

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології  
Кафедра загальної екології

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**КУХТА МАКСИМ ВІКТОРОВИЧ**

УДК 504.3.054:551.588.74

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**ВИКИДИ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ЯК ФАКТОР ЗМІНИ КЛІМАТУ**

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело

---

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:  
Герасимчук Людмила Олександрівна  
доцент, к.с.-г.н.

Житомир – 2021

## АНОТАЦІЯ

Кухта М.В. Вплив викидів вуглекислого газу на глобальне потепління та зміни клімату. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Досліджено ймовірний зв'язок між рівнем викидів вуглекислого газу та зміною клімату і підвищенням температури повітря у м. Житомир.

Проаналізовано динаміку викидів вуглекислого газу у Житомирській області, окремо по районах області, визначено де їх найбільше, і з'ясовані причини цього. Проведено порівняння рівня викидів вуглекислого газу у Житомирській області із показниками викидів інших областей України. З'ясовано динаміку викидів вуглекислого газу у місті Житомир, а також динаміку зміни температури повітря. Створено прогностичні моделі зміни викидів вуглекислого газу та зміни температури повітря до 2030 року, та встановлено, що викиди скорочуватимуться, а температура зростатиме. Встановлено зв'язок між викидами вуглекислого газу та зростанням температури на наступний рік після різкого їх збільшення.

Ключові слова: викиди вуглекислого газу, парниковий ефект, глобальне потепління, зростання температури, CO<sub>2</sub>, вуглекислий газ, зміна клімату, атмосферне повітря, вплив вуглекислого газу на зміну клімату.

## SUMMARY

Kukhta M. Impact of carbon emissions on global warming and climate change. - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 101 - ecology. - Polissia National University, Zhytomyr, 2021.

The probable connection between the level of carbon dioxide emissions and climate change and the increase in air temperature in Zhytomyr has been studied.

The dynamics of carbon dioxide emissions in the Zhytomyr region, separately in the regions of the region, analyzed where they are most, and found out the reasons for this. A comparison of the level of carbon dioxide emissions in the Zhytomyr region with the indicators of emissions from other regions of Ukraine. The dynamics of carbon dioxide emissions in the city of Zhytomyr, as well as the dynamics of changes in air temperature. Forecast models for changes in carbon dioxide emissions and changes in air temperature by 2030 have been developed, and it has been established that emissions will be reduced and temperatures will increase.

A link has been established between carbon dioxide emissions and the rise in temperature the following year after a sharp increase.

Key words: carbon dioxide emissions, greenhouse effect, global warming, temperature rise, CO<sub>2</sub>, carbon dioxide, climate change, atmospheric air, impact of carbon dioxide on climate change.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| <b>ВСТУП</b> .....  | 6  |
| <b>РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ЧИННИКИ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН</b> .....   | 9  |
| 1.1. Причини виникнення парникового ефекту та роль вуглекислого газу у зміні клімату .....                  | 9  |
| 1.2. Фізико-хімічні особливості впливу вуглекислого газу на глобальне потепління.....                       | 12 |
| <b>РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....  | 14 |
| 2.1. Програма проведення досліджень.....  | 14 |
| 2.2. Методика проведення досліджень .....   | 15 |
| <b>РОЗДІЛ 3. ВИКИДИ ВУГЛЕКСИСЛОГО ГАЗУ ЯК ФАКТОР ЗМІНИ КЛІМАТУ</b> .....                                    | 16 |
| 3.1. Динаміка викидів вуглекислого газу у Житомирській області у порівнянні з іншими областями України..... | 16 |
| 3.2. Викиди вуглекислого газу у містах та районах Житомирської області.....                                 | 18 |
| 3.3. Прогнозування кількості викидів вуглекислого газу в м. Житомир у майбутньому .....                     | 25 |
| 3.4. Динаміка зміни температури повітря .....   | 27 |
| 3.5. Зв'язок між температурою та кількістю викидів.....   | 31 |
| <b>ВИСНОВКИ</b> .....   | 33 |
| <b>ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ</b> .....   | 35 |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....   | 36 |
| <b>ДОДАТКИ</b> .....  | 40 |

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Глобальне потепління – екологічна проблема, яка з кожним роком постає все гостріше. Внаслідок цього процесу виникають планетарні зміни клімату, що призводять, в свою чергу, до катаклізмів, опустелювання, вимирання багатьох видів флори та фауни та погіршення стану навколишнього середовища, яке стає менш придатним для безпечного існування живих організмів та людей зокрема.

Головною та найбільш вагомою причиною виникнення так званого парникового ефекту вчені вважають різке збільшення концентрації парникових газів, а особливо вуглекислого. В свою чергу, таке різке збільшення пов'язане, звісно, не з природними процесами, а зі збільшенням інтенсивності людської діяльності після процесу індустріалізації в кінці XIX ст.

Протягом майже століття ніхто особливо не звертав увагу на вплив та його силу на довкілля від різноманітних галузей виробництва, відповідно і ніякого контролю процесів не передбачалося. Таким чином забруднення тільки зростало, і задуматися над даною проблемою змусили лише перші серйозні наслідки у 50-х, 70-х рр. Але лише у XXI ст. справді почалися масштабні дослідження та вже створення планів протидії глобальним екологічним проблемам, в першу чергу, якраз потеплінню.

Так як викиди вуглекислого газу напряму впливають на парниковий ефект, а його концентрація досі лише зростає, то вивчення самої суті впливу даного газу на процес є надзвичайно важливим. Досліджень на дану тему достатньо, але вони є досить загальними і глобальними, а ось досліджень конкретно локалізованих та на невеликих територіях мало і їх результати різняться, що робить тему більш ніж актуальною, особливо в сучасних умовах протидії проблемі.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження була безпосередня оцінка зв'язку між підвищенням температури повітря та викидами

вуглекислого газу на території м. Житомир та прилеглих територій для з'ясування рівня впливу на зростання температури концентрації вуглекислого газу перед іншими ймовірними факторами.

Для виконання даної мети досліджень необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати динаміку викидів вуглекислого газу у Житомирській області та порівняти з іншими областями України.
2. Проаналізувати обсяги викидів вуглекислого газу у містах та районах Житомирської області.
3. Спрогнозувати зміну кількості викидів вуглекислого газу в м. Житомир у майбутньому.
4. Прослідкувати динаміку зміни температури повітря.
5. Спрогнозувати зміну температури повітря у майбутньому.
6. Встановити зв'язок між температурою та кількістю викидів.

**Об'єкт дослідження** – закономірності впливу викидів вуглекислого газу на температуру атмосферного повітря, оцінка стану атмосферного повітря під впливом викидів вуглекислого газу.

**Предмет дослідження** – атмосферне повітря в межах м. Житомир та 15-кілометрової приміської території.

**Методи дослідження.** Під час проведення дослідження були використані як спеціальні, так і загальнонаукові методи дослідження. Серед них метод *спостереження* (за зміною температури повітря), метод *опису* – описані причини та наслідки від збільшення викидів вуглекислого газу; *аналіз* (виокремлення головних компонентів впливу на зміни клімату; *статистичний і порівняльно-розрахунковий* методи (здійснення обробки експериментальних даних, порівняння залежностей впливу викидів вуглекислого газу на температуру повітря м. Житомир та прилеглих територій з іншими областями України). За допомогою методу *наукового моделювання* створено прогностичну модель зміни викидів вуглекислого газу та температури повітря в майбутньому. Для побудови діаграм з

географічними даними була використана надбудова 3D-Maps програми Microsoft Office Excel.

**Наукова новизна одержаних результатів:** вперше було досліджено вплив вуглекислого газу на зміну клімату безпосередньо у м. Житомир; вперше складено прогноз зміни викидів вуглекислого газу та зміни температури м. Житомир до 2030 р.

**Апробація результатів дослідження:**

1) III Всеукраїнська науково-практична конференція “Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій” (19 листопада 2020 р., Поліський національний університет, м. Житомир);

2) Магістерські читання – 2021 (10 грудня 2021 р., м. Житомир, Поліський національний університет);

3) XIV Міжнародна науково-практична конференція “Theoretical foundations in practice and science” (21-24 грудня 2021 р., Більбао, Іспанія).

**Основні положення, що виносяться на захист:**

1. Вуглекислий газ є найважливішим із парникових газів щодо впливу на зміни клімату.
2. Викиди вуглекислого газу у атмосферу у містах Житомирської області значно більші, ніж у районах області загалом.
3. До 2030 року викиди вуглекислого газу поступово скорочуватимуться, проте температура зростатиме.
4. Різке збільшення викидів вуглекислого газу призводить до зростання температури наступного року.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНІ ЧИННИКИ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

#### 1.1. Причини виникнення парникового ефекту та роль вуглекислого газу у зміні клімату

Практично від самого початку історії людські істоти мали перевагу над усіма іншими живими створіннями використовувати земне середовище для своєї безпосередньої вигоди. Для більшої частини історії людства наслідки мали лише місцеве чи регіональне значення. Проте за минуле століття стрімке зростання населення та зростання інтенсивності та масштабів індустріальних підприємств дозволили людям змінити Землю у глобальному масштабі [1].

Протягом ХХ століття концентрація основних парникових газів в атмосфері зросла через діяльність людини [2]. Зазначеною метою (стаття 2) Рамкової конвенції ООН про зміну клімату є досягнення стабілізації концентрації парникових газів в атмосфері на достатньо низькому рівні, щоб запобігти “небезпечному антропогенному втручання у кліматичну систему” [3]. Багато досліджень зосереджувалися на прогнозах можливої небезпеки ХХІ століття. Однак принципи (стаття 3) РКЗК ООН спеціально підкреслюють «загрози серйозної або необоротної шкоди» [3], підкреслюючи важливість довгострокової перспективи. Хоча деякі незворотні зміни клімату, такі як танення крижаного щита, можливі, але вкрай невизначені, інші тепер можна визначити з більшою впевненістю [4]. Загалом не відомо, чи очікується, що підвищення температури атмосфери, спричинене зростанням концентрації вуглекислого газу, значно зменшиться, навіть якщо викиди вуглецю повністю припиняться. Майбутні викиди вуглекислого газу в ХХІ столітті, призведуть до несприятливих змін клімату, які стануть по суті незворотними, якщо не прийняти кардинальні міри вже зараз [5].



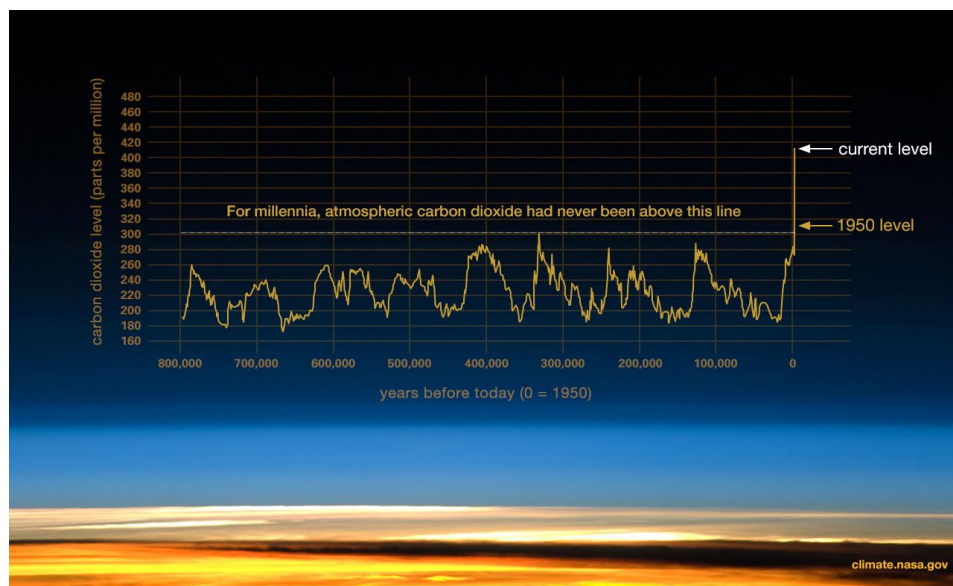
Головною причиною швидкого розігрівання планети Земля практично всі вчені вважають саме величезні викиди парникових газів внаслідок людської діяльності, їх накопичення у атмосфері та відповідно посилення парникового ефекту [6].

Парниковий ефект – зростання температури поверхні Землі та тропосфери, спричинене наявністю у повітрі водяної пари, вуглекислого газу, метану та деяких інших газів [6]. З цих газів, відомих як парникові, найбільшу дію має водяна пара [7].

Без нагрівання, спричиненого парниковим ефектом, середня температура поверхні Землі склала б лише близько  $-18^{\circ}\text{C}$ , тому це важливий природній процес, але баланс у цьому процесі порушений [8].

Вуглекислий газ – найважливіший з довговічних парникових газів Землі. Він поглинає менше тепла на молекулу, ніж парникові гази метан або оксид азоту, але його куди більше і залишається в атмосфері набагато довше [9]. Збільшення вуглекислого газу в атмосфері спричиняє приблизно дві третини загального енергетичного дисбалансу [10].

За даними відділу моніторингу змін клімату NASA [11] за останні 60 років концентрація вуглекислого газу зросла більш ніж у 1,5 рази (рис.1.1).



**Рис. 1.1. Динаміка зміни концентрації вуглекислого газу за 800 000 років [11].**

Ще одна цікава особливість – поширення вуглекислого газу по земній кулі. Як видно з рис.1.2. вуглекислий газ сконцентрований переважно у північній півкулі планети та на екваторі.



*Рис. 1.2. Розповсюдження вуглекислого газу на планеті Земля, ppm*  
[11]

Ще одна причина, чому вуглекислий газ має важливе значення в системі Землі, полягає в тому, що він розчиняється в океані. Він реагує з молекулами води і знижує рН океану. З початку промислової революції рН поверхневих вод океану впав з 8,21 до 8,10. Це падіння рН називається підкисленням океану [12]. Підвищення кислотності перешкоджає здатності морських мешканців використовувати кальцій з води для побудови своїх оболонок і скелетів [13].

Отже, вуглекислий газ найбільше впливає на парниковий ефект та збільшення температури на планеті, і як наслідок на зміни клімату.

Клімат – це середня погода у певному місці протягом багатьох років [14]. Зміна клімату - це зміна цих середніх умов.

Зростання рівня викидів парникових газів утворює тепловий екран, що не дозволяє теплу потрапляти назад у відкритий космос. Більша частина цього тепла поглинається Світовим океаном. Вчені підраховали, що за останні двадцять років моря та океани поглинули більше 90% надлишкового

тепла. Поверхневий шар океану у 2,5 метри може поглинути стільки ж тепла, скільки вся атмосфера! [15]. На перший погляд, зростання температури океану на 0,01 градус – це мале значення, але у масштабах всієї кліматичної системи це дуже багато. Так, якби ця енергія вивільнилася в один момент, температура атмосфери могла б зрости на 10°C [16].

У 2019 році було зафіксовано найвищі показники середньої температури океану за весь період спостережень починаючи з 1940 року. З 1955 по 1986 роки поступово нагрівалася, але з 1987 року швидкість зростання температури виросла практично в п'ять разів [17].

## **1.2. Фізико-хімічні особливості впливу вуглекислого газу на глобальне потепління**

Вуглекислий газ здатен утримувати тепло. Коли сонячне світло досягає Землі, поверхня поглинає частину енергії цього світла і випромінює його у вигляді інфрачервоних хвиль, які ми відчуваємо як тепло (якщо сонячного дня тримати руку над темним каменем, то можна переконатися та відчути це явище.) Ці інфрачервоні хвилі піднімаються в атмосферу і повернуться назад у космос, якщо на їх шляху немає перешкод [18].

Кисень і азот не впливають на інфрачервоні хвилі в атмосфері. Це тому, що молекули вибагливі до діапазону довжин хвиль, з якими вони взаємодіють. Наприклад, кисень і азот поглинають енергію, яка має довжини хвиль близько 200 нанометрів або менше, тоді як інфрачервона енергія поширюється на більш широких довжинах хвиль від 700 до 1 000 000 нанометрів [19]. Ці діапазони не перекриваються, тому для кисню та азоту інфрачервоні хвилі навіть не існують; вони пропускають хвилі (а з ними і тепло), і вони вільно проходять через атмосферу.

З CO<sub>2</sub> та іншими парниковими газами все інакше. Наприклад, вуглекислий газ поглинає енергію на різних довжинах хвиль від 2000 до 15000 нанометрів – діапазон, який перекривається з діапазоном інфрачервоної енергії [20]. Оскільки CO<sub>2</sub> поглинає цю інфрачервону енергію,

він починає вібрувати та повторно випромінює теплову енергію назад у всіх напрямках. Приблизно половина цієї енергії йде в космос, а інша приблизно половина повертається на Землю у вигляді тепла, сприяючи «парниковому ефекту» [21].

Чому деякі молекули поглинають інфрачервоні хвилі, а деякі ні, залежить від їхньої геометрії та складу [22].

Сьогодні рівень CO<sub>2</sub> вищий, ніж за останні 3 мільйони років [23]. І хоча він все ще становлять лише 0,04% складу атмосфери, це все ще складає мільярди й мільярди тон газу, що утримує тепло [24]. Наприклад, лише у 2019 році люди викинули 36,44 мільярда тон CO<sub>2</sub> в атмосферу, у 2020 році ці викиди були менші, через пандемію, та всі обмеження, проте, як не дивно, але концентрація вуглекислого газу не лише не зменшилася, але й виросла та стала найвищою за весь час спостережень [25]. Таким чином, є багато молекул CO<sub>2</sub>, які забезпечують теплоуловлюючу ковдру по всій атмосфері.

Середня температура поверхні Землі з 1880-х років вже зросла приблизно на 1 °C, і що викликано людиною збільшення вуглекислого газу та інших газів, що утримують тепло, цілком ймовірно, є причиною.

Без заходів щодо контролю викидів вуглекислий газ може досягти 0,1% атмосфери до 2100 року, що більш ніж втричі перевищує рівень до промислової революції. Це була б швидша зміна, ніж зміни в минулому Землі, які мали величезні наслідки [26].

Ми можемо уникнути значної частини цієї шкоди завдяки комбінації декарбонізації нашого постачання енергії, вилученню CO<sub>2</sub> з атмосфери та розробки беземісійних технологій, а також екологізації виробництв.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Програма проведення досліджень

Програма проведення дослідження включала такі етапи:

- вибір теми дослідження;
- розроблення програми і робочого плану досліджень;
- визначення об'єкту, предмету і задач дослідження;
- висунення робочих гіпотез;
- підбір необхідної літератури, її осмислення та написання першого розділу кваліфікаційної роботи;
- формулювання методів дослідження для досягнення завдань та головної мети – оцінки залежності підвищення температури повітря від викидів вуглекислого газу на території м. Житомир та прилеглих територій;
- підготовка до збору необхідної інформації – визначення найбільш доцільних способів збору даних щодо викидів вуглекислого газу, температурних змін, визначення джерел та способів отримання необхідної та достовірної інформації;
- здійснення збору всієї необхідної інформації;
- обробка зібраної інформації, а саме: ретельна перевірка всіх даних, порівняння інформації з різних джерел, для зручності використання проведене групування даних, здійснене обчислення відносних величин, побудова статистичних рядів, графіків, гістограм та кліматичної моделі, складання таблиць для наочності;
- оцінка отриманих результатів;
- формулювання висновків щодо величини впливу вуглекислого газу на зміну температури у м. Житомир та приміській зоні;
- розробка рекомендацій задля зменшення впливу вуглекислого газу шляхом зменшення викидів джерелами забруднення.

## 2.2. Методика проведення досліджень

Дослідження щодо оцінки впливу вуглекислого газу на зміну температури проводили протягом 2020 – 2021 рр.

Інформаційною базою дослідження стали регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища Житомирської області [[https://ecology.zt.gov.ua/StanDov\\_reg\\_dop\\_menu.html](https://ecology.zt.gov.ua/StanDov_reg_dop_menu.html)], екологічних паспортів [[https://ecology.zt.gov.ua/StanDov\\_eco\\_pashort\\_menu.html](https://ecology.zt.gov.ua/StanDov_eco_pashort_menu.html)], міжнародних кліматичних баз даних NASA [<https://climate.nasa.gov/evidence/>] для визначення рівнів викидів вуглекислого газу, динаміку змін цих викидів та температури повітря за період з 2013 по 2020 рр.

Для виконання завдань дослідження під час його проведення використовувалися різноманітні наукові методи – *спеціальні та загальнонаукові*.

Для збору даних був використаний простий загальнонауковий метод *спостереження* (за зміною температури повітря протягом 2020 р., з її фіксацією); метод *опису* – описані причини та наслідки від збільшення викидів вуглекислого газу; було *проаналізовано* явище так званого парникового ефекту, виокремлено вплив головного парникового газу – вуглекислого.

Також були використані *статистичний і порівняльно-розрахунковий* методи (здійснення обробки експериментальних даних, порівняння залежностей впливу викидів вуглекислого газу на температуру повітря м. Житомир та прилеглих територій з іншими областями України). За допомогою методу *наукового моделювання* створено прогностичну модель зміни викидів вуглекислого газу та температури повітря в майбутньому. Для побудови діаграм з географічними даними була використана надбудова 3D-Maps програми Microsoft Office Excel.

## РОЗДІЛ 3

### ВИКИДИ ВУГЛЕКСИСЛОГО ГАЗУ ЯК ФАКТОР ЗМІНИ КЛІМАТУ

#### 3.1. Динаміка викидів вуглекислого газу у Житомирській області у порівнянні з іншими областями України

За останні кілька років у світі спалюється в середньому 10 млрд тон палива на рік. При цьому викидається 22 млрд тон вуглекислого газу, 150 млн тон двоокису сірки, близько 300 млн тон оксиду вуглецю, 50 млн тон оксиду азоту, 200-700 млн тон пилу і диму та багато інших речовин, з якими надходять в атмосферу шкідливі, хвороботворні, в тому числі канцерогенні та мутагенні речовини.

Забруднення атмосфери різними хімічними речовинами призводить до утворення смогу, кислотних дощів, парникового ефекту і внаслідок цього руйнування озонового шару, глобального потепління та зміни клімату, до того ж самі ці речовини у певних концентраціях є небезпечними для живих організмів і людини зокрема.

Нас цікавлять викиди вуглекислого газу, динаміка цих викидів у Житомирській області у порівнянні з іншими областями України. Тому розглянемо та встановимо рівні викидів вуглекислого газу у атмосферне повітря Житомирської області. Щоб це зробити визначимо динаміку викидів у Житомирській області у період з 2013 по 2020 рр. (табл. 3.1).

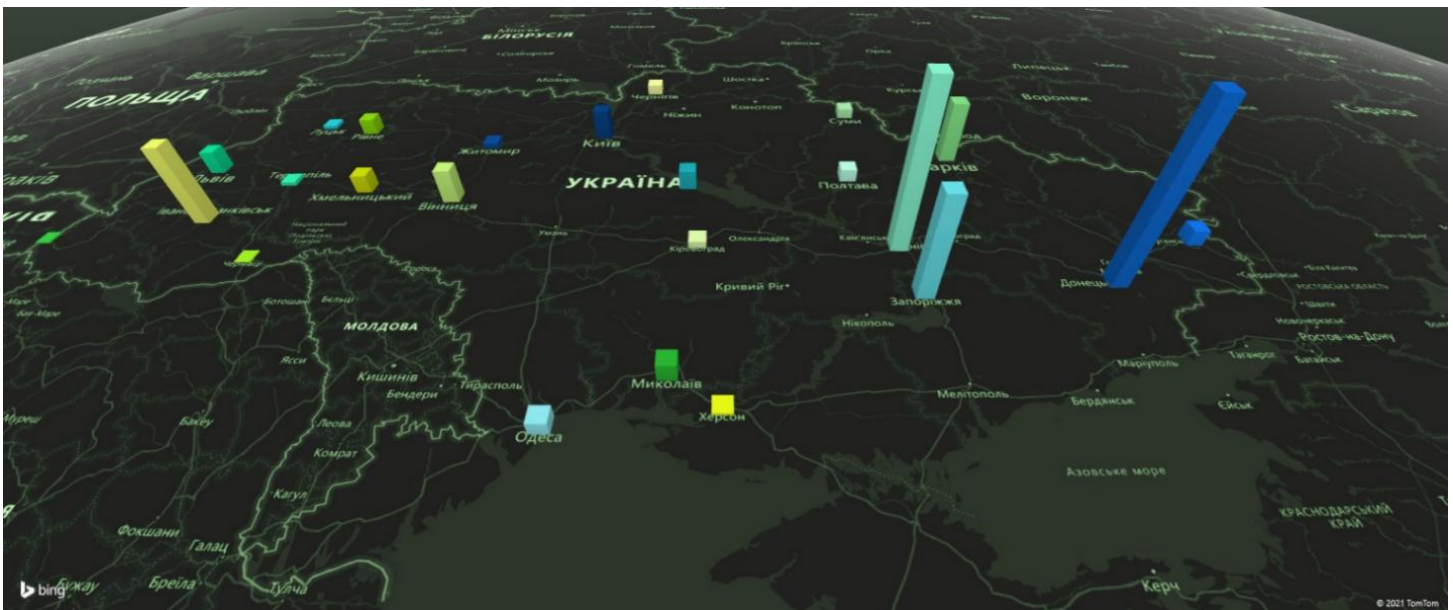
*Таблиця 3.1*

#### Динаміка викидів вуглекислого газу у Житомирській області за 2013-2020 рр.

| Викиди вуглекислого газу, тис. т |         |        |         |         |         |         |         | В середньому |
|----------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| 2013                             | 2014    | 2015   | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    |              |
| 695,837                          | 718,356 | 803,56 | 743,094 | 729,901 | 701,002 | 692,252 | 746,654 | 741,788      |

З таблиці 3.1 видно, що найбільше викидів вуглекислого газу спостерігалось у 2015 р. – 803,56 тис. т., найменше – у 2019 та 2013 рр. 692,252 та 695,837 тис. т. відповідно. У інші роки викиди коливалися від 718 до 747 тис. т., що близько до середнього значення за ці 8 років – 741,788 тис. т.

Порівняємо ці дані із викидами вуглекислого газу у інших областях України (рис.3.1).

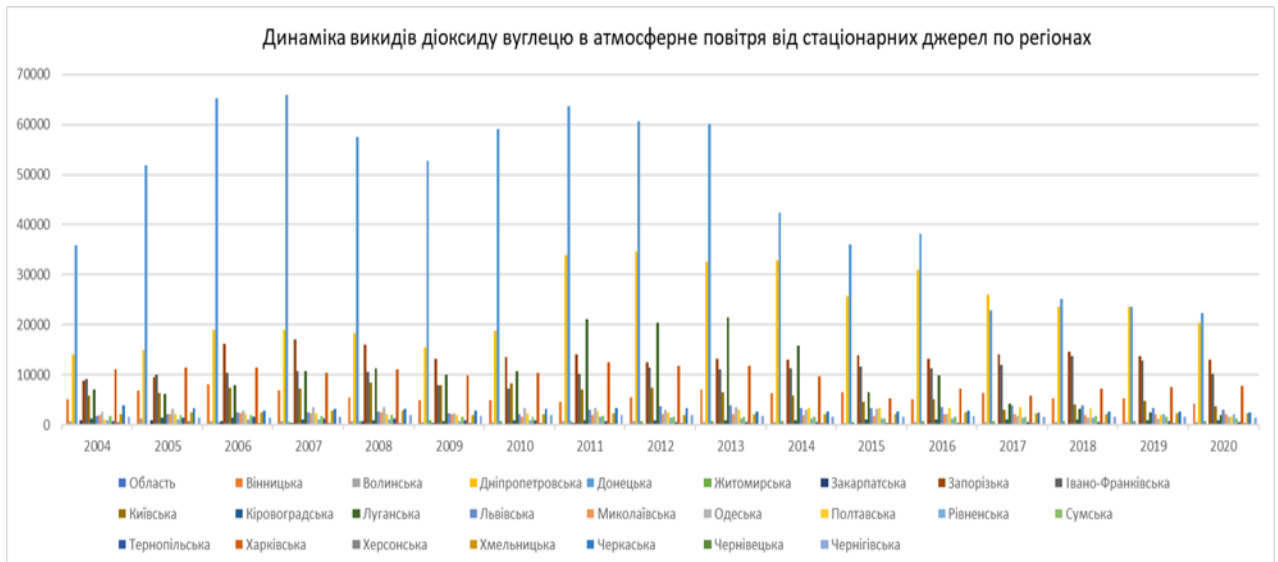


**Рис. 3.1. Викиди вуглекислого газу по областях України за 2020 р.**

Отже, у Житомирській області викиди вуглекислого газу є значно нижчими за середній показник по Україні – 4 354 016 т. Найбільше викидів у Донецькій, Дніпропетровській, Запорізькій та Івано-Франківській областях.

Також прослідкуємо динаміку зміни цих викидів за 2004-2020 рр. Дані наведені на рис 3.2.





*Рис. 3.2. Динаміка викидів CO<sub>2</sub> по областях України за 2004-2020 рр.*

З діаграми видно, що викиди скоротилися після 2013 року, особливо у східних регіонах України, що пояснюється зупинкою багатьох підприємств та призупиненням спостережень через військові дії. У інших регіонах все ж ситуація схожа і викиди суттєво зменшилися або ж залишилися без змін.

### **3.2. Викиди вуглекислого газу у містах та районах Житомирської області**

Для подальшого аналізу розглянемо рівні викидів по районах Житомирської області за 2020 рік (без найбільших міст), порівняємо їх із середніми показниками.

Таблиця 3.2

**Рівні викидів вуглекислого газу по районах Житомирської області**

| Міста, райони              | Викиди вуглекислого газу за 2020 р., тис. т. | В середньому |
|----------------------------|--|--------------|
| 1                          | 2  | 3            |
| м. Житомир                 | 234,962                                      | 87,03        |
| м. Бердичів                | 35,905                                       |              |
| м. Коростень               | 64,542                                       |              |
| м. Малин                   | 67,128                                       |              |
| м. Новоград-Волинський     | 32,587                                       |              |
| Андрушівський              | 14,909                                       |              |
| Баранівський               | 12,992                                       |              |
| Бердичівський              | 18,353                                       |              |
| Брусилівський              | 1,809  |              |
| Ємільчинський              | 3,167  |              |
| Житомирський               | 24,566                                       |              |
| Коростенський              | 9,890  |              |
| Коростишівський            | 2,389  |              |
| Лугинський                 | 2,343  |              |
| Любарський                 | 3,597  |              |
| Малинський                 | 16,941                                       |              |
| Народицький                | -  |              |
| Новоград-Волинський        | 63,818                                       |              |
| Овруцький                  | 9,860  |              |
| Олевський                  | 7,081  |              |
| Попільнянський             | 17,285                                       |              |
| Пулинський                 | 1,287  |              |
| Радомишльський             | 16,429                                       |              |
| Романівський               | 9,164  |              |
| Ружинський                 | 4,125  |              |
| Хорошівський               | 4,747  |              |
| Черняхівський              | 3,194  |              |
| Чуднівський                | 9,182  |              |
| <b>Загалом (з містами)</b> | <b>257,128 (692,252)</b>                     |              |

Отже, проаналізуємо дані таблиці 3.2. За 2020 рік у Житомирській області обсяг викидів вуглекислого газу становив 257 128 т.

Найбільше викидів CO<sub>2</sub> продукував Новоград-Волинський район – 63 818 т., другим є Житомирський – 24 566 т., ще декілька районів, а саме Радомишльський, Попільнянський, Малинський, Бердичівський, Баранівський та Андрушівський мають викиди, які перевищують середнє значення, яке у нашій області у 2020 р. становить 11 690 т.

Найменші викиди були зафіксовані у Пулинському, Брусилівському, Коростишівському та Лугинському районах (дані у Народицькому районі відсутні). У інших районах викиди CO<sub>2</sub> були меншими за середнє значення та коливалися від 3 до 10 тис. т.

Також із таблиці видно, що викиди вуглекислого газу у атмосферне повітря у великих містах Житомирської області значно більші, ніж у районах загалом. Найбільше цих викидів у місті Житомир – 234 962 т, і це більше, ніж у містах Бердичів, Малин, Новоград-Волинський та Коростень разом узятих. Найменше значення у м. Новоград-Волинський – 32 587 т, і це єдине місто де вони є меншими, ніж викиди по району (63 818 т). Середнє значення викидів вуглекислого газу у містах дорівнює 87 030 т, що майже у 8 разів перевищує середнє значення по районах – 11 690 т.

Для наглядності порівняння побудуємо гістограму, де вказані викиди вуглекислого газу у атмосферне повітря у містах Житомирської області (Рис 3.3).



Рис. 3.3. Викиди вуглекислого газу у містах Житомирської обл. за 2020 р.

Також для наглядності побудуємо секторну гістограму рівнів викидів вуглекислого газу по районах області (рис. 3.4).

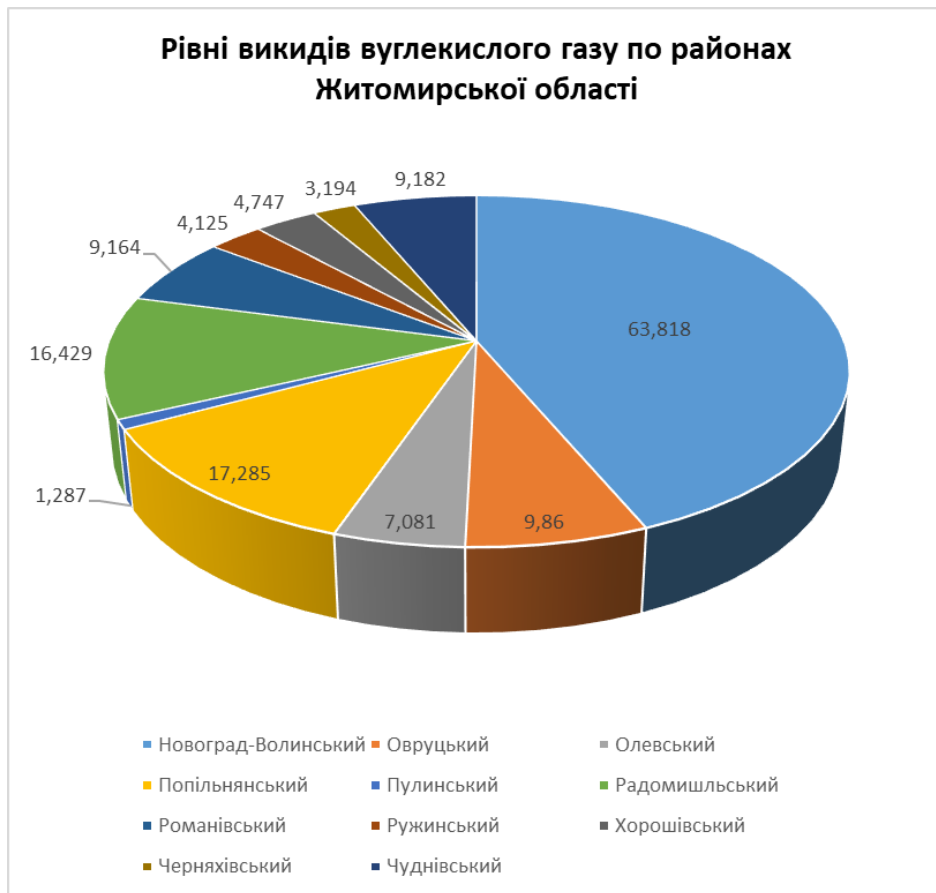
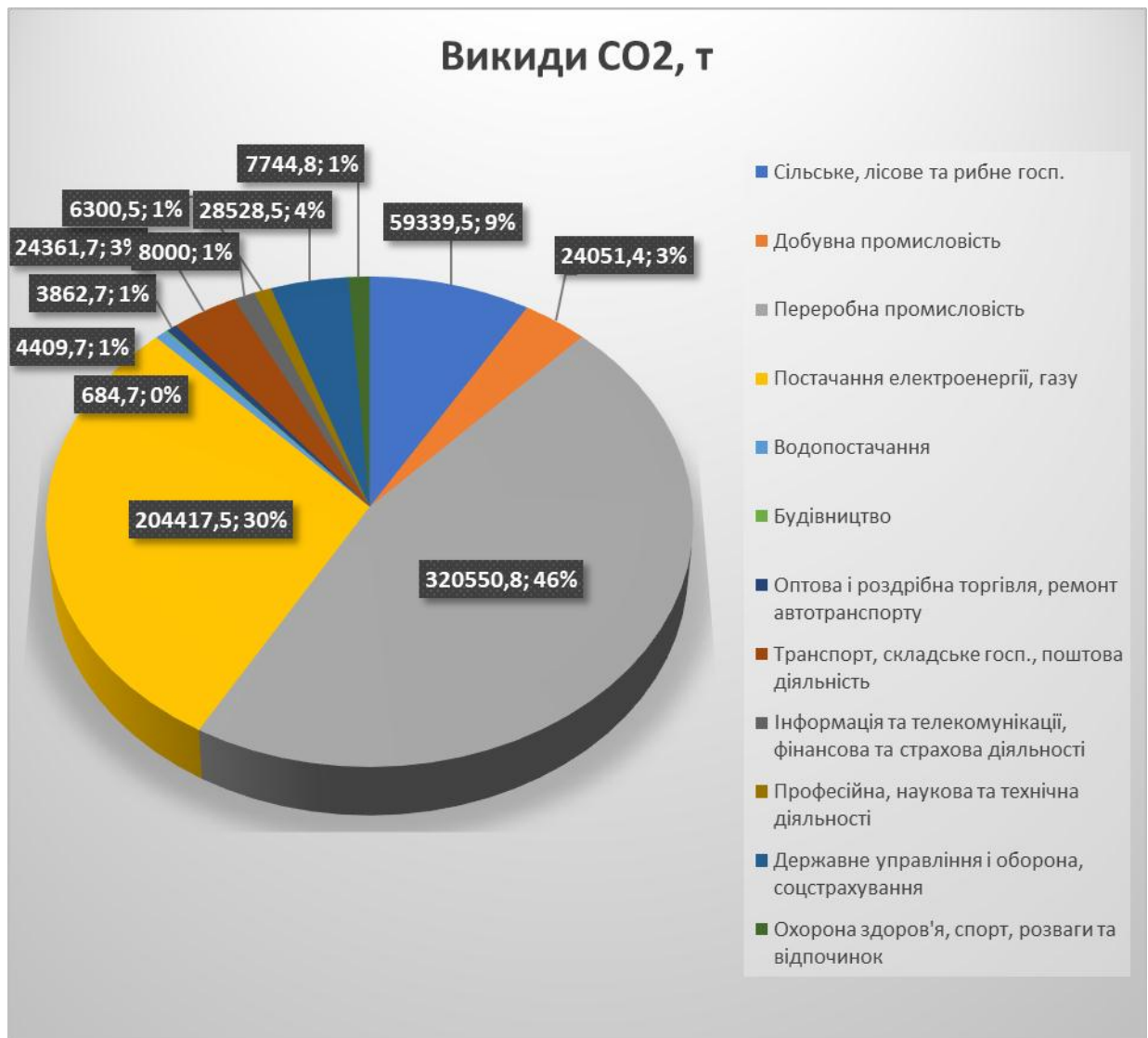


Рис. 3.4. Рівні викидів вуглекислого газу по районах Житомирської області

Далі визначимо які саме види економічної діяльності стали найбільшими джерелами викидів CO<sub>2</sub> у атмосферне повітря (рис 3.5).



**Рис 3.5. Викиди CO<sub>2</sub> за видами економічної діяльності у 2020 р.**

Отже, згідно діаграми найбільше продукує вуглекислого газу переробна промисловість (виробництво харчових продуктів, оброблення деревини та виготовлення виробів з деревини, меблів; виготовлення виробів із соломки та рослинних матеріалів для плетіння, виробництво паперу, виробництво неметалевої мінеральної продукції, виробництво металевих готових виробів, крім машин та устаткування) – 320 550,8 т, це складає 46 % від всіх викидів по області за 2020 р; постачання електроенергії, газу пари та кондиційованого повітря – 204 417,5 т, і це 30 % від всіх викидів, які складають 692 251,8 т.

Найменше ж вуглекислого газу утворюється у сфері будівництва – менше 1 %, або 684,7 т; охорони здоров'я, спорту, розваг та відпочинку; оптової та роздрібною торгівлі; водопостачання – у всіх близько 1 % від загальних викидів по області.

Перед усім нас цікавить Житомирський район та саме місто Житомир.

Отож, в районі в цілому за 2020 р. викиди становили 24 566 т, у місті Житомир – 234 962 т (табл. 3.2), тобто майже у 10 разів більше, ніж у всьому районі загалом. Проте це просто пояснюється тим, що саме у місті сконцентровані найбільші джерела викидів – підприємства, фабрики, котельні. Така ж ситуація і з іншими великими містами області.

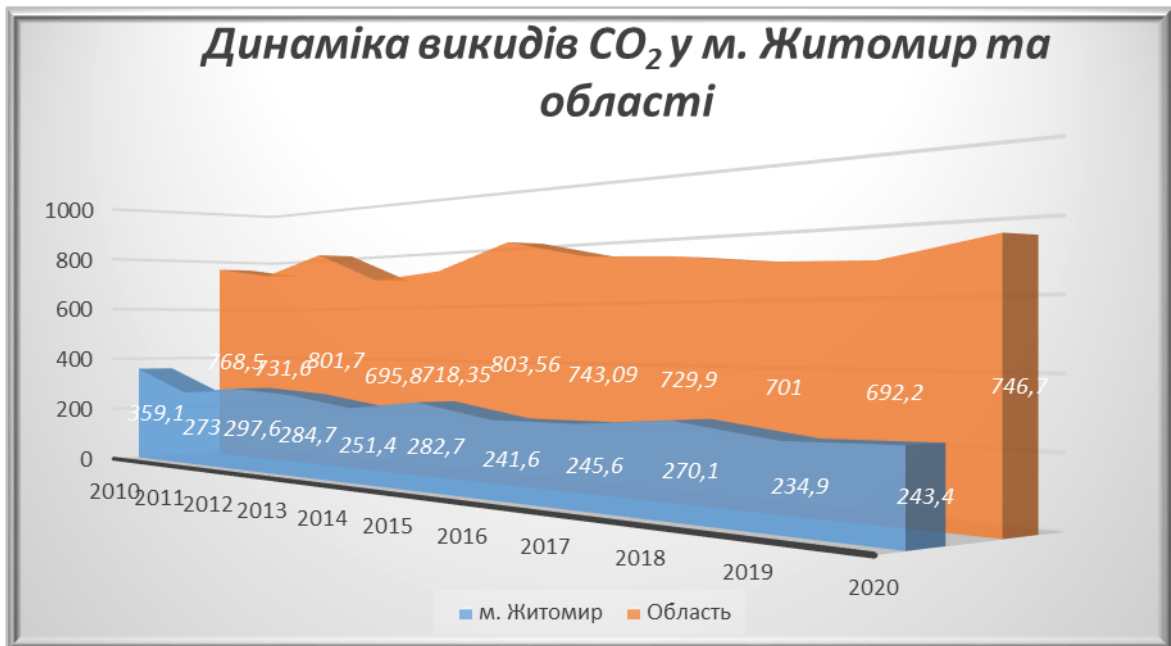
Найбільшими забруднювачем та джерелом викиду вуглекислого газу в м. Житомир незмінно залишається КП "Житомиртеплокомуненерго" Житомирської Міської Ради. За 2020 рік викиди забруднюючих речовин становили 226,67 т/рік. і це майже 2% від загальних викидів області.

*Таблиця 3.3*

**Динаміка викидів CO<sub>2</sub> за 2010-2020 рр. у м. Житомир та  
Житомирській області, тис. т**

|               | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014   | 2015   | 2016   | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| м.<br>Житомир | 359,1 | 273   | 297,6 | 284,7 | 251,4  | 282,7  | 241,6  | 245,6 | 270,1 | 234,9 | 243,4 |
| Область       | 768,5 | 731,6 | 801,7 | 695,8 | 718,35 | 803,56 | 743,09 | 729,9 | 701   | 692,2 | 746,7 |

Порівняємо дані викидів із таблиці 3.3 у м. Житомир та у Житомирській області загалом. Побудуємо просторовий графік для простішого аналізу інформації (рис 3.6).

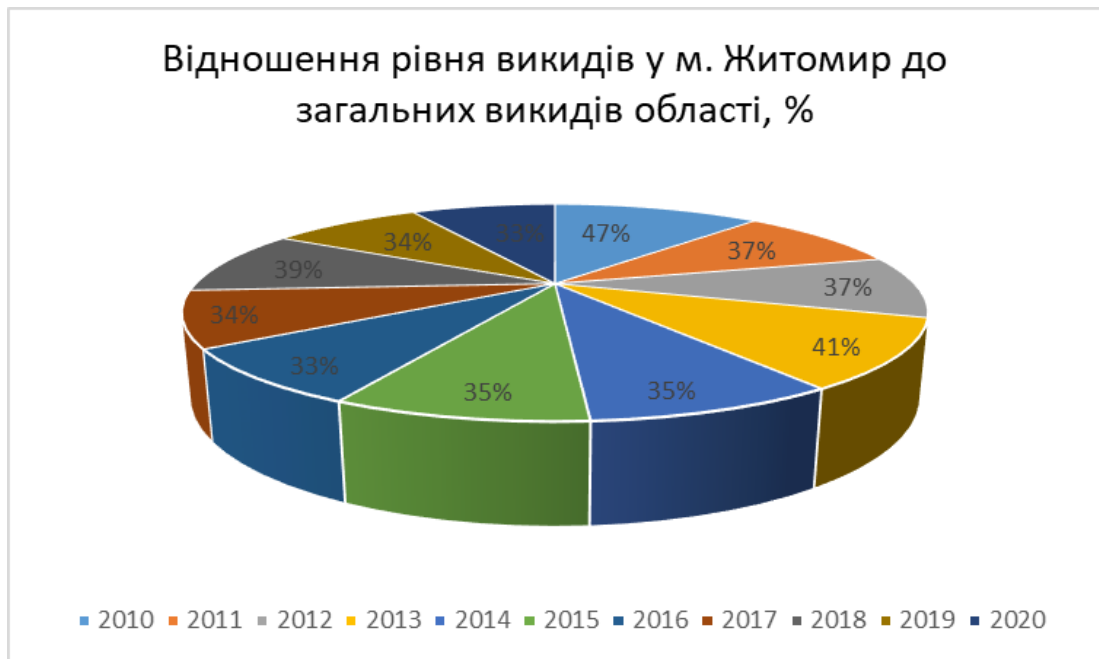


**Рис. 3.6. Динаміка викидів CO<sub>2</sub> за 2010-2020 рр. у м. Житомир та Житомирській області, тис. т**

Графік ілюструє зміни викидів вуглекислого газу у атмосферне повітря у часі, а саме у період з 2010 по 2020 роки. Щодо області, то найбільші рівні викидів спостерігалися у 2010 (768,5 тис. т) 2012 (801,7 тис. т) та 2015 (803,56 тис. т) роках, найменші рівні – у 2019 (692,2 тис. т) та 2013 (695,8 тис. т) роках.

Натомість у м. Житомир найбільші викиди були також у 2010 (359,1 тис. т), 2012 (297,6 тис. т) та 2015 (282,7 тис. т), але ще у 2013 році теж були високі рівні викидів – 284,7 тис. т. Найменші – у 2019 (234,9 тис. т), 2016 (241,6 тис. т) та 2020 (243,4 тис. т).

Тепер визначимо яку частку викиди у місті займають серед викидів загалом у області (рис. 3.7).



**Рис. 3.7. Відношення рівня викидів вуглекислого газу у атмосферне повітря у м. Житомир до викидів у області загалом, %**

З кругової діаграми видно, що викиди у місті Житомир становлять значну частку серед викидів в цілому у області. У різні роки ця частка становить від третини до майже половини всіх викидів у області. Це говорить нам про те, що саме місто Житомир є головним джерелом викидів вуглекислого газу у атмосферне повітря у Житомирській області, а отже, саме повітряний басейн в його межах найбільш доцільно розглядати як об'єкт дослідження залежності зростання температури від викидів вуглекислого газу.

### **3.3. Прогнозування кількості викидів вуглекислого газу в м. Житомир у майбутньому**

Для того щоб оцінити майбутні загрози і запобігти можливим наслідкам від надмірних викидів вуглекислого газу, на основі даних за період з 2010 по 2020 роки створимо прогноз викидів вуглекислого газу у майбутньому. Прогноз побудуємо за допомогою пакету “Прогноз” Ексел, інструмент “Аркуш прогнозу”. Результати показані у таблиці 3.4.

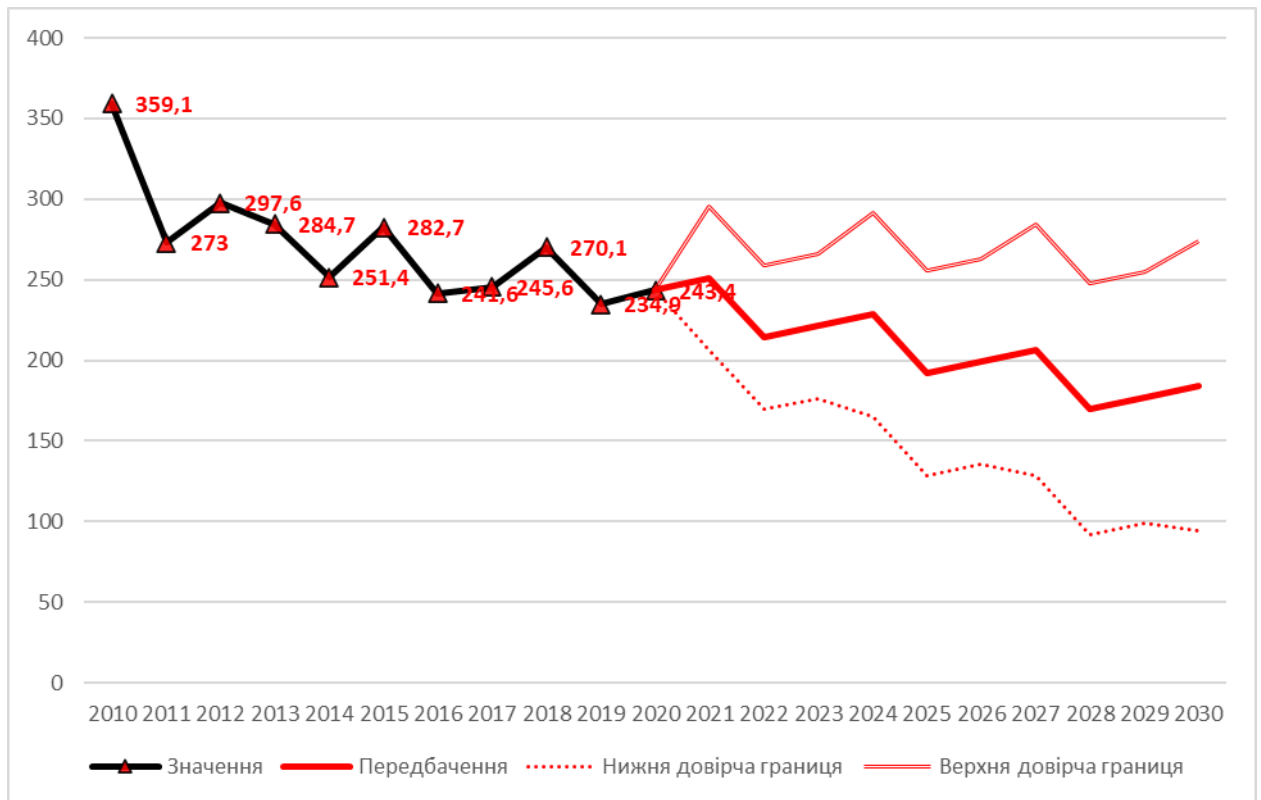


Таблиця 3.4

**Дані прогнозу зміни викидів CO<sub>2</sub> за допомогою пакету “Прогноз”  
програми Excel у м. Житомир до 2030 р.**

| <b>Часова шкала</b> | <b>Значення</b> | <b>Передбачення</b> | <b>Нижня довірча границя</b> | <b>Верхня довірча границя</b> |
|---------------------|-----------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 2010                | 359,1           |                     |                              |                               |
| 2011                | 273             |                     |                              |                               |
| 2012                | 297,6           |                     |                              |                               |
| 2013                | 284,7           |                     |                              |                               |
| 2014                | 251,4           |                     |                              |                               |
| 2015                | 282,7           |                     |                              |                               |
| 2016                | 241,6           |                     |                              |                               |
| 2017                | 245,6           |                     |                              |                               |
| 2018                | 270,1           |                     |                              |                               |
| 2019                | 234,9           |                     |                              |                               |
| 2020                | 243,4           | 243,4               | 243,40                       | 243,40                        |
| 2021                |                 | 250,8647004         | 206,43                       | 295,30                        |
| 2022                |                 | 214,4078387         | 169,74                       | 259,07                        |
| 2023                |                 | 221,1368051         | 176,24                       | 266,03                        |
| 2024                |                 | 228,6193443         | 165,39                       | 291,85                        |
| 2025                |                 | 192,1624826         | 128,76                       | 255,56                        |
| 2026                |                 | 198,8914489         | 135,32                       | 262,46                        |
| 2027                |                 | 206,3739882         | 128,69                       | 284,06                        |
| 2028                |                 | 169,9171265         | 92,08                        | 247,75                        |
| 2029                |                 | 176,6460928         | 98,66                        | 254,63                        |
| 2030                |                 | 184,1286321         | 94,20                        | 274,06                        |

За даними прогностичних розрахунків побудуємо графік, для легшого сприйняття моделі (рис 3.8).



*Рис. 3.8. Прогноз зміни викидів CO<sub>2</sub> у м. Житомир до 2030 р.*

Проаналізувавши графік прогностичної моделі викидів вуглекислого газу, можна зробити висновок, що за даної тенденції за наступні 9 років викиди поступово скорочуватимуться, і до 2030 року становитимуть менше 200 тис. т на рік, за найгіршого сценарію залишаться на рівні 2012-2018 рр.

Отже, прогноз здавався оптимістичний, але і з екологічної точки зору не все так просто, адже викиди хоч можуть і скорочуватися, проте концентрація CO<sub>2</sub> не буде зменшуватися, якщо не прийняти необхідні міри. Також зрозумілі причини скорочень викидів – зменшення джерел надходжень, а це підприємства, фабрики, заводи та інші виробничі об'єкти, що є негативним економічним явищем для регіону в цілому і міста зокрема.

### **3.4. Динаміка зміни температури повітря**

Оскільки завданням кваліфікаційної роботи є встановлення зв'язку між змінами викидів вуглекислого газу та підвищенням температури, то для

цього, крім аналізу самих викидів, звісно, потрібно також проаналізувати й зміни температури в м. Житомир.

Динаміка зміни температури повітря за 2010-2020 рр. представлені на рис. 3.9.



*Рис 3.9. Динаміка зміни температури повітря за 2010-2020 рр. у м. Житомир*

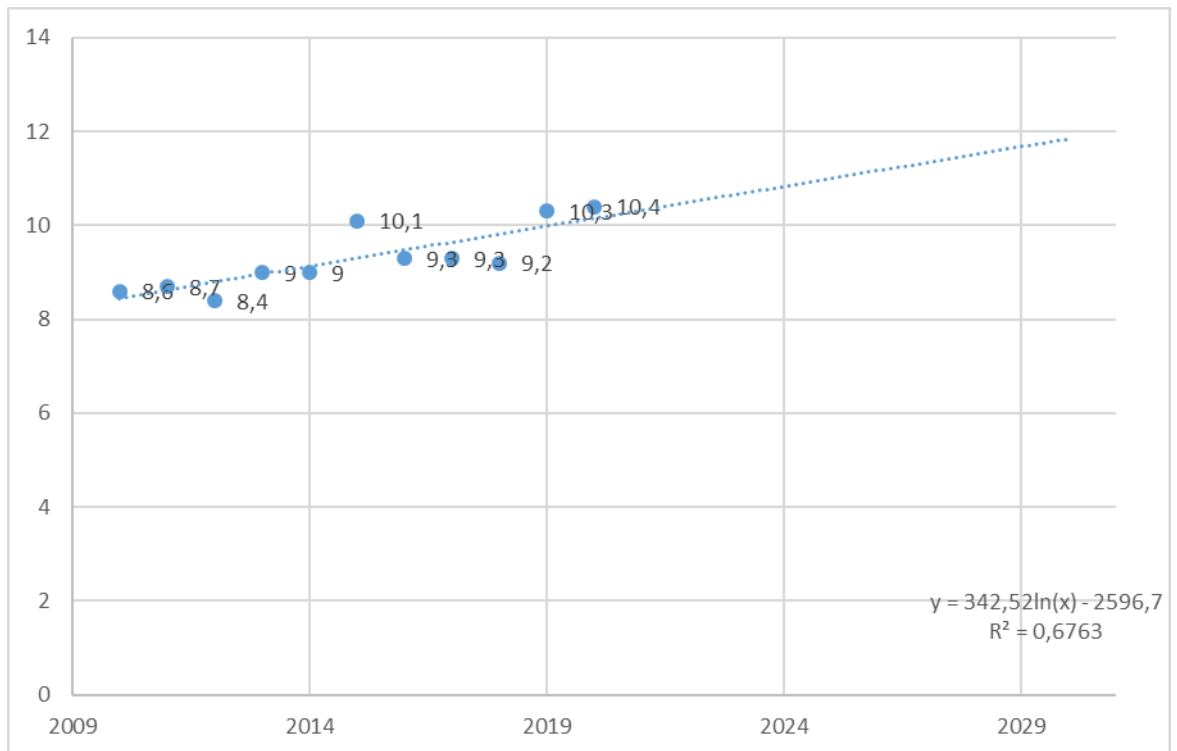
Проаналізуємо гістограму. Середні річні температури в місті Житомир з 1996 року по 2010 коливалися в районі 8,1-9,3°C. У наступні 10 років аномальними за показниками температури були 2015, 2019 та 2020 р.

У всі ці роки температура повітря в середньому за рік була вищою за 10°C. Минулий 2020 рік став рекордно теплим, його середня температура була на 2.9-3.5° вищою, ніж зазвичай і він виявився найтеплішим за всі роки спостережень.

Найбільше відхилення від температурної норми спостерігалось в зимові місяці, а саме в січні та лютому.

Щодо опадів, то їх було в більшості місяців року недостатньо.

Змоделюємо прогноз зміни температури до 2030 року. Для цього використаємо рівняння логарифмічної залежності (рис 3.10).



*Рис 3.10. Прогноз зміни температури повітря до 2030 року*

Згідно прогнозу, як видно на рис. 3.8. за даної динаміки зміни температури до 2030 року середня температура повітря може досягнути позначки у 11,9°C. Це зміна на 1,5-2°C у порівнянні із середніми температурними рівнями. Період у 10 років для такого швидкого зростання температури надто малий. Зрозуміло, що такі зміни можуть негативно вплинути на живі організми в першу чергу.

Для перевірки та порівняння прогностичної моделі використаємо вже знайомий пакет аналізу “Прогноз” та інструмент “Аркуш прогнозу” програми Excel.

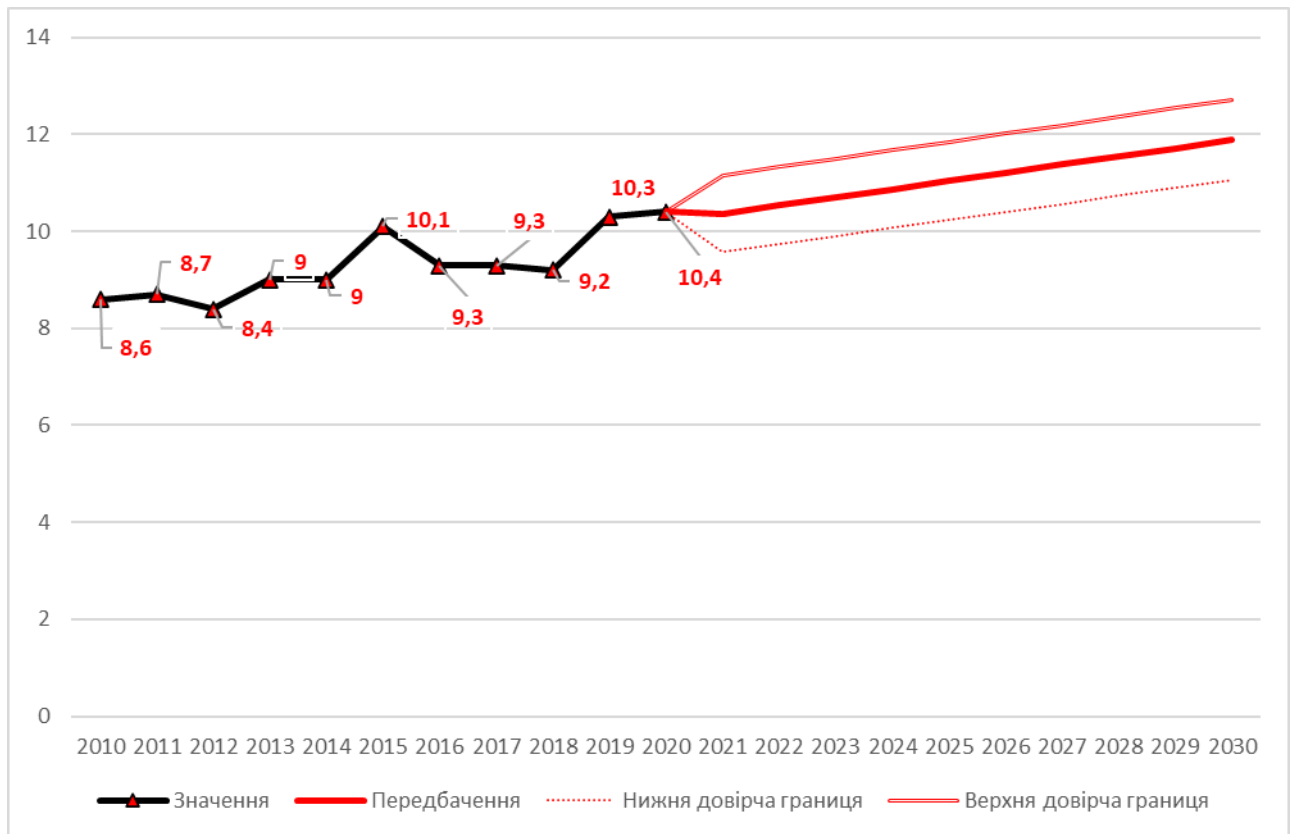
Прогноз так само створимо на період до 2030 року, температурні показники взяті із регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища Житомирської області. Результати подані у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

**Дані прогнозу зміни температури повітря за допомогою пакету  
“Прогноз” програми Excel у м. Житомир до 2030 р.**

| <b>Часова шкала</b> | <b>Значення</b> | <b>Передбачення</b> | <b>Нижня довірча границя</b> | <b>Верхня довірча границя</b> |
|---------------------|-----------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 2010                | 8,6             |                     |                              |                               |
| 2011                | 8,7             |                     |                              |                               |
| 2012                | 8,4             |                     |                              |                               |
| 2013                | 9               |                     |                              |                               |
| 2014                | 9               |                     |                              |                               |
| 2015                | 10,1            |                     |                              |                               |
| 2016                | 9,3             |                     |                              |                               |
| 2017                | 9,3             |                     |                              |                               |
| 2018                | 9,2             |                     |                              |                               |
| 2019                | 10,3            |                     |                              |                               |
| 2020                | 10,4            | 10,4                | 10,40                        | 10,40                         |
| 2021                |                 | 10,36392023         | 9,58                         | 11,15                         |
| 2022                |                 | 10,53293315         | 9,74                         | 11,33                         |
| 2023                |                 | 10,70194606         | 9,91                         | 11,50                         |
| 2024                |                 | 10,87095897         | 10,07                        | 11,67                         |
| 2025                |                 | 11,03997189         | 10,23                        | 11,84                         |
| 2026                |                 | 11,2089848          | 10,40                        | 12,02                         |
| 2027                |                 | 11,37799772         | 10,56                        | 12,19                         |
| 2028                |                 | 11,54701063         | 10,73                        | 12,36                         |
| 2029                |                 | 11,71602355         | 10,89                        | 12,54                         |
| 2030                |                 | 11,88503646         | 11,06                        | 12,71                         |

На основі даних із таблиці 3.5 будуюмо графік прогнозу зміни температури (рис. 3.11).



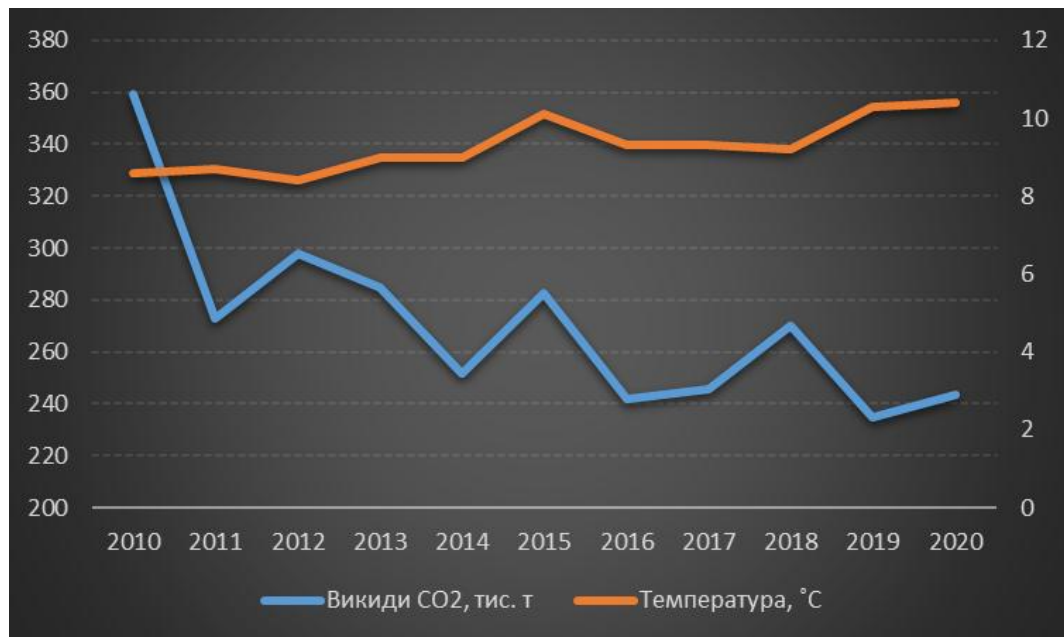
*Рис. 3.11. Прогноз зміни температури повітря у м. Житомир до 2030 р.*

Отже, обидві моделі дали приблизно однакові прогнози щодо зміни температури повітря у м. Житомир до 2030 року. Температура зростатиме і до 2030 року середнє її значення буде близько 12. В першу чергу найбільші зміни у температурах стосуються найхолоднішого місяця (січня) та найтеплішого – липня. Кожен наступний рік оновлюються рекордно спекотні температури влітку, зими стають все м'якшими та безсніжними. Зважаючи на тенденції останніх років прогноз із подальшим поступовим підвищенням температури виглядає цілком правдоподібним.

### **3.5. Зв'язок між температурою та кількістю викидів**

Для запобігання цим змінам в першу чергу потрібно з'ясувати основні причини зростання температури повітря. Саме тому з'ясуємо як викиди вуглекислого газу впливають на зміну температури повітря у м. Житомир.

Спершу проведемо порівняння між динамікою зміни рівнів викиду CO<sub>2</sub> та динамікою зміни температури у місті Житомир у період з 2010 по 2020 роки (рис. 3.12).



*Рис. 3.12. Динаміка змін викидів вуглекислого газу та температури повітря у м. Житомир за 2010-2020 рр.*

Отже, з графіків можна помітити цікаву закономірність: коли відбувається різке збільшення викидів вуглекислого газу, наступний рік стає помітно теплішим. Вуглекислий газ акумулюється в атмосфері, тобто його кількість зростає не лише через постійне збільшення викидів, а взагалі при їх присутності. При постійному надходженні, концентрація вуглекислого газу у атмосфері зростає. А це в свою чергу збільшує кількість часток у атмосфері, які здатні уловлювати та утримувати тепло у середині атмосфери, у тропосфері, не дозволяючи йому виходити назад у космічний простір. Відповідно, і через це температура поступово, але впевнено збільшується. Цей процес помітний і на локальному рівні, як ось у межах міста, у нашому випадку міста Житомир. Звичайно, на зміну температури впливають дуже багато факторів, і навіть серед впливу парникових газів, вуглекислий газ не єдиний. Але більшість цих факторів не є довготривалими, і впливають переважно на погоду, а не глобально на клімат.

## ВИСНОВКИ

1. Зміна клімату є однією із найбільших екологічних проблем сучасності. Головним чинником зміни клімату, глобального потепління та підвищення температури, посиляючись на численні дослідження та експерименти, прийнято вважати надмірну концентрацію парникових газів у атмосфері Землі. Серед цих парникових газів найбільший вплив має вуглекислий газ.

2. Для розуміння величини впливу вуглекислого газу на зміни температури повітря було проаналізовано дані за 10 років. Дослідивши динаміку викидів вуглекислого газу у Житомирській області, встановлено, що найбільше було їх у 2015 р., а найменше – у 2019 р. За період з 2013 по 2020 роки викиди дещо скоротилися, і така тенденція не лише у Житомирській області, а й по Україні загалом.

3. Порівняльна характеристика рівнів викидів вуглекислого газу у атмосферне повітря по районах Житомирської області показала, що найбільше викидів CO<sub>2</sub> продукував Новоград-Волинський район, другим є Житомирський. Найменші ж викиди у Пулинському, Брусилівському, Коростишівському та Лугинському районах. Викиди вуглекислого газу у атмосферне повітря у великих містах Житомирської області значно більші, ніж у районах загалом. Найбільше цих викидів у місті Житомир. Саме тому це місто і було доцільно розглядати для проведення дослідження.

4. Встановлено, що найбільше продукує вуглекислого газу переробна промисловість – 46 % від всіх викидів по області за 2020 р; постачання електроенергії, газу пари та кондиційованого повітря – 30 % від всіх викидів. Найменше ж вуглекислого газу утворюється у сфері будівництва – менше 1 %, охорони здоров'я, спорту, розваг та відпочинку; оптової та роздрібною торгівлі; водопостачання – у всіх близько 1 % від загальних викидів по області. Серед підприємств міста найбільше викидів вуглекислого газу у КП "Житомиртеплокомуненерго" Житомирської Міської Ради. За 2020 рік



викиди забруднюючих речовин становили 226,67 т/рік (2% від загальних викидів області).

5. Було складено прогноз подальших викидів вуглекислого газу у м. Житомир за даних тенденцій до 2030 року. Згідно прогнозу, викиди поступово скорочуватимуться і до 2030 р. будуть становити менше 200 тис. т.

6. Динаміка зміни температури у м. Житомир вказує на поступове її підвищення, з різкими річними змінами. 2019 і особливо 2020 роки стали аномально спекотними, схожа ситуація була і у 2015 році. Середні температури зросли на 1,5-2°C.

7. Після проведення прогнозування зміни температури до 2030 року, стає зрозуміло, що температура буде зростати, і на 2030 рік середнє її значення становитиме вже 11,5-12 °С.

8. Після побудови графіків динаміки змін викидів вуглекислого газу у атмосферне повітря та змін температури повітря у одній площині, спостерігається закономірність зв'язку, яка полягає у тому, що різке збільшення викидів вуглекислого газу чергується збільшенням температури наступного року. Особливо добре це прослідковується у зимовий період, коли всупереч загальним метеорологічним прогнозам, температура є вищою.

9. Дослідження показало, що зв'язок між величиною викидів вуглекислого газу та зростанням температури існує. Оцінити його силу все ж складно, так як на зміну температури впливають безліч факторів, та їх поєднань. Однак безпосередній вплив і важлива роль у зміні клімату та температури вуглекислого газу беззаперечна.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Результат даного дослідження є черговим доказом безпосереднього впливу вуглекислого газу на зміни клімату та глобальне потепління. Саме тому подальші рекомендації будуть стосуватися всіх підприємств, заводів, фабрик, організацій та установ міста, в результаті діяльності яких утворюються викиди вуглекислого газу. В першу чергу це стосується підприємств галузі енергетики, так як вона найбільше продукує вуглекислого газу.

Підтвердженням цього є котельні міста Житомир КП “Житомиртеплокомуненерго”, які є найбільшим джерелом забруднення, тому рекомендації в першу чергу стосуватимуться саме цього підприємства. Так як у найближчі роки повноцінної альтернативи котельням немає, потрібно провести екологізацію їх процесів.

Результати даного дослідження можна використати як черговий доказ у серйозності впливу викидів вуглекислого газу на глобальну зміну клімату. Так як Україна ратифікувала Паризьку угоду 2015 року, до вже до 2030 року зобов’язалася скоротити викиди парникових газів на 40% від рівня 1990 р. Прогноз викидів у м. Житомир складено саме з урахуванням мети даної угоди також до 2030 року. У місті є хороша тенденція екологізації різних галузей, в тому числі і енергетики, як приклад будівництво малоemisійної ТЕЦ, станції, яка в майбутньому якраз і має стати тією самою альтернативою традиційним котельням.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Приходько М.М. Екологічна безпека природних і антропогенно модифікованих геосистем : монографія. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2013. 201 с.
2. Вуглекислий газ і парниковий ефект атмосфери : (екол., біохім. та мікробіол. аспекти) / Л. І. Сологуб, Г. Л. Антоняк, Г. О. Богданов [та ін.]. Л. : ПАІС, 2016. 275 с.
3. Рамкова конвенція ООН про зміну клімату. *UNFCCC Sites*: веб-сайт. URL: <https://unfccc.int>.
4. Танення Льодовиків – Результати, Наслідки Та Причини, Фото І Відео | Проблема Танення Льодовиків. *Микола Світалінський*: веб-сайт. URL: <https://nrv.org.ua/tanennya-lodovykiv-rezultaty-naslidky-ta-prychyny-foto-i-video/>. (дата звернення 23.09.21).
5. Sarah Fecht. How Exactly Does Carbon Dioxide Cause Global Warming? Cologne. February 25, 2021.
6. Потепління на Землі бували й раніше. Чому нинішнє – зовсім інше? URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/news-49138097>.
7. Можливі наслідки зміни клімату. URL: <http://climatechange.ne/node/119>.
8. Адаменко О. М. Розвиток Землі та історія біосфери: Мій дім Україна : Т. 2. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2006. С. 125-177.
9. Humans Pump 100 Times More CO<sub>2</sub> Into the Atmosphere Than All the Volcanoes in the World Combined. URL: <https://www.newsweek.com/humans-co2-volcano-eruptions-1462610>.
10. Jason West. Climate explained: why carbon dioxide has such outsized influence on Earth's climate. September 13, 2019: веб-сайт. URL: <https://theconversation.com/climate-explained-why-carbon-dioxide-has-such-outsized-influence-on-earths-climate-123064/>.

11. NASA Global Climate Change. NASA: веб-сайт. URL: <https://climate.nasa.gov/evidence/>
12. Columbia Climate School. State of the planet. 2021. P.137-145.
13. Summary of the Doha Climate Change Conference. URL:: <http://www.iisd.ca/download/pdf/enb12567e.pdf>.
14. Badrinarayana D. Three climate crises. *Case Western Journal of International Law*. 2011. Vol. 44. P. 1–7.
15. Coninck de H. International Technology-Oriented Agreements to Address Climate Change. *Energy Policy*. 2008. Vol. 36. № 1. P. 335–356.
16. The Asia-Pacific Partnership. URL: [http://www.asiapacificpartnership.org/pdf/translated\\_versions/pdf](http://www.asiapacificpartnership.org/pdf/translated_versions/pdf).
17. About the CSLF. URL: <http://www.cslforum.org/index.html>.
18. Global Methane Initiative. URL: <https://www.globalmethane.org/gmi.html>.
19. Єремєєв В. Регіональні аспекти глобальної зміни клімату. *Вісник НАН України*. 2018. № 2. С. 14-19.
20. Henderson, Conway W. Understanding international law. Wiley-Blackwell, 2010. 488 p.
21. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. URL: [http://ipcc.ch/publications\\_and\\_data](http://ipcc.ch/publications_and_data).
22. Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia. World Bank, 2009. 116 p.
23. IPCC Special Report in Emissions Scenarios (SRES). IPCC, 2000. Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.). University Press, UK. pp 570.
24. IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations with a Summary for Policy Makers and a Technical Summary. 1994 – T. R. Carter, M. L. Parry, H. Harasawa, S. Nishioka. Department of Geography, University College London, UK and the Center for Global environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Japan. pp 59.

25. UNDP on behalf of the Global Environment Facility. Adaptation Policy Frameworks (APF) for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures. URL: <http://www.undp.org/climatechange/adapt>.

26. Заморока А. М. Сонячна активність і глобальні похолодання // Станіславівський натураліст, 17.VIII.2012. веб-сайт. URL: <http://www.naturalist.if.ua/?p=5364>.

27. Заморока А. М. Глобальні потепління: яка їх природа? // Станіславівський натураліст, 17.VIII.2012. URL: <http://www.naturalist.if.ua/?p=5364>.

28. What's in a Name? Global Warming vs. Climate Change. NASA. Процитовано 23 July 2011. веб-сайт. URL: [https://www.nasa.gov/topics/earth/features/climate\\_by\\_any\\_other\\_name.html](https://www.nasa.gov/topics/earth/features/climate_by_any_other_name.html).

29. Glossary – Climate Change. Education Center – Arctic Climatology and Meteorology. NSIDC National Snow and Ice Data Center.; Glossary, in IPCC TAR WG1, 2018. P.36.

30. Фейген, Б. Велике потепління: зміна клімату та піднесення й гибель цивілізацій / пер. з англ. Т. Цимбала. Київ : Ніка-Центр, 2016. 272 с.

31. Бабич, А. О. Засуха, суховій і пилова буря в період глобальних змін клімату. Т. 1. Вінниця : Діло, 2014. 468 с.

32. Моніторинг природокористування та стратегія реабілітації порушених річкових і озерних екосистем : навч. посіб. для студ. ВНЗ / Й. В. Гриб [та ін.]. Рівне ; Вінниця : Вид. Рогальська І. О., 2015. 486 с.

33. Енергоефективність та відновлювальна енергетика в Україні: проблеми управління: монографія / за заг. ред. І. М. Сотник. Суми : Університетська книга, 2020. 247 с.

34. Сегеда, М. С. Нетрадиційні та відновлювані джерела електроенергії: навч. посіб. / М. С. Сегеда, М. Й. Олійник, О. Б. Дудурич. Львів : Львівська політехніка, 2019. 204 с.

35. Сиротюк С. В., Боярчук В. М., Гальчак В. П. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру : навч. посіб. для студ. ВНЗ. Львів : Магнолія 2006, 2018. 182 с.

36. Скриник, О. А. Просторова інтерполяція кліматологічних даних з урахуванням топографічних та фізико-географічних особливостей території України. *Укр. геогр. журн.* 2020. № 2. С. 13–19.

37. Що далі? Все, що наука знає про наше майбутнє / за ред. Джима Аль-Халілі ; пер. з англ. Микола Климчук. Київ : Кі Фанд Медіа, 2018. 248 с.