП на душу населення від витрат на охорону здоров'я, викидів CO_2 та прямих іноземних інвестицій має невизначену автокореляцію, що може бути спричинено недостатньою кількістю спостережень. Тож побудована модель потребує додаткових досліджень, які дадуть змогу підтвердити чи спростувати її ефективність. Але загалом на обсяги ВВП на душу населення найбільше впливають витрати на охорону довкілля, незначний вплив мають викиди та іноземні інвестиції.

Для подальшого прогнозування було розраховано показник RMSE за допомогою функції `rmse()`, який показує середню відстань між розрахованими значеннями з моделі і фактичними значеннями в наборі даних. Чим нижче значення RMSE, тим краще модель апроксимує реальні дані. Для моделі залежності викидів CO_2 від еколого-економічних факторів показник становить 0,0737, а для моделі залежності обсягу ВВП – 0,139. Оскільки в обох моделях значення RMSE є невеликим, то ці моделі можуть бути використані для прогнозування.

РОЗДІЛ 3

ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

3.1 Прогнозування рівня економіко-екологічного стану України

У другому розділі роботи побудовані дві економетричні моделі, які описують залежності викидів CO₂ та обсягів ВВП на душу населення зі спільними залежними та незалежними змінними, тож було прийнято рішення розглянути їх як систему одночасних рівнянь, і на основі цієї системи побудувати прогноз. Сформульована повна система має такий вигляд:

$$\begin{cases} Y_1 = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3Y_2 \\ Y_2 = b_0 + b_1Y_1 + b_2x_1 + b_3x_3, \end{cases} \quad (3.1)$$

де Y_1 – викиди CO₂;

Y_2 – обсяг ВВП на душу населення;

x_1 – прямі іноземні інвестиції;

x_2 – споживання відновлюваної енергії;

x_3 – витрати на охорону природного навколишнього середовища;

$a_0, a_1, a_2, a_3, b_0, b_1, b_2, b_3$ – параметри рівнянь.

Змінні, що досліджуються, називають спільно залежними (ендогенними), і їхня кількість збігається з кількістю рівнянь в системі. Всі інші змінні моделі є спільно незалежними (екзогенними). Сукупність структурних рівнянь, які відображають взаємозв'язки між змінними є структурною формою економетричної моделі. Але для побудови прогнозу така структурна форма рівнянь є неприйнятною, і її перетворюють у зведену, або скорочену, в якій кожне рівняння містить лише одну ендогенну змінну, яка є функцією від екзогенних змінних. За допомогою рівнянь у зведеній формі можна прогнозувати, як зміниться значення ендогенних змінних при змінюванні значень екзогенних

змінних, але ці рівняння не мають економічного змісту. Тому зведену форму рівнянь також називають прогнозною. Така форма є корисною, адже допомагає зменшити складність формальної моделі до мінімуму взаємозв'язків і прогнозувати змінювання ендогенних змінних під впливом спільно незалежних змінних.

Але перед тим, як систему перетворити до зведеної, її перевіряють на ідентифікованість. Адже проблема ідентифікації результатів стосується можливості числового оцінювання параметрів структурних рівнянь, за допомогою оцінок коефіцієнтів зведених рівнянь. Умова ідентифікованості [32, с.158] представлена в такому вигляді:

$$M - m \geq n - 1, \quad (3.2)$$

де M – загальна кількість екзогенних змінних у системі;

m - кількість екзогенних змінних, які включені в рівняння;

n - кількість ендогенних змінних, які включені в рівняння.

Умова ідентифікації розраховується окремо для кожного рівняння системи (3.1). Загальна кількість екзогенних змінних системи $M = 3$. Для першого рівняння $m=2$, $n=2$, тож $3-2 = 2-1$, отже перше рівняння є ідентифікованим. Для другого $m=2$, $n=2$, тож $3-2 = 2-1$, отже друге рівняння також є ідентифікованим. Оскільки обидва рівняння є ідентифікованими, то система є ідентифікованою. І для оцінювання параметрів системи рівнянь можна застосувати непрямий МНК або двокроковий МНК. Попередньо застосуємо метод головних компонентів.

Перетворення структурної моделі до зведеної зводиться до розв'язування системи рівнянь відносно всіх спільно незалежних змінних. При цьому зведена система набуває вигляду:

$$\begin{cases} Y_1 = c_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3, \\ Y_2 = d_0 + d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3, \end{cases} \quad (3.3)$$

Прогнозні значення спільно залежних змінних, обчислені за зведеною моделлю, представлені на рис. 3.1. та 3.2. Результати прогнозування ВВП на душу населення не відображають реальну тенденцію даного показника, також прогнозовані значення сильно перевищують реальні, що говорить про погану якість прогнозу. Щодо прогнозу викидів CO₂, то побудовані значення відображають загальну тенденцію реальних, хоча і з плином часу, довірчі інтервали прогнозування помітно збільшуються.

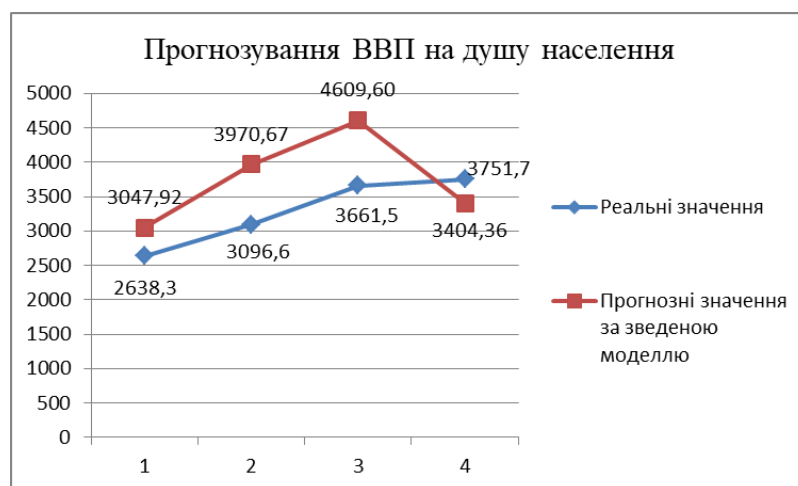


Рисунок 3.1 – Реальні та прогнозні значення ВВП на душу населення, побудовані за зведеною моделлю на 2017 – 2020 роки

Джерело: Побудовано автором

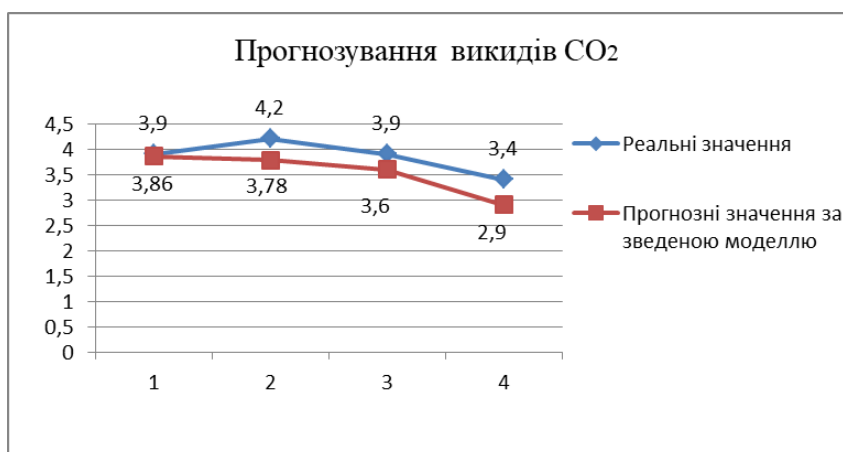


Рисунок 3.2 – Реальні та прогнозні значення викидів CO₂, побудовані за зведеною моделлю на 2017–2020 роки

Джерело: Побудовано автором

На основі побудованої кореляційної матриці (рис. 2.7) було виявлено тісний взаємозв'язок між споживанням відновлюваної енергії та витратами на

охорону навколишнього середовища, та щільний обернений зв'язок між викидами CO_2 та витратами на охорону довкілля і споживанням відновлюваної енергії. Тому побудуємо прогноз для спостережених даних 2017-2020 років на основі моделі регресії залежності викидів CO_2 від прямих іноземних інвестицій та споживання відновлюваної енергії, побудованої у розділі 2 (рис.2.9).

На рис. 3.3 відображено як точковий (fit), так і інтервальний прогноз (lwr – нижня межа, upr – верхня межа).

```

      1      2      3      4
3.890012 3.793178 3.612386 2.917271
> predict(r, new, interval = "confidence")
      fit      lwr      upr
1 3.890012 3.353350 4.426673
2 3.793178 3.210887 4.375470
3 3.612386 2.968760 4.256011
4 2.917271 2.179564 3.654979
> |

```

Рисунок 3.3 – Прогноз викидів CO_2 на 2017–2020 роки

Джерело: Побудовано автором

На рис. 3.4 представлено результати точкового прогнозу за моделлю множинної регресії та реальні дані за прогнозований період. Як видно, модель добре прогнозує в короткостроковому періоді, зі збільшенням діапазону прогнозу, значення починають сильно відрізнятися від реальних. Що ж стосується довірчих інтервалів, то для перших двох значень вони невеликі, що говорить про високу надійність побудованих прогнозів, а для двох останніх прогнозні інтервали є доволі великими, що характеризує певну обмеженість моделі.

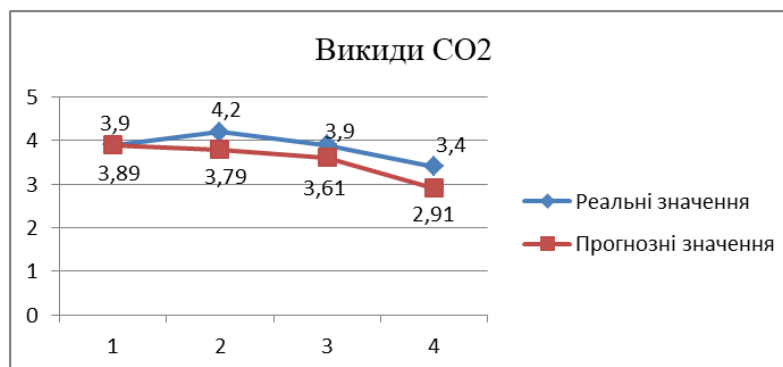


Рисунок 3.4 –Спостережені та прогнозовані значення викидів CO_2

Джерело: Побудовано автором

Порівнюючи обидва прогнози за показником середньо квадратичної похибки приходимо до висновку, що прогноз, побудований за рівнянням

множинної регресії виявився точнішим порівняно з прогнозом, побудованим за зведеною моделлю (0,12 проти 0,129).

Далі на основі моделі залежності обсягів ВВП на душу населення від витрат на охорону навколишнього середовища, викидів CO₂ та прямими іноземними інвестиціями побудовано прогноз на 2017-2020 роки (рис. 3.5).

```

      1      2      3      4
3028.019 4312.970 4845.791 3811.713
> predict(m, new2, interval = "confidence")
      fit      lwr      upr
1 3028.019 2137.988 3918.051
2 4312.970 3451.171 5174.769
3 4845.791 3825.957 5865.626
4 3811.713 2672.025 4951.401

```

Рисунок 3.5 – Прогноз обсягу ВВП на душу населення на 2017–2020 роки

Джерело: Побудовано автором

На рис. 3.6 представлено прогнозовані та реальні значення ВВП на душу населення.

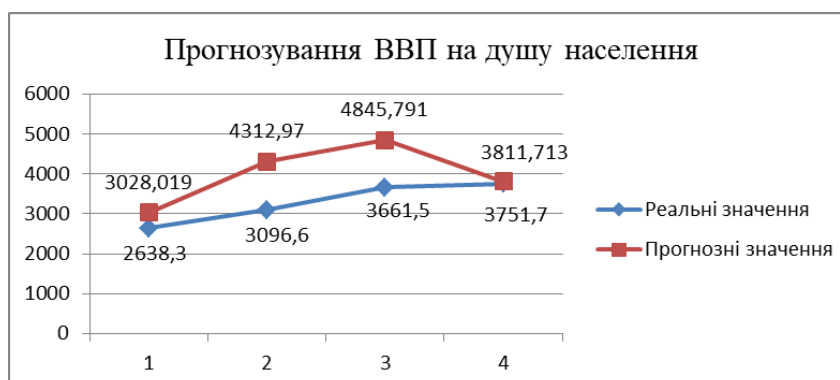


Рисунок 3.6 – Спостережені та прогнозовані значення ВВП на душу населення, побудовані на основі моделі множинної регресії (2017–2020 роки)

Джерело: Побудовано автором

Що ж до довірчих інтервалів (рис. 3.5), то для першого прогнозного значення вони є доволі великими, як і для подальших років, з цього можна зробити висновок, що дана регресійна модель непогано прогнозує тільки в короткостроковій перспективі.

Порівнюючи прогнози ВВП на душу населення, побудовані за рівнянням множинної регресії (з другого розділу) та зведеною моделлю, за показником середньо квадратичної похибки, приходимо до висновку, що точнішим виявився другий прогноз (433 проти 713).

Однак, не відкидаючи залежності між економічним добробутом та рівнем забрудненості, спробуємо побудувати прогноз ВВП на душу населення, замінивши спостережені значення викидів CO_2 їхніми модельними значеннями, отриманими за множинною регресійною моделлю залежності викидів CO_2 від прямих іноземних інвестицій та рівня споживання відновлюваної енергії (рис. 3.7)

```

      1      2      3      4
3046.139 3970.250 4608.504 3396.241
> predict(g, new3, interval = "confidence")
      fit      lwr      upr
1 3046.139 1644.551 4447.727
2 3970.250 2699.644 5240.856
3 4608.504 3278.890 5938.118
4 3396.241 1837.672 4954.809

```

Рисунок 3.7 – Прогноз обсягу ВВП на душу населення за методом інструментальних змінних

Джерело: Побудовано автором

З рис. 3.8 видно, що хоча і цей прогноз виглядає значно завищеним щодо реальних значень, по сукупності спостережень він є ближчим до них порівняно з раніше побудованим (рис. 3.6), а от щодо довірчих інтервалів (рис. 3.7), то вони охоплюють ще більший діапазон значень.

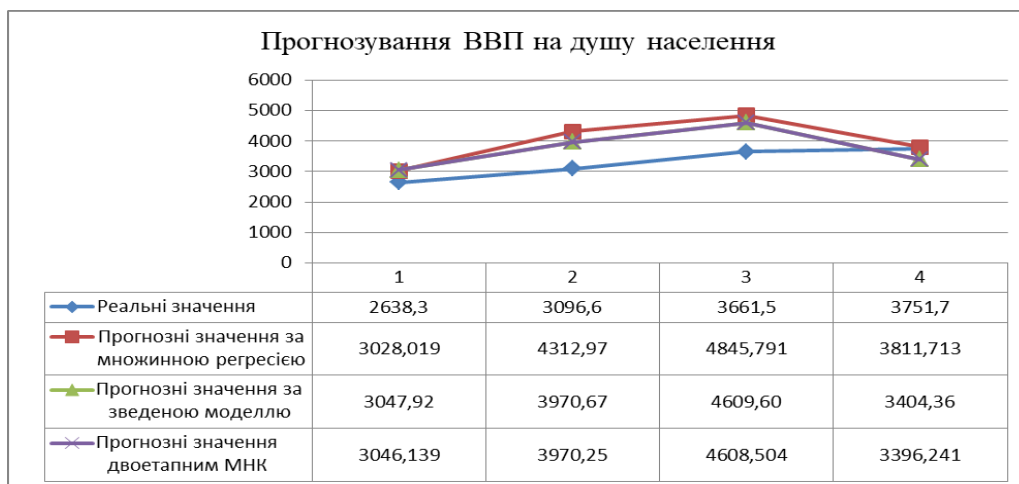


Рисунок 3.8 – Прогноз обсягу ВВП на душу населення за множинною регресійною моделлю, прогнозною формою системи рівнянь та моделлю з інструментальною змінною

Джерело: Побудовано автором

При порівнянні прогнозів, побудованих трьома способами, за коренем із середньо квадратичного відхилення найточнішим виявився той, що побудований з використанням інструментальної змінної.

Отже, для прогнозування обсяг викидів CO₂ кращою виявилася модель множинної регресії, факторними змінними якої є прямі іноземні інвестиції та споживання відновлюваної енергії. Що ж до прогнозування показник ВВП, то кращою виявилася модель множинної регресії з інструментальною змінною.

Показник середньої абсолютної похибки у відсотках для кращих моделей цих показників склав відповідно 7 та 14%. Це означає, що точність прогнозу обсягу викидів CO₂ є високою, а точність прогнозування ВВП є доброю. Це пов'язано з тим, на ВВП впливають не лише економіко-екологічні показники, які розглядалися в роботі, а й безліч інших, врахування яких може підвищити точність прогнозування.

3.2 Шляхи поліпшення економіко-екологічної ситуації в Україні

При розвитку соціальних та економічних процесів варто враховувати природні потенціали комплексів та забезпечувати нормальне функціонування біосфери і місцевих екосистем. Це суттєво вплине на ефективність, стандарти якості та життєвий комфорт людей, а також на екологічний та економічний добробут різних регіонів.

Застосування застарілих технологій та устаткування, застарілі заходи з охорони природи, є основними факторами забруднення навколишнього середовища, зокрема повітря. Деякі проблемні підприємства не мають достатньої кількості очисних споруд або не піддаються ефективному контролю. Низький рівень технологічної дисципліни та недостатні фінансові ресурси для належної експлуатації очисного обладнання і споруд мають негативний вплив на виконання заходів з охорони навколишнього середовища в Україні. Крім того, існують економічні інструменти та механізми, які мають на меті стимулювання підприємств до впровадження екологічно безпечних технологій, підвищення

енергоефективності та використання нового очисного обладнання, а також забезпечення нормальної експлуатації очисних споруд. Однак, наразі ці економічні інструменти та механізми ще не досягли достатньої ефективності в своїй роботі [34].

Указ "Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року", виданий Президентом України 30 вересня 2019 року, визначає три основні цілі сталого розвитку: сприяння постійному, всебічному та стійкому економічному зростанню; досягнення високого показника зайнятості, високої продуктивності та гідної праці для всіх; перехід від звичайних моделей споживання і виробництва, до раціональних [35].

Для успішної реалізації нової системи екологічної політики в Україні необхідно впроваджувати екосистемний підхід у галузеву політику та вдосконалювати систему інтегрованого управління довкіллям. Екологічна модернізація промислових підприємств є одним із способів досягнення цілей сталого розвитку. Це можна досягти шляхом зниження рівня екологічного податку або наданням фіксованої щорічної суми компенсації в обмін на поліпшення екологічних характеристик продукції. Такий підхід уже ефективно функціонує в країнах, які є членами Європейського Союзу. Введення системи керування екологічними ризиками в усіх секторах національної економіки сприятиме запобіганню техногенних та екологічних катастроф [36].

Що стосується забруднення повітря, яке є однією з найактуальніших екологічних проблем, то показник, що вимірює рівень забруднення атмосфери у великих містах і промислових регіонах, стійко залишається на високому рівні. Україна стикається зі значним забрудненням атмосфери та викидами парникових газів, які головним чином походять від підприємств видобувної та переробної промисловості, теплоенергетики та автотранспорту. Близько двох третин населення України проживають у регіонах, де якість атмосферного повітря не відповідає гігієнічним стандартам, що має негативний вплив на здоров'я. Порушенням суб'єктами господарювання природоохоронного законодавства та повільним впровадженням сучасних технологій зумовлюються основні причини

погіршення якості атмосферного повітря у містах та збільшення концентрації парникових газів у атмосфері. Україна має гарантувати виконання ратифікованих міжнародних угод, спрямованих на протидію зміні клімату та покращення якості атмосферного повітря, з метою поліпшення та посилення заходів щодо зменшення наслідків зміни клімату, а також досягнення цілей сталого низьковуглецевого розвитку у всіх сферах економіки. Досягнення збалансованого використання природних ресурсів України можливе шляхом розвитку технологій з економією ресурсів, повної інтеграції оцінки впливу на довкілля, обов'язкового виконання рекультивації та запровадження системи відповідальності за порушення природоохоронного законодавства. Посилення ефективного управління геологічними дослідженнями та використанням природних ресурсів допоможе збільшити видобуток обмежених ресурсів, сприяє економічній самостійності та безпеці країни. Це можна досягти шляхом привернення інвестицій та здійснення ефективного управління державою у цій сфері [36].

Що стосується процесу виконання державної екологічної політики, вона передбачає реалізацію у два етапи. Перший етап передбачає стабілізацію екологічної проблеми шляхом впровадження змін у систему державного управління. Це включає перетворення системи державного управління в галузі екології, використання європейських екологічних норм та стандартів, поліпшення системи обліку та контролю за екологічними показниками, а також використання фінансово-економічних механізмів для стимулювання структурних змін в економіці в напрямку екологічної орієнтації. Крім цього, потрібно здійснювати заходи для спонукання підприємств до використання енергоефективних технологій, поширення екологічних знань і підвищення екологічної свідомості в суспільстві. До 2030 року може бути можливим досягнення значних змін у покращенні стану навколишнього природного середовища шляхом забезпечення балансу між соціально-економічними потребами та заходами з охорони довкілля. Це означає створення екологічно орієнтованого партнерства між урядом, бізнесом та громадянськістю з метою спільної роботи на користь довкілля [36].

Варто визнати, що економіка України має недостатню конкурентоспроможність через високу енергомісткість та велику залежність від ресурсів. Тому надзвичайно важко відбувається процес екологізації, що націлений на зменшення викидів CO₂, який включає перехід на використання відновлювальних джерел енергії, впровадження «зелених» технологій та раціональне використання ресурсів. Адже економіка все ще орієнтується на зовнішній економічний контекст та сировинний експорт, імпортує енергетичні ресурси без належного розвитку внутрішнього виробництва, екологоорієнтованої інфраструктури та протидії деградації довкілля по всій країні. Першочерговим кроком у "зелених" реформах є розбудова інституційних здібностей та оголошення доктринальних принципів і амбітних цілей України в контексті Глобального Зеленого Нового Курсу. Впровадження відповідних заходів має сприяти створенню стійкої економічної системи, спрямованої на «зелений» розвиток економіки країни та регіонів. У цьому контексті інвестиції в охорону довкілля мають бути одним із елементів пакета заходів для стимулювання ресурсозбереження та низьковуглецевого зростання. На сьогоднішній день економіка України об'єктивно має недостатню конкурентоспроможність, проте директиви та вимоги Європейського Союзу, які впливають з Угоди "Україна-ЄС", зобов'язують внести зміни в економіку та політику державної системи. Особлива увага приділяється стабілізації та забезпеченню сталого розвитку. Тому необхідним засобом є активізація процесів екологізації шляхом переходу до ресурсозберігаючих технологій та використання відновлювальних джерел енергії [37].

З урахуванням сучасних тенденцій у політиці енергозбереження та динаміки суспільного розвитку, виділяються напрямки стимулювання енергозбереження з метою природоохоронних заходів. Ці напрямки передбачають зміни у складових енергозбереження, які мають стимулюючий характер і спрямовані на досягнення конкретних екологічно орієнтованих результатів. Головними стратегіями, які націлені на зменшення шкідливих викидів в атмосферу є: зниження використання природних енергетичних ресурсів,

підвищення енергоефективності та залучення відновлювальних джерел енергії. Досягнення цілей, визначених в Енергетичній стратегії України до 2035 року, передбачає виконання таких умов: зниження використання паливно-енергетичних ресурсів, підвищення енергоефективності та розширення використання відновлюваних джерел енергії. Планується впровадження заходів, спрямованих на скорочення використання вугілля та нафтопродуктів у загальному обсязі постачання електроенергії, з призначенням суттєвого зменшення викидів CO₂. Більшість таких заходів передбачає перехід до використання відновлювальних джерел енергії, що призведе до зростання їх частки в системі енергопостачання та відповідного зменшення використання газу. Це, у свою чергу, сприятиме зниженню викидів CO₂ [38].

Варто зазначити, що сприятливе географічне розташування та кліматичні умови, а також усвідомлення необхідності зменшення залежності України від традиційних енергоресурсів та ефективного використання їх запасів, необхідність підвищення конкурентоспроможності національної економіки, роблять енергетичну диверсифікацію країни важливим кроком, зокрема шляхом розвитку сонячної енергії. Річний потенціал сонячної енергії, що може бути використаний технічно, еквівалентний 4,2 млн. тон нафтового еквівалента. Розвиток сонячної енергетики в Україні здійснюється швидкими темпами, і до 2035 року планується досягнути приєднаної потужності сонячних електростанцій на рівні 5 ГВт. Однак заплановане зменшення тарифної підтримки для виробників "зеленої" електроенергії, зокрема сонячних електростанцій, змусило переглянути стратегію розвитку сонячної енергетики в Україні, зокрема враховуючи її важливу роль у природоохоронному стимулюванні енергозбереження. Отже, реалізація національної стратегії розвитку сонячної енергетики ускладнюється впливом зовнішніх загроз. Наприклад, недостатня активність підприємництва щодо інвестицій, недоліки в інституціональній базі, яка регулює використання альтернативних джерел енергії, а також недосконалість механізму державного фінансування утруднюють належне використання значного потенціалу сонячної енергії, який має Україна [38]. Проаналізувавши найкращі зарубіжні практики в

області енергозбереження, було встановлено, що успішна державна політика досягається за допомогою різноманітних інструментів, які можна умовно поділити на регулюючі та стимулюючі за їхнім впливом на скорочення витрат первинних енергоресурсів, підвищення ефективності енергоспоживання та використання відновлювальних джерел енергії.

В роботі встановлено, що регулювання стану економічного добробуту має відбуватися шляхом регулювання витрат на охорону навколишнього середовища, зменшенням обсягів викидів CO₂ та за рахунок залучення більшої кількості прямих іноземних інвестицій. Тож розглянуті шляхи мають сприяти покращенню екологічної ситуації, зменшенню залежності від вуглеводневого палива та створенню сталої та екологічно чистої енергетичної системи.

ВИСНОВКИ

Своїм розвитком економіка завдячує процесам індустріалізації та модернізації життя суспільства, які в свою чергу є причиною викидів в навколишнє середовище великої кількості техногенних речовин, шкідливих для людей і довкілля. В таких умовах економічна складова природокористування полягає не тільки у вивченні стану екологічної безпеки, але й в урахуванні закономірності відтворення природних ресурсів. Недостатня увага до екологічних проблем обертається для економіки значними збитками через забруднені продукти, втрати врожаю від ерозії ґрунтів, втрати суспільства через виникнення захворювань та смертності людей внаслідок забрудненням довкілля, соціальними проблемами через нестачу ресурсів та згорання цілих галузей тощо.

У даній роботі в результаті дослідження впливу стану навколишнього середовища на розвиток економіки України, розглянуто сутність та основні принципи еколого-економічної системи та концепцію сталого розвитку, наведено закордонний досвід врегулювання обсягів забруднення та економічного добробуту населення, а також підходи до моделювання залежності між економічними та екологічними показниками. Розглянуто альтернативні погляди вчених на економічну криву Кузнеця, які стали фундаментом для розробки та побудови економетричних моделей, що відображають взаємодію стану навколишнього середовища та економіки країни.

В якості показника, що відображає стан економіки України, розглядається ВВП на душу населення, а в якості показника забруднення довкілля – обсяги викидів CO₂.

В роботі побудовано модель залежності обсягів ВВП на душу населення від незалежних факторів, таких, як прямі іноземні інвестиції, витрати на охорону навколишнього середовища, викиди CO₂.

Такий вибір факторів зумовлений тим, що

- 1) прямі іноземні інвестиції дають змогу залучати нові технології і сприяти зростанню виробництва товарів та послуг; впровадження нових технологій чи способів виробництва сприяють створенню нових робочих місць, які в свою чергу сприяють підвищенню загального добробуту населення;
- 2) витрати на охорону навколишнього середовища, які можуть призвести до створення нових робочих місць, що виникають при запровадженні відновлюваної енергетики чи заходів з управління відходами; збільшення цих витрат спонукає промислові підприємства шукати нові альтернативні екологічні варіанти виробництва, а інвестиції в дослідження та розроблення альтернативних екологічних технологій можуть сприяти не лише створенню нових продуктів, що знижують використання природних ресурсів, але можуть підвищити конкурентоспроможність економіки за рахунок незалежності від природних обмежених ресурсів;
- 3) викиди CO₂, які характеризують використання вуглецевих палив, як джерела дешевої енергії, що стимулює економічну активність; разом з тим викиди спричиняють зміну клімату, через що страждає сільське господарство, зменшення продуктивності якого скорочує обсяги ВВП.

В свою чергу викиди CO₂, як показник забруднення навколишнього середовища, є наслідком рівня економічного розвитку країни (ВВП на душу населення), прямих іноземних інвестицій та обсягів використання альтернативних джерел енергії. На підставі зібраних статистичних даних виявлено, що на обсяги викидів найбільше впливають прямі іноземні інвестиції та споживання відновлюваної енергії. Це пов'язано з тим, що в Україні такі інвестиції переважно живлять промисловий сектор економіки і збільшують викиди, а при збільшенні споживання відновлюваної енергії, обсяги викидів в атмосферу зменшуються.

Взаємозалежність між економічними та екологічними показниками в роботі представлена двома моделями: залежності ВВП на душу населення від прямих іноземних інвестицій, витрат на охорону навколишнього середовища та викидів CO₂; а також залежності викидів CO₂ від ВВП на душу населення, прямих іноземних інвестицій та обсягів використання альтернативних джерел енергії.

Проведено повний економетричний аналіз двох моделей та побудовано прогнози обох результативних показників на чотири часових періоди і оцінено точність прогнозування. Перехід до системи одночасних рівнянь, в якій враховано взаємозалежність між показниками, поліпшив лише точність прогнозування ВВП, але знизив точність прогнозування обсягів викидів CO₂. Використання модельних значень останнього показника в якості інструментальної змінної у регресійній моделі ВВП, дало змогу підвищити точність його прогнозування порівняно з обома іншими способами.

Побудовані економетричні моделі дають змогу аналізувати взаємозалежність між економічними та екологічними показниками і виробляти дієві заходи щодо поліпшення стану навколишнього середовища і стимулювання економічного розвитку країни.

Дослідження розширює наукову базу з еколого-економічної взаємодії, надаючи нові знання про вплив забруднення навколишнього середовища на економіку країни. Виявлення причинно-наслідкових зв'язків між станом навколишнього середовища і економічним розвитком сприяє розумінню основних механізмів цієї взаємодії. Розроблені моделі дозволяють уявити та узагальнити складні процеси взаємодії та передбачити можливі наслідки забруднення для економіки країни. Використання певних методологій та показників допомагає зробити аналіз еколого-економічної ситуації більш об'єктивним та системним. Отримані методичні рекомендації можуть бути застосовані для подальшого оцінювання впливу екологічних чинників на економіку та прийняття науково обґрунтованих рішень.

Діюча в Україні законодавча база, спрямована на регулювання екологічного стану, тож стимулювання інвестицій у зелену енергетику, створення сприятливого правового середовища, розширення використання відновлюваної енергії, а також міжнародне співробітництво сприятимуть покращенню екологічного стану, зменшенню викидів CO₂ та створенню стійкої та екологічно чистої економіки в Україні, що забезпечить сталий розвиток країни та зберігатиме навколишнє середовище для майбутніх поколінь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розум Р.І., Буряк М.В., Любезна І.В. Еколого-економічні системи: основні аспекти. Науковий огляд. *Економіка*. 2015. № 6 (16). URL: <https://naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/517>(дата звернення 8.05.2023).
2. Кузьменко О.К. Еколого-економічна система: поняття та структура. *Сторінка молодого вченого. Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. №2. С. 217-221. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2012/02/217.pdf> (дата звернення 8.05.2023).
3. Скращук Л. В. Моделювання стратегічного екологозорієнтованого розвитку країни. Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. *Матеріали VIII Міжнародної науково-методичної конференції*. Чернівці: Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2023. 176 с. URL: <https://emm.cv.ua/viii-mizhnarodna-naukovo-metodichna-konferentsiya-matematichni-metodi-modeli-ta-informatsijni-tehnologiyi-v-ekonomitsi/> (дата звернення 8.05.2023).
4. Степаненко Б. В. Особливості та проблеми методології визначення поняття «зелений бізнес». *Економіка та прогнозування*. 2010. №4. URL: https://mp.ra.ub.uni-muenchen.de/41117/1/MPRA_paper_41117.pdf (дата звернення 8.05.2023).
5. Економіка довкілля і природних ресурсів: навч. посіб. Бубенко П.Т., Димченко О. В., Бурак О. М. та ін.; за заг. ред. П. Т. Бубенка. Харків. ХНУМГ. 2014. 280 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/33756495.pdf> (дата звернення 8.05.2023).

6. Зайцева Л.О. Складові концепції сталого розвитку. *Ефективна економіка*. 2019. № 11. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/11_2019/57.pdf (дата звернення: 10.05.2023).
7. Мусіна Л.А., Ямчук А. В., Кваша Т. К. Взаємний вплив економіки та природного середовища в сучасному світі: політика, стратегії, технології: монографія. Київ: УкрІНТЕІ. 2012. 260 с. URL: http://www.uitei.kiev.ua/sites/default/files/vzaemniy_vpliv.pdf (дата звернення: 10.05.2023).
8. Салатюк Н. М. Зарубіжний досвід регулювання природокористування та охорони навколишнього середовища. 2010. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2486/1/333.pdf> (дата звернення: 10.05.2023).
9. Рогач С. М. Зарубіжний досвід регулювання сфери природокористування. *Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2019. Вип. 6. част. 2. URL: p://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/26_2_2019ua/12.pdf (дата звернення: 10.05.2023).
10. Швиданенко Г. О., Криворучкіна О. В., Матукова Д. Г. Розвиток підприємства на еколого-економічних засадах: монографія. Київ: КНЕУ. 2017. 184 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/197268892.pdf> (дата звернення: 12.05.2023).
11. Кубатко О. В. Еколого-економічні механізми стримування природодеструктивної економічної діяльності. *Ефективна економіка*. 2009. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=21> (дата звернення: 12.05.2023).
12. Горошкова Л. А., Хлобистов Є. В., Трофимчук В.О. Взаємозв'язок економічного зростання та асиміляційного потенціалу довкілля у забезпеченні сталого розвитку національного господарства. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2019, №1(69). URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b07a220d-1890-4f88-94e1-95c27a0a3c7f/content> (дата звернення: 12.05.2023).

13. Тарасенко Д. Моделювання еколого-економічних процесів для забезпечення ефективної політики сталого розвитку та зеленої модернізації. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету: зб. наук. праць; за ред.: М.Д.Балджи (голов.ред.).* 2018. № 11(263). С. 210-230. URL: <http://n-visnik.oneu.edu.ua/collections/2018/263/pdf/210-230.pdf> (дата звернення: 12.05.2023).
14. Borhan, H., Ridzuan, A. R., Subramaniam, G., Mohd Amin, S., & Mat Saad, R. Modelling the Environmental Kuznets Curve of Water Pollution Impact on Economic Growth in Developing Country. *International Journal of Energy Economics and Policy.* 2021. 11(5). 545–552. URL: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/11571> (accessed: 14.05.2023).
15. Shahbaz M., Sinha A. Environmental Kuznets curve for CO₂ emissions: a literature survey. *Journal of Economic Studies.* 2019. Vol. 46 No. 1, pp. 106-168. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/322976056.pdf> (accessed: 14.05.2023).
16. Guangfei Y., Tao S., Jianliang W., Xianneng L. Modeling the nexus between carbon dioxide emissions and economic growth. *Energy Policy.* 2015. Vol. 86. pp. 104-117. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421515002499> (accessed: 14.05.2023).
17. Ковальов В.В., Волкова О.М. Аналіз господарської діяльності підприємства: Підручник. Видавництво Проспект. 2006. 424 с. URL: <http://epi.cc.ua/282-regressionnyiy-analiz-26451.html> (дата звернення: 14.05.2023).
18. Офіційний сайт Світового банку. URL: <https://data.worldbank.org/> (дата звернення: 16.05.2023).
19. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 16.05.2023).
20. Бойко Я.М., Гапак Н.М. ВВП України: рівень та тенденції динаміки. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету.* 2017. URL:

<http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2017/25-1-2017/17.pdf> (дата звернення: 16.05.2023).

21. Мороз С.В. Рівень ВВП як критерій оцінки національної безпеки України. *Збірник наукових праць «Проблеми системного підходу в економіці»*. 2017. № 6 (62). URL:

http://psae-jrnl.nau.in.ua/journal/6_62_1_2017_ukr/6_62_1_2017.pdf#page=90

(дата звернення: 16.05.2023).

22. Штулер І.Ю. Порівняльна характеристика розвитку ВВП на душу населення України та Франції за період 1990-2014 рр. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Серія Економіка. 2016. Вип. 1(47). URL:

<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/10398> (дата звернення:

16.05.2023).

23. Офіційний сайт Міністерства фінансів. URL:

<https://index.minfin.com.ua/ua/economy/fdi/> (дата звернення: 16.05.2023).

24. Голян В. А. Інвестиції в економіку України: особливості сфери природокористування. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 6. С. 12–21.

URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/6_2016/4.pdf (дата звернення:

16.05.2023).

25. Тимошенко Н. Ю., Вишнеvsька А. М. Аналіз інвестиційної привабливості економіки України. IV Міжнародна науково-практична конференція. *Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи*. 2022. URL:

<http://confmanagement.kpi.ua/proc/article/view/272016> (дата звернення:

18.05.2023).

26. Гордієнко В. П. Екологічні фактори у забезпеченні інвестиційної безпеки регіону. *Інвестиції: практика та досвід*. *Економічна наука*. 2013. № 24. с.16-

20. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/141458008.pdf> (дата звернення:

18.05.2023).

27. Стоян. О.Ю. «Зелений тариф – основний державний механізм стимулювання розвитку відновлюваної енергетики України. *Інвестиції:*

- практика та досвід. 2014. №9. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/9_2014/36.pdf (дата звернення: 18.05.2023).
28. Козлоков О.Ю., Голощатов В. М., Котульська О.В., Парамонова Т. М. Аналіз стану та тенденції розвитку відновлюваної енергетики в Україні. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Гідравлічні машини та гідроагрегати*. 2019. №2. URL: <http://gm.khpi.edu.ua/article/view/2411-3441.2019.2.15/189537> (дата звернення: 18.05.2023).
29. Ashish Kumar Srivastav. Normalization Formula. URL: <https://www.wallstreetmojo.com/normalization-formula/> (accessed: 18.05.2023).
30. Лугінін О. Є. Економетрія: Навч. пос. 2-е видання, перероб. та доп: Центр учбової літератури. 2008. 278 с. URL: <https://subject.com.ua/pdf/62.pdf> (дата звернення: 20.05.2023).
31. Durbin-Watson Significance Tables. URL: https://www3.nd.edu/~wevans1/econ30331/Durbin_Watson_tables.pdf (accessed: 20.05.2023).
32. Лещинський О. Л., Рязанцева В. В., Юнькова О. О., Юртин І.І. Практикум з економетрії: навч. посіб/ за заг. ред. О. О. Юнькової. Київ: ДП «Вид. дім «Персонал». 2009. с. 251–252. URL: https://maup.com.ua/assets/files/lib/book/pract_z_ekonom.pdf (дата звернення: 20.05.2023).
33. Teodora Sheytanova. A Monte Carlo study comparing three methods for determining the number of principal components and factors. 2015. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:896127/FULLTEXT01.pdf> (accessed: 20.05.2023).
34. Трегобчук В. Концепція сталого розвитку для України. *Вісник НАН України*. 2002. № 2. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/71110/07-Trehobchuk.pdf?sequence=1> (дата звернення: 20.05.2023).
35. Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року»: станом на 30 вересня 2019 р. Офіційний сайт Верховної Ради

України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення: 22.05.2023).

36. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року»: станом на 28 лютого 2019р. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 22.05.2023).

37. Руда М.В., Мазурик М. М. Співпраця України та ЄС у сфері сталого розвитку: огляд перспектив. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*. 2021. № 3 (1). URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2021/jun/23805/menedzhment121-206-213.pdf> (дата звернення: 22.05.2023).

38. Андрущенко О. С. Організаційно-економічне забезпечення природоохоронного стимулювання енергозбереження. автореф. дис. д-ра екон. наук : 08.00.06 Одеса, 2021. 22 с. URL: https://impeer.org.ua/images/Avtoreferaty/2021/aref_Andruschenko.pdf (дата звернення: 22.05.2023).