

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Природничий факультет
Кафедра ботаніки та екології

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри

(підпис) (прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 20 ____ р.

Реєстраційний № _____
« ____ » _____ 20 ____ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**ВУГЛЕЦЕВИЙ БАЛАНС КРИВОГО РОГУ: ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА,
ЗАХОДИ З РЕГУЛЮВАННЯ**

Студентки групи ЕКО-20
природничого факультету
спеціальності 101 Екологія
Товстухи Діани Ігорівни

Керівник: к.б.н., доцент кафедри
ботаніки та екології Євтушенко Е. О.

Оцінка:
Національна шкала

Шкала ECTS _____ Кількість балів

Члени комісії:

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Товстуха Діана Ігорівна, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і тестів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

ЗМІСТ	с.
ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ВУГЛЕЦЕВИЙ ЦИКЛ: ХАРАКТЕРИСТИКИ, БАЛАНС, ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ.....	7
1.1 Вуглець як елемент життя.....	7
1.2 Кругообіг вуглецю.....	9
1.3 Баланс вуглецевого циклу.....	13
Висновки до розділу 1.....	15
РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	17
2.1 Загальні відомості про об’єкт та методи дослідження.....	17
2.2 Стан атмосферного повітря Кривого Рогу.....	19
2.3 Якість атмосферного повітря та розбудова автоматизованої системи моніторингу в місті Кривий Ріг.....	23
Висновки до розділу 2.....	26
РОЗДІЛ 3. Вуглецевий баланс Кривого Рогу: екологічна оцінка, заходи з регулювання.....	27
3.1 Оцінка поглинання вуглецю основними типами рослинних угруповань Кривого Рогу.....	27
3.2 Оцінка емісії вуглецю від стаціонарних та пересувних джерел Кривого Рогу.....	30
3.3 Результати розрахунку вуглецевого балансу Кривого Рогу.....	43
3.4 Заходи з регулювання вуглецевого балансу Кривого Рогу.....	43
Висновок до 3 розділу.....	46
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	50

ВСТУП

Актуальність. Атмосферне повітря являється одним з важливих компонентів довкілля, якість якого впливає на існування людей, тварин та рослин. З кожним днем зростає негативний антропогенний вплив на атмосферне повітря. Масштаби забруднення набули загрозливого характеру, що призводить до захворюваності та підвищення ризику смертності населення.

У сучасний період увага громадськості та наукової спільноти привернута до кліматичних та екологічних наслідків надходження в атмосферу забруднюючих речовин, антропогенні навантаження яких постійно зростають і призводять до їх накопичення в атмосферному повітрі. Серед основних забруднювальних речовин найбільше у повітря викидається оксиду вуглецю (CO), що надходить як від стаціонарних джерел (викиди підприємств), так і пересувних (вихлопні гази автомобілів). Природними джерелами надходження цієї сполуки є фотохімічне окиснення вуглеводнів, лісові та степові пожежі. Тривалість його перебування в атмосфері може досягати чотирьох місяців.

Проблема забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю гостро стоїть у промислових містах, оскільки вплив стаціонарних та пересувних джерел формують його значну просторово-часову мінливість. Сучасні зміни потужності викидів вимагають проведення досліджень змін у динаміці оксиду вуглецю та оцінки стану забруднення у містах України.

Для урбоекосистем знати вуглецеву ємність території важливо ще й з таких причин як збільшення комфортності проживання мешканців міста, забезпечення чистоти повітря, поглинання викидів вуглекислого газу від стаціонарних та пересувних джерел забруднення. Підвищення концентрацій оксиду вуглецю вказує на необхідність постійного проведення моніторингу, а також заходів з охорони атмосфери.

Мережа моніторингу забруднення атмосферного повітря в Україні розташована у промислових містах, тому пости спостережень

характеризують саме забруднення повітря від промисловості та автотранспорту. Однак дана система вважається застарілою, а результати моніторингу не надають об'єктивну інформацію про якість атмосферного повітря, що в свою чергу унеможливило прийняття ефективних управлінських рішень. Особливого загострення дана ситуація набула з початком повномасштабних бойових дій. Починаючи з 24 лютого 2022 року у результаті бойових дій в атмосферне повітря потрапило близько 1,2 мільйона тон забруднюючих речовин, включаючи 430 тисяч тон оксиду вуглецю, 700 тисяч тон пилу та 40 тисяч тон неметанових летких органічних сполук, а також значна кількість важких металів та інших шкідливих речовин. Потрапляння такої кількості забруднюючих речовин має катастрофічні наслідки для екосистем, а також життя та здоров'я населення [35].

В даній ситуації особливо важливим є удосконалення державного управління у сфері охорони атмосферного повітря. Всі вище зазначені обставини свідчать про необхідність проведення моніторингу атмосферного повітря, дослідження надходження та поглинання вуглецю, а також виявлення його балансу, задля розроблення системи заходів зі зменшення його кількості в атмосфері та розроблення системи управління цими процесами.

Мета роботи – аналіз вуглецевого циклу, його екологічна оцінка та можливості регулювання.

Завдання роботи

1. Охарактеризувати складові вуглецевого циклу.
2. Оцінити кількість викидів вуглецю від пересувних і стаціонарних джерел в межах м.Кривий Ріг.
3. Здійснити оцінку поглинання вуглецю зеленими насадженнями м.Кривий Ріг.
4. Визначити вуглецевий баланс міста Кривий Ріг.
5. Сформулювати можливі заходи з регулювання вуглецевого балансу Кривого Рогу.

Об'єктом дослідження є вуглецевий баланс м. Кривий Ріг.

Предметом дослідження є надходження вуглецю від стаціонарних і пересувних джерел та його поглинання зеленими насадженнями міста.

Методологічною основою роботи є загальнонаукові методи - спостереження, аналіз, синтез та методи аналізу статистичних даних з подальшим їх узагальненням, емпіричні методи дослідження з подальшими пропозиціями щодо регулювання вуглецевого балансу.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати можуть бути використані при розробці системи заходів з формування нульового вуглецевого балансу м. Кривий Ріг.

Результати дослідження апробовані на міжнародній конференції «Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування» [38].

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків загальних та до розділів, списку використаних джерел.

Кваліфікаційна робота викладена на 54 аркушах, містить 5 таблиць та 1 рисунок. Список використаної літератури містить 38 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ВУГЛЕЦЕВИЙ ЦИКЛ: ХАРАКТЕРИСТИКИ, БАЛАНС, ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

1.1 Вуглець як елемент життя

Вуглець (Carboneum) C – хімічний елемент, атомний номер 6. Відносна атомна маса 12,011, електронегативність: 2,6; температура плавлення 3550° C (згоряє), температура кипіння 4800°С, густина (графіт) – 2,25 г/см³ . Кількість власних мінералів вуглецю – 112; дуже велика кількість органічних сполук вуглецю – вуглеводнів та їх похідних. Безбарвний, має кислуватий смак і запах. Є кінцевим продуктом окиснення вуглецю, не горить, не підтримує горіння і дихання. Токсична дія вуглекислого газу виявляється при його вмісті в повітрі 3-4 % і полягає в подразненні дихальних шляхів, запамороченні, головному болі, шумі у вухах, психічному збудженні, непритомному стані [1].

Вуглець знаходиться в природі як у вільному стані так і у вигляді сполук. Основними формами вуглецю у біосфері є:

- 1) карбонати біогенного походження (потужні органогенні вапняки);
- 2) вуглекислий газ (CO₂), який є циркулюючою формою неорганічного вуглецю;
- 3) особлива форма органічного вуглецю – каустобіоліти (вугілля, горючі сланці та ін.);
- 4) вуглецевмісні сполуки, які входять до складу живої речовини.

Вуглець – дуже важливий біогенний елемент, який є основою життя на Землі, структурна одиниця величезної кількості органічних сполук, що беруть участь у побудові організмів та забезпеченні їхньої життєдіяльності. Значна частина необхідної для організмів енергії утворюється в клітинах за рахунок окиснення вуглецю. Виникнення життя на Землі розглядається сучасною наукою як складний процес еволюції вуглецевих сполук.

Унікальна роль вуглецю в живій природі зумовлена його властивостями, яких у такому поєднанні не має жоден елемент періодичної

системи. Між атомами вуглецю, а також між вуглецем та іншими елементами, утворюються міцні хімічні зв'язки, які, проте, можуть бути розірвані за порівняно м'яких умов. Ці зв'язки можуть бути одинарними, подвійними та потрійними. Здатність вуглецю утворювати чотири рівнозначні валентні зв'язки надає можливість для побудови вуглецевих скелетів різних типів – лінійних, розгалужених, циклічних.

Показово, що всього три елементи – вуглець, кисень та водень – складають 98% загальної маси живих організмів. Цим досягається певна економність в живій природі: при практично безмежному структурному різноманітті вуглецевих сполук невелика кількість типів хімічного зв'язку дозволяє набагато скоротити кількість ферментів, необхідних для розщеплення і синтезу органічних речовин. Особливості будови атома вуглецю лежать в основі різних видів ізомерії органічних сполук. Здатність до оптичної ізомерії виявилася вирішальною в біохімічній еволюції амінокислот, вуглеводів і деяких алкалоїдів.

Маса діоксиду вуглецю в атмосфері оцінюється цифрою 400 млрд. тон. В процесі вивітрювання та фотосинтезу щороку з атмосфери поглинається понад 800 млн. тон CO_2 . Частина вуглецю у вигляді CO_2 повертається в атмосферу при розкладанні рослин, а інша частина накопичується у вигляді мертвої органіки, наприклад, покладів вугілля і торфу, продуктів процесу фотосинтезу рослин минулих геологічних епох.

Основна маса вуглецю акумульована в карбонатних відкладах дна океану ($1,3 \cdot 10^{16}$ т), кристалічних породах ($1,0 \cdot 10^{16}$ т), кам'яному вугіллі і нафті ($3,4 \cdot 10^{15}$ т). Саме цей вуглець бере участь у повільному геологічному колообігу.

Життя на Землі і газовий баланс атмосфери підтримуються відносно невеликою кількістю вуглецю, що бере участь у малому колообігу і міститься в тканинах рослин ($5 \cdot 10^{11}$ т) і тварин ($5 \cdot 10^9$ т). Органогенні породи (біоліти) поділяються на дві групи – каустобіоліти (горючі копалини) і акаустобіоліти (негорючі породи: крейда, вапняк, корали).

У природі вуглець зустрічається й у вільному стані, і у вигляді сполук – головним чином солей вугільної кислоти (крейда, вапняк, мармур). Багато вуглецю містять кам'яне і буре вугілля, торф. Вуглець входить до складу нафти, природного газу, повітря, рослин, організму людини і тварин. На відміну від кисню й азоту, вуглець при звичайних умовах, крім вуглецевих каркасних структур, не утворює молекул, у нього атомні кристалічні ґратки, що пов'язано з чотиривалентністю вуглецю. Різні способи утворення атомами вуглецю чотирьох зв'язків обумовлюють існування різних алотропних модифікацій з дуже різними фізичними властивостями. Порядок взаємного розташування атомів вуглецю в цих речовинах істотно різний [2].

1.2 Кругообіг вуглецю

Біосфера розвивалася не в статичному неорганічному світі. Живий світ радикально перетворив первинну безживну Землю, поступово змінюючи склад атмосфери, моря і верхніх шарів земної кори на суші та під океаном. Кругообіг вуглецю в біосфері (рис. 1) відбиває загальну глобальну взаємодію живих організмів у їх фізичному і хімічному середовищі.

Розуміння взаємозв'язку між кліматом та обміном вуглецю в наземних екосистемах має вирішальне значення для прогнозування майбутніх рівнів вуглекислого газу в атмосфері через потенційні прискорювальні ефекти позитивних зворотних зв'язків між кліматом та вуглецевим циклом [3].

Кругообіг починається з фіксації атмосферного діоксиду вуглецю в процесі фотосинтезу (у рослинах і деяких мікроорганізмах). Частина вуглеводів, що утворилися, використовується самою рослиною для одержання енергії. При цьому діоксид вуглецю (продукт реакції) йде через листя або корені рослини. Частина фіксованого рослинами вуглецю споживається тваринами, які одержують його з їжею і теж виділяють його при диханні у вигляді вуглекислого газу. Мертві рослини і тварини розкладаються мікроорганізмами ґрунту, вуглець їх тканин окислюється до двооксиду і повертається в атмосферу. Подібний же кругообіг вуглецю існує

і в океані. Ще не встановлено, який із кругообігів – океанічний або наземний – охоплює більш значні кількості вуглецю.

Сумарна маса живої органічної речовини, що підтримується в результаті фотосинтезу в зелених рослинах, відома тільки приблизно. Не викликає сумнівів, що основна частина цієї маси складається саме з рослин (маса тварин складає малу частку загальної кількості речовини живих організмів) і що в загальній масі рослин переважають дерева. У зв'язку з цим планетарна величина біомаси значною мірою визначається поширенням лісів на континентах.



Рисунок 1. Загальна схема колообігу вуглецю [3]

Ліси не тільки основні споживачі діоксиду вуглецю на суші, але і головний резервуар біологічно зв'язаного вуглецю (400–500 млрд.т, не враховуючи горючих копалин, що випали з кругообігу, хоча частина накопиченого в них вуглецю людина повертає в повітря, спалюючи їх).

Можна вважати, що середній час кругообігу вуглецю в земних організмах дорівнює 10–17 рокам і близький до аналогічного показника для атмосфери.

Загальна кількість біомаси для континентів приблизно дорівнює $3 \cdot 10^{18}$ г. Кількість вуглецю в наземних рослинах складає $0,83 \cdot 10^{18}$ г, що відповідає масі сухої органічної речовини близько $2 \cdot 10^{18}$ г.

Значна кількість вуглецю міститься в продуктах розпаду живих організмів на континентах – $1,1 \cdot 10^{18}$ г. Маса вуглецю в атмосфері порівнянні з масою вуглецю в живих організмах і продуктах їх розпаду на континентах.

Але рослини не тільки поглинають діоксид вуглецю. Їх ріст – це ланцюг хімічних процесів і перетворень, для яких потрібна енергія. Рослини одержують її в результаті реакцій, в яких для вивільнення енергії, накопиченої за рахунок фотосинтезу, використовується атмосферний кисень (з повітря або розчинений у воді). Цей процес, при якому вивільняється діоксид вуглецю, називається диханням. Дихання відбувається безупинно, але особливо воно помітне вночі, коли фотосинтез припиняється. Виділення діоксиду вуглецю при диханні відбувається не тільки у рослин, але й у будь-яких живих істот, включаючи більшість бактерій.

На фотосинтез йде діоксиду вуглецю більше, ніж його виділяється при диханні, тобто частина CO_2 фіксується в рослинах. За рік на поверхні суші це складає 20–30, а в океанах – 40 млрд. тон вуглецю.

Вуглець, який фіксується в процесі фотосинтезу на суші, рано чи пізно повертається в атмосферу при розкладанні мертвої органічної речовини, що окислюється в ґрунті в ході численних складних процесів.

У вологих тропічних лісах, які швидко ростуть, за рік на 1 м^2 землі фіксується від 1 до 2 кг вуглецю (у формі діоксиду). Це приблизно дорівнює

кількості діоксиду вуглецю в стовпі повітря площиною 1 м^2 , що доходить до меж атмосфери. А в арктичній тундрі й у майже безплідних пустелях фіксується близько 1% цієї кількості CO_2 [4].

Шляхи кругообігу вуглецю в морі суттєво відрізняються від його шляхів на суші. У воді мертві організми, опускаючись вглиб, швидко розкладаються. Незабаром те, що було живим, перетворюється в розчинену органічну речовину і залишається в глибинах сторіччями.

Кругообіг, який відбувається в океані, в основному автономний. Діоксид вуглецю, розчинений у морській воді, засвоюється фітопланктоном, а кисень іде в розчин. Зоопланктон і риби споживають вуглець, зафіксований фітопланктоном, а кисень використовують при диханні. У результаті розкладання органічних речовин у воду повертається діоксид вуглецю, засвоєний фітопланктоном.

На створення органічної речовини щорічно витрачається близько $300 \cdot 10^{15}$ г вуглекислого газу, тобто більше 10% кількості CO_2 , що утримується в атмосфері. Майже вся ця маса повертається в атмосферу і гідросферу в результаті окислення організмів і продуктів їх життєдіяльності.

Важливо підкреслити, що цикл кругообігу вуглецю в результаті створення органічної речовини цілком замкнутий. Із загальної маси органічного вуглецю, який поглинають щорічно рослини, тільки дуже невелика частина переходить у літосферу і виходить з цього круговороту.

Деяка частина органічного вуглецю повертається в атмосферу при окислюванні організмів і продуктів їх життєдіяльності у вигляді метану CH_4 і чадного газу CO . Метан утворюється в основному в болотних районах, на затоплених рисових полях і, може бути, в океанах. Метан, що надійшов в атмосферу, досить швидко окислюється і перетворюється в оксид вуглецю. До цього джерела окису вуглецю додається відносно невелика кількість CO , що безпосередньо утворюється при розкладанні організмів і спалюванні палива. Оксид вуглецю у свою чергу окислюється і перетворюється у CO_2 [5].

Загально визнано, що біогеохімічний цикл вуглецю порушений в біосфері надто сильно. Багато галузей промисловості, зокрема металургія, хімічна і нафтохімічна промисловість, промисловість будівельних матеріалів утворюють як побічні продукти значні кількості оксидів вуглецю. Знищення більшої частини поверхні і біомаси лісів, мінералізація лісових підстилок, окислення гумусу орних ґрунтів і осушення торф'яників також призводить до значних надходжень діоксиду вуглецю в атмосферу в кількостях, співставних з надходженнями внаслідок промислової діяльності. З розкладенням органічних сполук вуглецю у формі діоксиду зв'язані також інтенсивні риболовлі, китобійний промисел, полювання і т.п.

1.3 Баланс вуглецевого циклу

Глобальний цикл вуглецю складається з трьох основних компонентів: океанічний, наземний та атмосферний.

Найбільшим резервуаром вуглецю є океан. Так, за оцінками Ф.Транса [5], у Світовому океані зосереджено 38000 Гт С, в той час як на суходолі лише 2000 Гт (1500 Гт — С ґрунту; 500 — С рослин), а в атмосфері — 730 Гт С. Причому особливістю даного циклу є те, що майже весь вуглець при переході з суходолу в океан, та навпаки, потрапляє через атмосферу. Тобто атмосферу можна розглядати як зв'язкову ланку.

Природний баланс С встановлювався протягом мільйонів років як результат еволюції нашої планети, і коливання в ньому були незначними. Проте в останні десятиріччя цей баланс порушився. Концентрація CO_2 в атмосфері почала інтенсивно збільшуватися, що пов'язують з активною діяльністю людини, це спричинило істотне зростання вмісту вуглекислого газу, зумовленого індустріальним забрудненням, в атмосфері.

Діяльність людини впливає на цикл С як безпосередньо (при спалюванні органічного палива законсервованій природою вуглець вивільняється), так і опосередковано (через вирубку лісів, знищення природних екосистем), що, головним чином, значно знижує надходження

CO₂ з атмосфери. З урахуванням того, що рослинний покрив є основним поглиначем вуглекислого газу, даний фактор є принаймні рівним, а, можливо, і більш істотним, ніж прямий вплив.

Витіснюючи природні угруповання рослин і замінивши їх сільськогосподарськими угіддями, людина зменшила продукцію природної біоти на 10%, що дорівнює 50 Гт вуглецю, тобто ~ 7% загального вмісту його в атмосфері. Збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері для рослин до певної міри не несе шкоди. У той час як надмірне зростання може мати негативні наслідки при інверсії зворотного зв'язку між біопродуктивністю та вмістом вуглекислого газу: з негативного в позитивний [6].

Так, при збільшенні концентрації вуглекислого газу ріст рослин спочатку прискорюється, а потім (при концентрації, що в 2 рази перевищує сучасну) рослини починають пригнічуватися, продуктивність рослинного покриву знижується. Даний фактор потрібно враховувати особливо при оцінці кругообігу вуглецю біосфери в цілому. Не виключено, що при значному зростанні вмісту вуглекислого газу в атмосфері продуктивність рослин почне знижуватися, і, як результат, прискориться зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері, що призведе до ще більшого зниження їх біопродуктивності. А це зумовить подальше його зростання. Такий процес знаходиться у фазі постійного розвитку, що призводить до втрати стійкості біосфери

Отже, на сьогодні актуальною проблемою залишається визначення показників балансу вуглецю з метою з'ясування тенденцій, які відзначаються в біосфері в цілому. Останні технологічні досягнення призвели до появи безлічі підходів до вимірювання потоків вуглецю у різних часових та просторових масштабах. Ці підходи часто охоплюють різні компоненти чистого вуглецевого балансу в екосистемах і тому їх можна порівнювати в різних масштабах лише ретельним зазначенням потоків, включених до вимірювання. Чітко визначивши потоки, що становлять чистий баланс та

інші компоненти циклу вуглецю, такі як чистий екосистемний обмін та чисте виробництво біомів, можливо надати менш двозначну основу для розуміння та інформування про нещодавні зміни в глобальному циклі вуглецю. На глобальному рівні питання вуглецевого сліду вирішують природоохоронні організації найбільшою з яких є ООН. У 2019 році урядом України було прийнято рішення щодо приєднання до Європейського Зеленого Курсу (ЄЗК), у рамках якого країни учасниці до 2050 повинні вийти на від'ємний рівень вуглецевого балансу [7].

Серед найвідоміших заходів найвищого рівня вважається МК «Наука про вугілля» — International Conference on Coal Science (ICCS); Міжнародна вуглецева конференція «Carbon»; Міжнародна геологічна конференція «Coal Geology Conference»; світові кліматичні переговори COP26 (англ. 26th UN Climate Change Conference of the Parties) та інші.

Висновки до розділу 1

У даному розділі розглянуто вуглець та його властивості. Встановлено місцезнаходження вуглецю в об'єктах живої та неживої природи. Доведено, що вуглець є важливим біогенним елементом, який є основою життя на Землі, окрім того він являється структурною одиницею величезної кількості органічних сполук, що беруть участь у побудові організмів та забезпеченні їхньої життєдіяльності.

Кругообіг вуглецю в біосфері відбиває загальну глобальну взаємодію живих організмів у їх фізичному і хімічному середовищі. Даний процес починається з фіксації атмосферного діоксиду вуглецю в процесі фотосинтезу і закінчується розкладанням решток живих організмів. Циклічність процесу показана на рисунку 1.

Встановлено, що на природний цикл вуглецю значною мірою впливає діяльність людини як безпосередньо (при спалюванні органічного палива законсервованій природою вуглець вивільняється), так і опосередковано (через вирубку лісів, знищення природних екосистем), що, головним чином,

значно знижує надходження CO₂ з атмосфери. Результати таких дій мають загрозливий характер, що призводить до погіршення якості природних систем та як наслідок, до захворюваності та підвищення ризику смертності населення.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальні відомості про об'єкт та методи дослідження

Кривий Ріг — місто в Україні, у Дніпропетровській області, адміністративний центр Криворізького району та Криворізької міської громади. Сьоме за населенням та друге за площею місто країни. Населення станом на 2023 рік становить 646 748 мешканців. Є найдовшим містом Європи: лінійна довжина міста (відстань між крайніми південною та північною точками на межі міста) становить 66,1 км [8].

Адміністративний поділ Кривого Рогу наступний:

райони: Металургійний (Рис.3.1), Довгинцівський, Покровський, Інгулецький, Саксаганський, Тернівський, Центрально-Міський.

Селища: Авангард, Гірницьке, Коломійцеве.

Села: Новоіванівка, Тернуватий Кут.

Водні ресурси Криворіжжя представлені водами рік і штучних водоймищ, підземними водами кількох водоносних горизонтів. Водні ресурси поверхневих водних об'єктів використовуються через значне регулювання поверхневого стоку (на р. Саксагань і р. Інгулець). На ріках, у балках та подах Кривбасу створено 5 водосховищ і понад 100 ставків.

Клімат степовий, атлантично-континентальний, спекотне посушливе літо, помірно м'яке з частими відлигами зима. Середньорічна температура повітря становить +8,5°C. Середня температура повітря у липні +22,2°C, у січні – -5,1°C. Тривалість безморозного періоду 175 днів.

Криворіжжя відноситься до посушливих районів України, кількість атмосферних опадів 400-450 мм/рік (з максимумом на початку літа). Пересічний річний показник відносної вологості повітря 72%.

Місто має потужний гірничо-металургійний комплекс. Переважна номенклатура: залізна руда, концентрат, агломерат, окатиші, чавун, сталь, готовий прокат (арматура, кутник, катанка). Питома вага гірничо-металургійного комплексу – 93,4% загальних обсягів промислового

виробництва в місті. Виробниче середовище має значний вплив як на соціально-економічні так і екологічні процеси міста.

Площа існуючих парків та скверів загального користування та територій міста становить більше 16 тис. га, площа озеленення територій загального користування – 1347 га. Забезпечення населення міста озеленими територіями загального користування складає 25 м² на одного мешканця.

Значний вплив на атмосферне середовище міста чинить автомобільний транспорт та стаціонарні джерела. Для оцінки викидів вуглецю від автотранспорту та стаціонарних джерел застосували метод який складається з таких елементів як :

1. Розрахунки від викидів автотранспорту проводилися таким чином. Накреслення спеціальної таблиці, за якою ми визначили найменування групи автівок, часовий проміжок, співвідношення загальної численності автотранспортних засобів у %, і зробивши аналіз опрацьованих даних ми отримали:

- які автомобілі стали основними забруднювачами;
- які саме автомобілі складають більшість транспортного потоку.

2. Опрацьовалися статистичні дані по промисловим об'єктам м. Кривого Рогу. І визначилися загальні показники викидів вуглецю.

3. Розрахунки поглинання вуглецю проводились за загальною здатністю поглинання зеленими насадженнями та розрахунками поглинання трав'янистою рослинністю вуглецю у місті за рік.

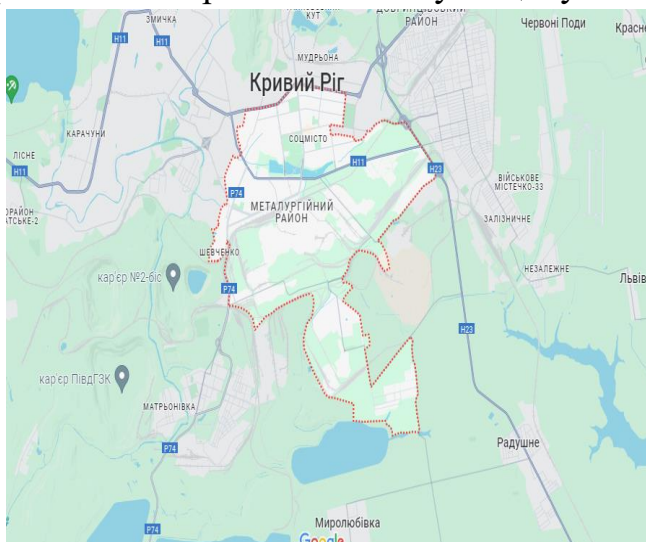


Рисунок 3.1 Карта-схема об'єкту досліджень

2.2 Стан атмосферного повітря Кривого Рогу

За даними Головного управління статистики у Кривому Розі загальний обсяг викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря в атмосферу у 2021 році становили 537,6 тис. т, що на 2,9 тис. т (0,6 %) менше, ніж у 2020 році [9].

У складі викинутих забруднюючих речовин оксиди вуглецю становлять 273,038 тис. т, діоксиди сірки – 55,121 тис. т, речовини у вигляді суспензованих твердих частинок – 56,927 тис. т, діоксиди азоту – 26,558 тис. т. У менших частках свинець, кадмій, нікель, аміак, залізо тощо. Загальну динаміку обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря наведено у табл. 2.1 [9].

Таблиця 2.1. Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за 2020-2022 рр [9].

Показники	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Загальна кількість (одиниць) дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, виданих у поточному році суб'єкту господарювання, об'єкт якого належить до:			
- другої групи	668	319	172
- третьої групи	189	98	45
	479	230	127
Викиди забруднюючих речовин та парникових газів від стаціонарних джерел, тис. Т	534,656	537,6*	**
Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на км ² , т	16,7	16,8*	**
Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на одну особу, кг	169,2	172,4*	**

* Попередні дані.

**статистична інформація відсутня

За даними виконавчого комітету Криворізької міської ради показники рівнів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в агломерації м.Кривий Ріг мають наступний вигляд (табл.2.2) [9].

Таблиця 2.2. Показники рівнів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в агломерації м.Кривий Ріг [9].

Назва забруднюючої речовини ²	Номер пункту спостережень *	Річне середнє значення забруднюючої речовини ³	Зафіксовані перевищення граничних рівнів або цільових показників забруднюючих речовин	Зафіксовані перевищення інформаційного або порогів небезпеки забруднюючих речовин
Свинець	ПСЗ № 2	0,16 мкг/м ³	не зафіксовано	-
Тверді частки (ТЧ ₁₀)	ПАС № 5	8 мкг/м ³	не зафіксовано	-
Тверді частки (ТЧ _{2,5})	ПАС № 5	6 мкг/м ³	не зафіксовано	-
Нікель	ПСЗ № 2	16,9 нг/м ³	не зафіксовано	-
Озон	ПАС № 1-5	25 мкг/м ³	не зафіксовано	не зафіксовано
Бензол	не вимрюється			
Арсен	не вимрюється			
Ртуть	не вимрюється			
Бенз(а)пирен	не вимрюється			

* - усереднені показники в цілому по місту, згідно даних міських постів автоматичного спостереження м. Кривий Ріг (ПАС):

ПАС № 1 – вул. Ватутіна, 37 В (Покровський район);

ПАС № 2 – вул. Юрія Камінського, 3 (Металургійний район);

ПАС № 3 – вул. Дніпровське шосе, 11 (Довгінцівський район);

ПАС № 4 – вул. Володимира Великого, 32 (Саксаганський район);

ПАС № 5 – вул. Нікопольське шосе, станція швидкісного трамваю “Кільцева” (Металургійний завод)

Вплив масових вибухів в кар’єрах на стан атмосферного повітря міста

На території міста розташовано 8 діючих кар’єрів, в яких проводиться понад 200 масових вибухів за рік. Відповідно до вимог ст. 10 Закону України "Про охорону атмосферного повітря" [10] підприємства зобов’язані здійснювати організаційно-господарські, технічні та інші заходи, щодо забезпечення виконання вимог у галузі охорони атмосферного повітря, а також вживати заходів щодо зменшення обсягів забруднюючих речовин. У результаті виконання гірничорудними підприємствами міста заходів із охорони атмосферного повітря при здійсненні масових вибухів у кар’єрах забезпечується запобігання надходженню в атмосферне повітря близько 10 тис. тон забруднюючих речовин щорічно.

Вплив автотранспорту на стан атмосферного повітря міста

Збільшення кількості автомобілів, завантаження доріг, тривалість експлуатації автотранспортних засобів, відсутність нейтралізаторів в основній масі автомобілів вітчизняних марок та старих іномарок, призвели до тенденції зростання впливу пересувних джерел у загальний фон забруднення атмосферного повітря міста. Так за даними Головного управління статистики у Дніпропетровській області обсяг викидів забруднюючих речовин склав 42,118 тис. тон, що складає 11% від загального обсягу викидів у місті [31].

Основним джерелом впливу на стан навколишнього природного середовища при експлуатації автотранспорту є викиди забруднюючих речовин від двигунів внутрішнього згоряння, використання палива, яке не відповідає вимогам сучасних екологічних норм. У відпрацьованих газах виявлено близько 280 компонентів продуктів повного та неповного згоряння нафтових продуктів, а також неорганічних з’єднань тих або інших речовин, присутніх у паливі. У вихлопах двигунів внутрішнього згоряння містяться

оксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводні, альдегіди, сажа, бенз(а)пірен, важкі метали [9].

Для вирішення проблем забруднення атмосферного повітря пересувними джерелами необхідно переходити на використання екологічно чистих видів палива, що дозволяє змінити традиційні рідкі види палива газом і значно знизити рівень викидів, сприяти збільшенню частки електротранспорту у внутрішньоміських пасажирських перевезеннях, введенню в транспортну мережу міста автобусів великої пасажиромісткості, зменшенню кількості автомобілів, які не забезпечені нейтралізаторами, шляхом оснащення діючих автомобілів нейтралізаторами, запозиченню практики європейських країн щодо введення податку на використання автомобілів з великим вмістом забруднюючих речовин у відпрацьованих газах (без нейтралізаторів) або виведення цих автомобілів з експлуатації та прийняття ряду відповідних нормативно-правових актів на державному рівні. З метою забезпечення нормативних показників роботи автотранспорту необхідно посилення контролю з боку державних контролюючих органів та суб'єктів господарювання в межах вимог чинного законодавства. Вплив автотранспорту на стан атмосферного повітря зменшуватиметься з розширенням мережі та поновленням міського електротранспорту.

У рамках Міської екологічної програми на 2016-2025 роки (надалі – Міська програма), передбачено впровадження заходів з екологізації автотранспорту, поновлення міського електротранспорту, використання екологічно чистого пального, придбання автобусів, що мають відповідати екологічним показникам Євро-5, вивчення питання можливості розвитку міського електротранспорту та електромобілів індивідуального користування на прикладі передового досвіду міст України та Європи, упровадження системи громадського контролю за вмістом СО та димності у вихлопних газах автотранспортних засобів тощо [11].

2.3 Якість атмосферного повітря та розбудова автоматизованої системи моніторингу в місті Кривий Ріг

Моніторинг атмосфери – це спостереження за станом повітря і попередження критичних ситуацій, що негативно впливають на здоров'я людей та стан інших живих організмів.

Моніторинг атмосфери здійснюється у відповідності із Законом України про охорону атмосферного повітря. Моніторинг атмосфери передбачає спостереження за забруднюючими речовинами, шкідливими фізичними впливами та оцінку змін природного середовища в результаті біологічного забруднення [12].

На теперішній час система моніторингу атмосферного повітря у місті Кривий Ріг складається з державної системи моніторингу та відомчої системи моніторингу підприємств (табл.2.3) [9].

Таблиця 2.3. Система моніторингу за станом атмосферного повітря м. Кривий Ріг [9].

<i>Державна система моніторингу</i>	
Лабораторія спостереження за забруднення атмосферного повітря м.Кривий Ріг Дніпропетровського регіонального центру зГідрометеорології	5 стаціонарних постів
ВСП "Криворізький міський відділ лабораторних досліджень Державної установи" Дніпропетровський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України"	1 стаціонарний пост
Виконком Криворізької міської ради	4 автоматизовані пости
<i>Відомча система моніторингу</i>	
ПАТ "Арселор Міттал КривийРіг "	3 автоматизовані пости
ПАТ "Південний гірничо-збагачувальний комбінат"	1 стаціонарний пост
ПРАТ "Північний гірничо-збагачувальний комбінат"	2 стаціонарні пости
ПРАТ "Центральний гірничо-збагачувальний комбінат"	1 стаціонарний пост
ПРАТ "Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат"	1 стаціонарний пост
ПАТ "Кривбас залізрудком"	4 стаціонарні пости
ПРАТ "ЄВРАЗ СУХА БАЛКА"	2 стаціонарні пости
ПАТ "Хайдельберг Цемент Україна"	1 стаціонарний пост

ПрАТ "Криворізький завод гірничого обладнання"	1 стаціонарний пост
ДП "Криворізька теплоцентраль"	1 стаціонарний пост

Суб'єктом державного моніторингу по спостереженню за забрудненням атмосферного повітря у нашому місті є Лабораторія спостережень за станом атмосферного повітря Дніпропетровського регіонального центру згідно метеорології. Контроль здійснюється на 5 стаціонарних постах, що розташовані за адресами:

вул. Каховська та вул. Степана Тільги (Металургійний район);

пл. Визволення (Центрально-Міський район);

вул. Груні Романової (Інгулецький район);

вул. Героїв АТО (Довгинцівський район)

за дев'ятьма забруднюючими речовинами, а саме: діоксиду сірки, оксиду вуглецю, діоксиду азоту, оксиду азоту, сірководню, фенолу, аміаку, формальдегіду та пилу. Зазвичай гранично допустимі концентрації перевищують середньорічні по пилу, діоксину азоту та формальдегіду.

Загальний рівень забруднення повітря у місті оцінюється вище середнього. Статтею 33 Закону України "Про місце всамоврядування в Україні визначено, що до повноважень органів місцевого самоврядування належить створення та забезпечення функціонування місцевих екологічних автоматизованих інформаційно-аналітичних систем, які є складовою мережі загально державної екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації [13].

Кривий Ріг єдине місто у Дніпропетровській області, де впроваджена і функціонує автоматизована система моніторингу за станом атмосферного повітря. Виконкомом Криворізької міської ради у рамках реалізації довгострокової програми по вирішенню екологічних проблем Кривбасу та поліпшенню стану навколишнього природного середовища на 2011-2022 роки (надалі – довгострокова програма) забезпечено функціонування 4 автоматизованих постів спостереження за станом атмосферного повітря, що

придбані за кошти міського фонду охорони навколишнього природного середовища та розташовані за адресами:

ПАС№1, пл.Молодіжна 1;

ПАС№2, вул.Юрія Камінського 3;

ПАС№3, вул.Дніпровське шосе 11;

ПАС№4, вул.Володимира Великого 32.

Коштом міського фонду охорони навколишнього природного середовища проводиться технічне обслуговування обладнання, перевірка приладів стаціонарних постів для забезпечення автоматичного спостереження за показниками якості атмосферного повітря для їх функціонування в місті.

Для забезпечення населення інформацією екологічного змісту опрацьовується питання висвітлення даних міських стаціонарних постів спостереження за станом атмосферного повітря у режимі онлайн на порталі Криворізький ресурсний центр.

Подальша робота із розбудови автоматизованої системи екологічного моніторингу за станом атмосферного повітря в місті направлена на координацію діяльності найбільших промислових підприємств міста у частині створення відповідних власних систем.

ПАТ "Арселор Міттал Кривий Ріг" встановлені 3 автоматичні пости спостереження на межі санітарно-захисних зон металургійного, коксохімічного виробництв, гірничо-збагачувального комплексу підприємства [9].

У рамках реалізації Міської програми вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016 – 2025 роки, передбачено встановлення підприємствами міста 14 автоматизованих постів моніторингу за станом атмосферного повітря [11].

Важливим та актуальним являється вирішення питання переоснащення та модернізації існуючих систем та обладнання центрів державного моніторингу за станом атмосферного повітря. Реалізація даних заходів

дозволить не тільки збирати, зберігати і представляти первинну інформацію про стан навколишнього природного середовища, але і визначати тенденції, здійснювати прогнози, а у подальшому дасть можливість об'єднати автоматизовані пости моніторингу за станом атмосферного повітря у загальну державну систему моніторингу довкілля міста Кривого Рогу та Дніпропетровської області.

Індекс якості атмосферного повітря в місті Кривий Ріг станом на 14:00, 28 квітня 2024 року дорівнює 17 – це середній рівень забруднення атмосферного повітря, який має мінімальний вплив на здоров'я людей [13].

Висновки до розділу 2

Кривий Ріг має потужний гірничо-металургійний комплекс. Питома вага гірничо-металургійного комплексу – 93,4% загальних обсягів промислового виробництва в місті. Виробниче середовище має значний вплив як на соціально-економічні так і екологічні процеси міста.

На стан повітряного басейну міста значний вплив здійснюють підприємства різних галузей народного господарства, переважно гірничо-металургійного комплексу. Вагомий вклад в загальне положення повітряного середовища вносить автотранспортна система міста. До складу забруднюючих речовин, що надходять до повітряного басейну входять: оксиди вуглецю, діоксиди сірки, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, діоксиди азоту. У менших долях свинець, кадмій, нікель, аміак, залізо тощо.

Головним методом спостережень та контролю за якісним станом повітря у місті є моніторинг. На теперішній час система моніторингу атмосферного повітря у місті Кривий Ріг складається з державної системи моніторингу та відомчої системи моніторингу підприємств

РОЗДІЛ 3. ВУГЛЕЦЕВИЙ БАЛАНС КРИВОГО РОГУ: ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА, ЗАХОДИ З РЕГУЛЮВАННЯ

3.1 Оцінка поглинання вуглецю основними типами рослинних угруповань Кривого Рогу

Значну роль у рослинному покриві міста відіграють зелені насадження в зонах постійного існування людей. Зелені насадження в міському середовищі виконують кілька різних функцій, основні з яких – екологічні, соціальні, економічні, містобудівні, історико-культурні [14].

Зелені насадження мають важливе значення в очищенні міського повітря від пилу і газів. Пил осідає на листках, гілках і стовбурах дерев і чагарників, а потім змивається атмосферними опадами на землю. Поширення або рух пилу стримується також газонами, які затримують поступальний рух пилу, що переганяється вітром з різних місць.

Зелені насадження в весняно-літній період повітря містять в повітрі на 42%, а в зимовий період на 37% менше пилу. В глибині лісового масиву на відстані 250 м від узлісся вміст пилу в повітрі скорочується більш ніж в 2,5 рази.

Пилозатримуючі властивості різних порід дерев і чагарників неоднакові. Найкраще затримують пил шорстке листя в'яза і листя бузку, покриті ворсинками. Листя в'яза затримує пил приблизно в 5 разів більше, ніж листя тополі; листя бузку в 3 рази більше тополі і т.д.

Зелені насадження значно зменшують шкідливу концентрацію газів, що знаходяться в повітрі. Так, концентрація окислів азоту, що викидаються промисловими підприємствами, знижувалася на відстані 1 км від місця викиду до $0,7 \text{ м/м}^3$ повітря, а при наявності зелених насаджень до $0,13 \text{ м/м}^3$ повітря. Шкідливі гази в процесі транспірації поглинаються рослинами, а тверді частинки аерозолів осідають на листках, стовбурах і гілках рослин.

Зелені насадження поглинають з повітря вуглекислий газ і збагачують повітря киснем. За 1 годину 1 га зелених насаджень поглинає 8 л

вуглекислоти. 1 га лісу виділяє в повітря кисень у кількості, достатній для підтримки життєдіяльності 30 осіб.

Треба відзначити, що газозахисна роль зелених насаджень багато в чому залежить від ступеня газостійкості самих порід. зелені насадження в облистненому стані знижують вміст газів в повітрі [15].

Крім того, зелені насадження дозволяють міському ландшафту зберігати свої екосистемні функції. зокрема, зелені насадження забезпечують місцеперебування тварин і рослин. Більш того, міські зелені насадження є місцем життя багатьох культурних форм, що вимагає їх збереження.

Таким чином, тільки на озеленених територіях можливо просочування атмосферних опадів в ґрунт, що, з одного боку, знижує кількість зливових стоків, які потрапляють до міської каналізації, а з іншого боку, необхідно для підтримки рівня ґрунтових вод і нормального харчування тих же дерев і чагарників [16].

Вибір листяних і хвойних порід дерев та чагарників для озеленення міст залежить від їх функцій пристосування до різноманітних умов. Важливими характеристиками також є довговічність, висота, форма, щільність крони, характер облистіння, кольором листя в різні пори року та за іншими ознаками.

До найбільш розповсюджених видів дерев та чагарників, що використовують в озелененні міст, належать: ялина звичайна, модрина сибірська, ялиця кавказька, сосна звичайна, береза бородавчаста, бук звичайний, дуб черешчатий, верба біла, клен гостролистий, липа крупнолиста, вільха чорна, тополя біла, тополя чорна, ясень звичайний, ялина канадська, модрина японська, ялиця бальзамічна, сосна піцундська, тис ягідний, ялівець віргінський, ялівець високий, сосна Банка, клен татарський, айва звичайна, горобина звичайна, черемха звичайна, яблуня ягідна; ялівець звичайний, акація жовта, бересклет європейський, глід звичайний, бузина чорна, бузина червона, калина звичайна, ліщина, маслинка вузьколиста, бузок звичайний та інші [17].

Зелені насадження абсорбують ряд шкідливих речовин з повітряного середовища міст, включаючи діоксид сірки, діоксид азоту та інші забруднюючі речовини. Особливого значення дана здатність набуває в умовах щільного трафіку, у цьому випадку зелені насадження допомагають зменшити викиди CO₂, а також зменшити ефект парникового газу в атмосфері.

Збільшення кількості автомобілів, завантаження доріг, тривалість експлуатації автотранспортних засобів, відсутність нейтралізаторів в основній масі автомобілів вітчизняних марок та старих іномарок, призвели до тенденції зростання впливу пересувних джерел у загальний фон забруднення атмосферного повітря міста.

Обсяг забруднень від автотранспорта складає до 50,5% від загального обсягу викидів. Причина полягає в обмеженості пропускної здатності вуличної мережі міста, що спричиняє скупчення транспорту, знижує інтенсивність руху, спричиняє рух транзитного транспорту через місто [18].

Станом на лютий місяць 2024 року в м. Кривий Ріг нараховується значна кількість зелених насаджень, серед яких:

міські парки: дендропарк (50 га), парк Савицького (9,6 га), парк Карачунівський (12,7 га), парки ім. Ф.Мершавцева та Гданцевський (47,7 га), парк ім. Ю. Гагаріна (7,7 га), парк ім. Б.Хмельницького (54,4 га), парк Героїв (6,5 га), парк Ювілейний (22,4 га), парк Держинського (7,7 га), парк Саксаганський (7,7 га), парки Дубовий та Річка (73,1 га), парк Щастя (61,4 га), парк Космонавтів (15,8 га), Покровський парк (28,6 га), парк На прудах (64,6 га), Дитячий парк (20,7 га), Шахтерський парк (41,2), Терновський (45,3).

Загальна площа зелених насаджень парків становить:

$$S_{\text{п}}=50+9,6+12,7+47,7+7,7+54,4+6,5+22,4+7,7+7,7+73,1+61,4+15,8+28,6+64,6+20,7+41,2+45,3=577,1 \text{ га}$$

Таким чином, загальна площа парків становить 577,1 га

Стадіони у кількості 6 об'єктів мають приблизну загальна площа газонів – 7,14 га ;

Озеленена територія навчальних закладів у кількості 143 об'єктів - приблизна загальною площа зелених територій 60, 6 га;

Площа системи озеленення міста становить 17, 347 га;

В цілому загальна площа зелених насаджень, які були обрані для оцінки поглинання вуглецю становить:

$$S_{\text{заг.}} = 577,1 + 17,347 + 7,14 + 60, 6 = 662, 2 \text{ га}$$

За літературними даними 1 га зелених насаджень в середньому поглинає 3 тони вуглецю на рік [37].

Виходячі з цих даних можемо розрахувати загальне поглинання вуглецю зеленими насадженнями кожного об'єкта озеленення.

Площа парків становить 577,1 га. Якщо 1 гектар поглинає 3 тони вуглецю на рік, то 577,1 гектар поглине вуглецю:

$$577,1 \text{ га} \times 3 \text{ т/га} = 1671,3 \text{ тон вуглецю на рік.}$$

Загальна площа стадіонів становить 7,14 га

Кількість поглинутого вуглецю становитиме:

$$7,14 \text{ га} \times 3 \text{ т/га} = 21,42 \text{ тон вуглецю на рік.}$$

Загальна площа озеленення навчальних закладів становить 60,6 га

60,6 гектарів зелених насаджень поглине:

$$60,6 \text{ га} \times 3 \text{ т/га} = 181,8 \text{ тон вуглецю на рік.}$$

Загальна кількість поглинутого вуглецю всіма зеленими насадженнями становитиме:

21,42 (стадіони) + 181,8 (навчальні заклади) + 1671,3 (парки) = 1874,52 тон на рік.

3.2 Оцінка емісії вуглецю від стаціонарних та пересувних джерел Кривого Рогу

Стаціонарне джерело забруднення – підприємство, цех, агрегат, установка або інший нерухомий об'єкт, що зберігає свої просторові

координати протягом певного часу і здійснює викиди забруднюючих речовин в атмосферу та/або скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти [22].

Відповідно до інформації Головного сервісного центру Міністерства внутрішніх справ України кількість зареєстрованих транспортних засобів у м. Кривий Ріг щорічно збільшується [19]. Таким чином, загальна кількість зареєстрованих транспортних засобів, що належать юридичним та фізичним особам з 2020 року по початок 2022 року постійно збільшувалася і лежала у межах 20300 одиниць з початком повномасштабних бойових дій кількість одиниць автотранспорту у місті значно зросла через міграцію ВПО з східної частини України. Враховуючи цей факт, встановити точну кількість автотранспорту в місті наразі доволі складно.

До числа автотранспортних засобів міста слід також віднести муніципальний та приратний транспорт, що використовується для пасажироперевезень.

Пасажирські перевезення в місті представлені комплексом міських маршрутів, в які входить перевезення пасажирів автобусами, тролейбусами, трамваями, таксі, залізницею, а також регулярні спеціальні перевезення, організовані промисловими та приватними підприємствами міста. В Кривому Розі пасажирські перевезення громадським транспортом забезпечують 5 спеціалізованих підприємств різних форм власності. Міська маршрутна мережа пасажирського транспорту складається з 64 міських автобусних маршрутів, 21 тролейбусного та 20 трамвайних (у тому числі швидкісного трамваю) [20].

В результаті дослідження потоку автотранспорта в Металургійному районі на вулиці Героїв АТО ми отримали такі дані (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1. Чисельність автомобілепотоку в Металургійному районі міста.

Найменування груп транспорту	Часовий проміжок			Співвідношення загальної численості транспортних
	9 - 12	13-15	16 – 19	

				засобів, %
Легкові	530	315	380	6,1
Вантажні	90	60	100	1,2
Автобуси	100	70	115	1,4
Всього:	720	445	595	8,7

Аналіз опрацьованих даних дозволяє зробити наступні висновки:

основними забруднювачами повітря на дослідній ділянці є легкові автомобілі. Збільшення автотранспорту прямопропорційно збільшує загрозу навколишньому середовищу;

переважну більшість транспортного потоку складать легкові автомобілі – це легкові автомобілі, що робить їх основним забрудником;

на кількість викидів забруднюючих речовин впливає велика кількість факторів, тому результати досліджень можуть змінюватися.

Загальний вклад автотранспорту в привнесення забруднюючих речовин до повітряного басейну міста становить приблизно 80% від сумарної кількості викидів стаціонарних джерел, тобто приблизно 47322,9 (мг/м³) за рік.

Щоб визначити скільки вуглецю викидає автотранспорт за рік, ми з даних наведених в таблиці (3.1), підраховали загальну кількість автотранспорту та їх викиди:

Середні викиди вуглецю легкового автомобіля

Бензинові автомобілі

Середні викиди CO₂ від бензинових автомобілів складають 2.3 кг CO₂ на літр спаленого палива [32].

Дизельні автомобілі

Середні викиди CO₂ від дизельних автотранспортів складають приблизно 2.7 кг CO₂ на літр спаленого палива [33].

Річні викиди

Припустимо, що легковий автомобіль споживає 8 літрів на 100 км і проїжджає 15000 км на рік [34].

Бензиновий автомобіль

Загальне споживання палива за рік:

$$\text{Споживання палива за рік} = \frac{15,000 \text{ км}}{100} \times 8 \text{ літрів} = 1200 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за рік} = 1200 \text{ літрів} \times 2.3 \text{ кг CO}_2/\text{л} = 2760 \text{ кг CO}_2 = 2.76 \text{ тон CO}_2$$

Дизельний автомобіль

Загальне споживання палива за рік:

$$\text{Споживання палива за рік} = \frac{15,000 \text{ км}}{100} \times 8 \text{ літрів} = 1,200 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за рік} = 1,200 \text{ літрів} \times 2.7 \text{ кг CO}_2/\text{л} = 3240 \text{ кг CO}_2 = 3.24 \text{ тон CO}_2$$

Таким чином, середній бензиновий автомобіль викидає приблизно 2.76 тон CO₂ на рік, тоді як середній дизельний автомобіль викидає приблизно 3.24 тон CO₂ на рік.

Ці значення є орієнтовними та можуть відрізнятися залежно від конкретного автомобіля, стилю водіння, та інших факторів.

Середні викиди вуглецю вантажного автомобіля

Викиди вуглецю від вантажних автомобілів значно вищі, ніж від легкових автомобілів, через більший розмір, вагу і споживання палива.

Дизельний автомобіль

Середні викиди CO₂ від бензинових автомобілів складають 2.7 кг CO₂ на літр спаленого палива.

2. Бензинові автомобілі

Середні викиди CO₂ від бензинових автомобілів складають 2.3 кг CO₂ на літр спаленого палива.

Витрата палива дизельного вантажного автомобіля: 30 літрів на 100 км, а бензиновий вантажний автомобіль: 35 літрів на 100 км

Якщо взяти середній пробіг: 100,000 км на рік

Дизельний вантажний автомобіль

Загальне споживання палива за рік:

$$\text{Споживання палива за рік} = \frac{100,000 \text{ км}}{100} \times 30 \text{ літрів} = 30,000 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за рік} = 30,000 \text{ літрів} \times 2.7 \text{ кг CO}_2/\text{літр} = 81,000 \text{ кг CO}_2 = 81 \text{ тон CO}_2$$

Бензиновий вантажний автомобіль

Загальне споживання палива за рік:

$$\text{Споживання палива за рік} = \frac{100,000 \text{ км}}{100} \times 35 \text{ літрів} = 35,000 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за рік} = 35,000 \text{ літрів} \times 2.3 \text{ кг CO}_2/\text{літр} = 80,500 \text{ кг CO}_2 = 80.5 \text{ тон CO}_2$$

Висновок:

Дизельний вантажний автомобіль: 81 тона CO₂ на рік.

Бензиновий вантажний автомобіль: 80.5 тон CO₂ на рік.

Ці значення можуть змінюватися в залежності від конкретних умов експлуатації, типу автомобіля, навантаження, стилю водіння тощо.

Середні викиди вуглецю від автобуса

Дизельний автобус: 20 літрів на 100 км, його витрата палива

Бензиновий автобус: 25 літрів на 100 км, його витрата палива

Середній пробіг: 50,000 км на рік

- Дизельне паливо: 2.7 кг CO₂ на літр

- Бензинове паливо: 2.3 кг CO₂ на літр

Розрахунок для дизельного автобуса

Загальне споживання палива за рік:

$$\text{Споживання палива за рік} = \frac{50,000 \text{ км}}{100} \times 20 \text{ літрів} = 10,000 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за рік} = 10,000 \text{ літрів} \times 2.7 \text{ кг CO}_2/\text{літр} = 27,000 \text{ кг CO}_2 = 27 \text{ тон CO}_2$$

Розрахунок для бензинового автобуса

Загальне споживання палива за рік:

$$\text{Споживання палива за рік} = \frac{50,000 \text{ км}}{100} \times 25 \text{ літрів} = 12,500 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за рік} = 12,500 \text{ літрів} \times 2.3 \text{ кг CO}_2/\text{літр} = 28,750 \text{ кг CO}_2 = 28,75 \text{ тон CO}_2$$

Висновок:

- Дизельний автобус: 27 тон CO₂ на рік.
- Бензиновий автобус: 28.75 тон CO₂ на рік.

Розрахунок по таблиці (3.1) з даними які ми отримали при дослідженні вулиці (Героїв АТО 1,7 км) за часовий проміжок від 9:00-19:00

Лековий автомобіль 9:00-19:00 з середньою затратою палива, з відстанню 1,7 км

- Бензиновий автомобіль: 8 літрів на 100 км
- Дизельний автомобіль: 7 літрів на 100 км

Викиди:

- Бензинове паливо: 2.3 кг CO₂ на літр
- Дизельне паливо: 2.7 кг CO₂ на літр
- Кожен автомобіль проїжджає 1.7 км за день.

Розрахунок для бензинових автомобілів

Загальне споживання палива одним автомобілем за день:

$$\text{Споживання палива за день} = \frac{1,7 \text{ км}}{100} \times 8 \text{ літрів} = 0,136 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для одного автомобіля:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за день (одного автомобіля)} = 0,136 \text{ літрів} \times 2.3 \text{ кг CO}_2/\text{літр} = 0.3128 \text{ кг CO}_2$$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для 1225 автомобілів:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за день (1225 автомобілів)} = 0.3128 \text{ кг CO}_2 / \text{автомобілів} \times 1225 = 383.32 \text{ кг CO}_2$$

Розрахунок для дизельних автомобілів

Загальне споживання палива одним автомобілем за день:

$$\text{Споживання палива за день} = \frac{1,7 \text{ км}}{100} \times 7 \text{ літрів} = 0,119 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для одного автомобіля:

$$\begin{aligned} \text{Викиди CO}_2 \text{ за день (одного автомобіля)} &= 0,119 \text{ літрів} \times 2,7 \text{ кг CO}_2/\text{літр} \\ &= 0,3213 \text{ кг CO}_2 \end{aligned}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для 1225 автомобілів:

$$\begin{aligned} \text{Викиди CO}_2 \text{ за день (1225 автомобілів)} &= 0,3213 \text{ кг CO}_2 / \text{автомобілів} \times \\ 1225 &= 393,5925 \text{ кг CO}_2 \end{aligned}$$

Висновок за рік :

- Бензинові автомобілі: $0,38332 \text{ тон} \times 365 = 139,9118 \text{ тон CO}_2$ за рік для 1225 автомобілів на відстані 1,7 км.

- Дизельні автомобілі: $0,3935925 \times 365 = 143,661262 \text{ тон CO}_2$ за рік для 1225 автомобілів на відстані 1,7 км.

Вантажний автомобіль 9:00-19:00 з середньою затратою палива, з відстанню 1,7 км

- Бензиновий автомобіль: 35 літрів на 100 км

- Дизельний автомобіль: 30 літрів на 100 км

Викиди:

- Бензинове паливо: 2,3 кг CO₂ на літр

- Дизельне паливо: 2,7 кг CO₂ на літр

- Кожен автомобіль проїжджає 1,7 км за день.

Розрахунок для бензинових вантажних автомобілів

Загальне споживання палива одним автомобілем за день:

$$\text{Споживання палива за день} = \frac{1,7 \text{ км}}{100} \times 35 \text{ літрів} = 0,595 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для одного автомобіля:

$$\begin{aligned} \text{Викиди CO}_2 \text{ за день (одного автомобіля)} &= 0,595 \text{ літрів} \times 2,3 \text{ кг CO}_2/\text{літр} \\ &= 1,3685 \text{ кг CO}_2 \end{aligned}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для 250 автомобілів:

Викиди CO₂ за день (250 автомобілів) = 1.3685 кг CO₂ / автомобілів × 250 = 342.125 кг CO₂

Розрахунок для дизельних вантажних автомобілів

Загальне споживання палива одним автомобілем за день:

Споживання палива за день = $\frac{1,7 \text{ км}}{100} \times 30 \text{ літрів} = 0,51 \text{ літрів}$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для одного автомобіля:

Викиди CO₂ за день(одного автомобіля) = 0,51 літрів × 2.7 кг CO₂/лтр = 1.377 кг CO₂

Визначаємо загальні викиди CO₂ для 250 автомобілів:

Викиди CO₂ за день (250 автомобілів) = 1.377 кг CO₂/ автомобілів × 250 = 344.25 кг CO₂

Висновок:

- Дизельні вантажні автомобілі: 0.34425 тон × 365 = 125.65125 тон CO₂ за рік для 250 автомобілів на відстанні 1,7 км.

- Бензинові вантажні автомобілі: 0.342125 тон × 365 = 124.875625 тон CO₂ за рік для 250 автомобілів на відстанні 1,7 км.

Автобус 9:00-19:00 з середньою затратою палива, з відстанню 1,7 км

- Бензиновий автомобіль: 25 літрів на 100 км

- Дизельний автомобіль: 20 літрів на 100 км

Викиди:

- Бензинове паливо: 2.3 кг CO₂ на літр

- Дизельне паливо: 2.7 кг CO₂ на літр

- Кожен автомобіль проїжджає 1.7 км за день.

Розрахунок для бензинових автобусів

Загальне споживання палива одним автомобілем за день:

Споживання палива за день = $\frac{1,7 \text{ км}}{100} \times 25 \text{ літрів} = 0,425 \text{ літрів}$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для одного автомобіля:

Викиди CO₂ за день(одного автомобіля) = 0,425 літрів × 2.3 кг CO₂/лтр = 0.9775 кг CO₂

Визначаємо загальні викиди CO₂ для 285 автомобілів:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за день (285 автомобілів)} = 0.9775 \text{ кг CO}_2 / \text{автомобілів} \times 285 = 278.5875 \text{ кг CO}_2$$

Розрахунок для дизельних автобусів

Загальне споживання палива одним автомобілем за день:

$$\text{Споживання палива за день} = \frac{1,7 \text{ км}}{100} \times 20 \text{ літрів} = 0,34 \text{ літрів}$$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для одного автомобіля:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за день (одного автомобіля)} = 0,34 \text{ літрів} \times 2.7 \text{ кг CO}_2/\text{лтр} = 0.918 \text{ кг CO}_2$$

Визначаємо загальні викиди CO₂ для 285 автомобілів:

$$\text{Викиди CO}_2 \text{ за день (285 автомобілів)} = 0.918 \text{ кг CO}_2 / \text{автомобілів} \times 285 = 261.63 \text{ кг CO}_2$$

Висновок:

- Дизельні автобуси: $0.26163 \text{ тон} \times 365 = 95.49495 \text{ тон CO}_2$ за рік для 285 автобусів на відстанні 1,7 км.

- Бензинові автобуси: $0.2785875 \text{ тон} \times 365 = 101.684438 \text{ тон CO}_2$ за рік для 285 автобусів на відстанні 1,7 км.

Загальна кількість викидів CO₂ за рік з трьох видів автотранспорту по дизелю складає: $143.661262 + 125.65125 + 95.49495 = 364.807462$ тон на рік, по бензину складає: $139.9118 + 124.875625 + 101.684438 = 266.471863$ тон на рік.

У відповідності з даними зазначеними у екологічному паспорті Дніпропетровської області за 2022 р, основними джерелами забруднення повітряного басейну у м. Кривий ріг є щонайменше 23 підприємства [9]. З яких найбільший рівень викидів вуглецю має ПАТ “АрселорМіттал КривийРіг” (табл.2.3).

Найбільша кількість забруднюючих речовин, що надходять до повітряного басейну утворюються в результаті роботи підприємств металургійної, машинобудівної галузей та гірничо-металургійного комплексу.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря підприємств гірничо-металургійного комплексу складають 99,6 % від загальних викидів по місту. Основні підприємства, що негативно впливають на стан атмосферного повітря міста і мають найбільший вуглецевий слід наведено у табл. 2.3 [9].

Таблиця 2.3 Перелік підприємств – основних забруднювачів атмосферного повітря м. Кривий ріг (з урахуванням викидів вуглецю)

№	Назва об'єкта*	Частка викидів Забруднюючої речовини			Частка оснащення джерел викидів газоочисними установками(ГОУ),%	Ефективність роботи ГОУ, %	Зменшення обсягів викидів зарахунок Впровадження природоохоронн их заходів, т/рік*	
		усього викидів, т/рік*	до загального обсягу викидів об'єкта, %	до загального обсягу викидів населеного пункту, %			очіку- ване	фак- тичне
1.	ПАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг” - оксид вуглецю	55 636 41 336	100 74,3	**	14,4	65,2 99,6	-1 858	31 511
2.	АТ “Південний гірничо- Збагачувальний комбінат” - оксид вуглецю	436,765 5,005	100 1,146	**	35,15	81,9-95,8	3582,33	1922,80
3.	ДТЕК “Придніпровська ТЕС” оксид вуглецю	19758,7 183,500	100 0,93	**	100	99,4	-	-
4.	АТ “Покровський ГЗК” - оксид вуглецю	3383,21 1663,59	100 49,2	**	7,9	99,64	-	-
5.	ПрАТ “Дніпровський Металургійний завод”	828,524 297,737	100 35,9	**	17,7	90,9	-	-

	- оксид вуглецю							
6.	КП“ДНПРО ВОДОКАНАЛ” - оксид вуглецю	688,37 41,498	20 24,34	**	2,2	80-90	-	-
7.	АТ “Нікопольський завод феросплавів” - оксид вуглецю	15854,2 3 14411,1 5	- 90,9	**	100	99,5	65,24	104,969
8.	АТ “ОГХК”(Філія “ВГМК”АТ“ОГХК”) - оксид вуглецю	270,78 44,353	100 16,38	**	32	53,52- 99,9	6,5	6,5
9.	ПрАТ “КривийРігЦемент” Криворізький завод - оксид вуглецю	1795,91 981,714	100 54,66	**	21,8	99,6		
10.	ПрАТ “КривийРіг Цемент” Жовтокам’янський кар’єр - оксид вуглецю	14,098 2,12	100 15,09	**	1	72,1		
11.	ВП “КРИВОРІЗЬКА ТЕС”АТ“ДТЕКДНП РО-ЕНЕРГО - оксид вуглецю	19500,2 4 174,756	100 0,90	**	100	98,3	-	-
12.	ПрАТ “ДТЕК ПАВЛОГРАД ВУГІЛЛЯ” ВСП “ШУ Дніпровське” - оксид вуглецю	16287,3 1 0,186	100 0,001	**			-	-
13.	Шахта “Ювілейна” - оксид вуглецю	13,112 0,026	100 0,000 2	**	7,1	88,4	-	-
14.	Шахта “Степова - оксид вуглецю	35824,8 0,851	100 0,002	**	6,8	81,0	-	-
15.	Шахта“Тернівська” - оксид вуглецю	29,501 0,047	100 0,16	**			-	-
16.	Шахта“Західно- Донбаська”,пм.№1 - оксид вуглецю	22590,8 0,13	100 0,000 6	**			-	-

17.	Філія “ПАВЛОГРАДСЬКЕ ЕНЕРГОПІДПРИЄМ СТВО” ПрАТ“ДТЕКПАВЛО ГРАДВУГІЛЛЯ” - оксид вуглецю	4083,6 13,394	100 0,9	**	100	70-97	-	-
18	ВСП “ШУ імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ”ПрАТ“Д ТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛ ЛЯ”- оксид вуглецю	21545,7 0,54	100 0,03	**	0,004	84-98	-	-

*за інформацією підприємств

**інформація не надана Головним управлінням статистики у Дніпропетровській області.

Розрахунок викидів підприємств здійснювали за формулою:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (3.1)$$

де: C – концентрація, яка утворилась за рахунок всіх джерел викидів;

C_1, C_2, C_n – концентрації, які утворились за рахунок 1, 2, n джерел викидів, розміщених з навітренної сторони при заданому напрямку вітру.

Сумарна кількість викидів вуглекислого газу, що надходять від виробничого комплексу за рік

$$C_{\text{річна}} = 41336 + 5,005 + 183,500 + 1663,59 + 294,737 + 41,498 + 14411,15 + 44,353 + 981,714 + 2,12 + 174,756 + 0,186 + 0,026 + 0,851 + 0,047 + 0,13 + 13,39 + 0,54 = 59153,60 \text{ (мг/м}^3\text{)}$$

Сумарна кількість видивів вуглекислого газу, що надходять від виробничого комплексу за добу

$$C_{\text{денна}} = \frac{59153,60}{365} = 162,06 \text{ (мг/м}^3\text{)}$$

Основний вплив на стан атмосферного повітря здійснює ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг". Обсяги викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів підприємства становили 82% від загального обсягу викидів забруднюючих речовин по місту.

Окрім забруднення повітряного басейну міста вуглецем, слід виділити викиди парникових газів, до яких відноситься вуглекислий газ, метан, діазоту оксид. Парникові гази суттєво впливають на стан довкілля. Їх викиди призводять до глобального потепління та змін клімату. Основним компонентом впливу на зміну клімату є вуглекислий газ, частка якого серед викидів парникових газів є найбільшою та становить 99,9% від загального обсягу викидів парникових газів.

За даними Криворізької міської ради на початку 2020 року Кривий Ріг в десятку українських міст з високим рівнем забруднення повітряного середовища [21].

Згідно інформації від промислових підприємств міста, за підсумками 2022 року обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря склали 57 тис. тон, що на 67 % менше ніж за аналогічний період 2021 року. Обсяг виробництва зменшився на 57% [9]. Однак щороку дана тенденція змінюється у бік зменшення кількості забруднення. Слід зазначити, що у наслідок тривалих повномасштабних бойових дій виробничий сектор зазнав чималих збитків, що в свою чергу вплинуло на загальну кількість викидів .

Загальна кількість викидів вуглецю від підприємств становить 59 156,597 т.

Розрахунок загальної кількості викидів вуглецю від стаціонарних джерел:

$$41336+5,005+183,500+1663,59+297,737+41,498+14\ 411,15+44,353+981,714+2,12+174,756+0,186+0,026+0,851+0,047+0,13+13,394+0,54 = 59\ 156,597$$

Загальна кількість викидів CO₂ за рік з трьох видів автотранспорту по дизелю складає: 143.661262+125.65125+95.49495=364.807462 тон на рік, по бензину складає: 139.9118+124.875625+101.684438=266.471863 тон на рік.

Загальна кількість викидів вуглецю від автотранспорту та від стаціонарних джерел за рік становить: 266,5+59156,6=59423,1 тон.

3.3 Результати розрахунку вуглецевого балансу Кривого Рогу

За даними Криворізької міської ради на початку 2020 року Кривий Ріг в десятку українських міст з високим рівнем забруднення повітряного середовища. Згідно інформації промислових підприємств міста, за підсумками 2022 року обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря склали 57 тис. тон, що на 67 % менше ніж за аналогічний період 2021 року. Обсяг виробництва зменшився на 57% .

Слід зазначити, що у наслідок тривалих повномасштабних бойових дій виробничий сектор зазнав чималих збитків, що в свою чергу вплинуло на загальну кількість викидів .

Орієнтуючись на загальну тенденцію зміни загальної кількості викидів CO₂ у бік зменшення кількості забруднення, слід зазначити, що вуглецевий баланс міста далекий від від'ємного. З урахуванням екологічно-інженерного обладнання на підприємствах, а також природних систем очистки повітряного басейну від вуглецевого сліду, рівень забрудненості повітря досі залишається доволі значним. За нашими розрахунками, викиди від пересувних і викиди від стаціонарних джерел становлять 59423,1 тон вуглецю. Поглинання зеленими насадженнями міста становить 35226,4 тон вуглецю. Розрахуємо вуглецевий баланс міста:

$$59423,1 - 35226,4 = 24196,7 \text{ т/рік}$$

З урахуванням наявності даних щодо викидів вуглецю, численість зелених насаджень та їх поглинальну здатність можна зробити висновок, що, станом на даний момент з урахуванням значного зменшення роботи підприємств міста, кількість надходження вуглецю від стаціонарних і пересувних джерел перевищує поглинуту кількість вуглецю зеленими насадженнями міста на 24196,7 т/рік.

3.4 Заходи з регулювання вуглецевого балансу Кривого Рогу

Для міст, тим більш центрів промисловості, характерною особливістю є забруднення природного середовища пилом, викидами, скидами побічних

продуктів і відходів виробництва, високі рівні шумових, теплових, електромагнітних забруднень. Найважливішу роль у нейтралізації і ослабленні негативних впливів промислових зон міста на людей і живу природу в цілому виконують не тільки технічні заходи з регулювання викидів, а й зелені насадження. Вони грають роль повітряного природного фільтра, насичують атмосферу киснем, затримують поширення пилу і газів.

Зростання швидкими темпами забудови міст призводить до зникнення зелених просторів. І відбувається цей процес на всіх містобудівних рівнях за рахунок переуцільнення забудови і знищення екологічно цінних ландшафтів [26]. Важливим завданням в організації міського простору є створення зеленого каркаса для забезпечення комфортних умов проживання у місті. Естетичний та екологічний стан всього зеленого каркасу міст знаходиться на низькому рівні і постійно погіршується через збільшення транспорту, промислових підприємств, стрімкого освоєння і ущільнення житлової та громадської забудови. Забезпечення формування складників зеленого каркаса в усіх планувальних структурах міста є важливою складовою формування екологічного каркасу взагалі. Ці частини зеленого каркаса можуть формуватися одночасно з розвитком архітектурно-планувальної структури міста, зведенням нових міських масивів.

Система зелених насаджень міста разом з природними і оліпшеними ландшафтами складає екологічний каркас – адекватно захищену систему екологічно взаємопов'язаних територій, що дозволяє підтримувати екологічну рівновагу у місті [27]. У теперішній час проблеми, пов'язані з функціонуванням екологічного каркаса, стоять гостро як у країні так і в найбільших промислових регіонах.

Кривий Ріг, незважаючи на промислову діяльність, завжди був зеленим містом. На території Кривого Рогу дуже багато зелених парків, скверів, заповідників, є також ботанічний сад. Зелень є одним із найкращих природних фільтрів. Є на території Кривого Рогу також соснові гаї, що виконують роль одного з найкращих природних фільтрів для повітря.

Крім цього, у 2019 році місто Кривий Ріг приєдналося до програми ЄБРР “Зелені міста”. Кривий Ріг став четвертим містом в Україні після Львова, Києва та Маріуполя, який став учасником цієї програми. З 2019 року у рамках цього проекту місту Кривому Рогу допомагають визначити інвестиційні програми, а також отримати донорську допомогу. Мета програми – це покращення муніципальної інфраструктури, якості повітря та води у Кривому Розі, а також зробити чистими та доступними міські зелені зони. Також у Кривому Розі протягом десятиліть успішно втілюється “Міська екологічна програма”, в рамках якої промислові підприємства щороку висаджують зелені насадження.

Висадка дерев у Кривому Розі стала справжньою традицією. Протягом багатьох років на території Криворіжжя щороку висаджують кілька тисяч дерев. Зокрема, міське озеленення та відновлення пошкоджених земель проводять промислові підприємства Кривого Рогу. Цей комплекс заходів включено також до “Екологічної програми Кривого Рогу” [28].

Промислові підприємства Кривого Рогу протягом десятиліть кілька разів на рік займаються озелененням відпрацьованої промислової території. На відвалах та схилах, а також у санітарно-захисній зоні щорічно висаджуються різні зелені насадження: дерева та чагарники. Крім того, схили відвалів засівають різними травами. Вони дуже ефективно борються з пилом, який піднімається з відвалів.

Окрім промислових підприємств про озеленення міста вже багато років дбають і самі криворіжці. Кілька разів на рік у Кривому Розі відбуваються акції, присвячені захисту навколишнього середовища, Дню Землі та іншого, щодо висадки зелених насаджень. До тих акцій приєднуються сотні криворіжців. Дерев та чагарники висаджують у парках та скверах. Тому озеленення Кривого Рогу відбувається не лише у промисловій зоні [29].

Щоб досягти нульового вуглецевого балансу, потрібно створити достатню кількість зелених зон, які поглинатимуть таку ж кількість вуглецю, що й викидається. Перевищення викидів вуглецю над поглинутою кількістю

вуглецю зеленими насадженнями міста становить 24196,7 т/рік, тому для досягнення нульового вуглецевого балансу потрібно створити певну площу зелених насаджень парків, які здатні поглинути цю кількість вуглецю.

Зазвичай один гектар лісу може поглинути від 10 до 30 тон CO₂ на рік, в залежності від типу лісу та інших факторів. Отже, враховуючи середнє значення, яке дорівнює 20 тон на гектар на рік:

$$24196,7 \text{ тони} / 20 \text{ тон/гектар} = 1209,835 \text{ гектарів.}$$

Отже, щоб досягти нульового вуглецевого балансу, потрібно приблизно створити 1209 гектарів зелених насаджень парків.

Висновки до 3 розділу

Основними джерелами забруднення повітряного басейну у м. Кривий ріг є щонайменше 23 підприємства. З яких найбільший рівень викидів вуглецю має ПАТ “АрселорМіттал КривийРіг”. Загальна сума викидів вуглекислого газу на рік складає приблизно 106476,5(мг/м³).

Загальний вклад автотранспорту в привнесення забруднюючих речовин до повітряного басейну міста становить 80% від сумарної кількості викидів стаціонарних джерел, тобто 47322,9 (мг) за рік.

Відповідно до інформації Головного сервісного центру Міністерства внутрішніх справ України кількість зареєстрованих транспортних засобів у м. Кривий Ріг щорічно збільшується. За останніми підрахунками особам кількість авто у місті лежить у межах 20300 одиниць. Збільшення кількості автомобілів, завантаження доріг, тривалість експлуатації автотранспортних засобів, відсутність нейтралізаторів призводять до погіршення якості атмосферного повітря в місті. Обсяг забруднень складає до 50,5% від загального обсягу викидів.

Через порушення логістичних ланцюжків внаслідок бойових дій криворізькі гірничо-металургійні підприємства значно зменшили обсяг випуску своєї продукції. Тенденція до покращення якості повітря у місті

спостерігається уже певний час, однак до нульового вуглецевого балансу ще доволі далеко.

Найважливішу роль у нейтралізації і ослабленні негативних впливів промислових зон міста на людей і живу природу в цілому виконують не тільки технічні заходи з регулювання викидів, а й зелені насадження. Кривий Ріг, незважаючи на промислову діяльність, завжди був зеленим містом. За нашими розрахунками, перевищення викидів вуглецю над кількістю вуглецю, яку поглинають зелені насадження міста становить 24196,7 т/рік, тому для досягнення нульового вуглецевого балансу потрібно створити певну площу зелених насаджень парків, які здатні поглинути цю кількість вуглецю. Для досягнення нульового вуглецевого балансу, потрібно створити 1209 гектарів зелених насаджень парків.

ВИСНОВКИ

Вуглець – дуже важливий біогенний елемент, який є основою життя на Землі. Виникнення життя на Землі розглядається сучасною наукою як складний процес еволюції вуглецевих сполук. Кругообіг вуглецю в біосфері відбиває загальну глобальну взаємодію живих організмів у їх фізичному і хімічному середовищі. Природний баланс вуглецю встановлювався протягом мільйонів років як результат еволюції нашої планети, і коливання в ньому були незначними.

Проте в останні десятиріччя цей баланс порушився. Діяльність людини впливає на цикл С як безпосередньо (при спалюванні органічного палива законсервованій природою вуглець вивільняється), так і опосередковано (через вирубку лісів, знищення природних екосистем), що, головним чином, значно знижує надходження CO_2 з атмосфери.

Місто є одним з найпотужніших центрів роботи підприємств важкої промисловості, що значною мірою впливає на стан атмосферного повітря, а також на життя та здоров'я місцевих жителів.

Виявлено, що на стан повітряного басейну міста значний вплив здійснюють підприємства різних галузей народного господарства, переважно гірничо-металургійного комплексу. Вагомий вклад в загальне положення повітряного середовища вносить автотранспортна система міста. Таким чином до складу забруднюючих речовин, що надходять до повітряного басейну входять: оксиди вуглецю, діоксиди сірки, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, діоксиди азоту. У менших долях свинець, кадмій, нікель, аміак, залізо тощо.

Аналіз офіційних джерел екологічної інформації показав, що основними джерелами забруднення повітряного басейну у м. Кривий ріг є щонайменше 23 підприємства. З яких найбільший рівень викидів вуглецю має ПАТ“АрселорМіттал КривийРіг”. Загальна сума викидів вуглецю від

стаціонарних джерел, за нашими розрахунками, на рік складає 59 156,597 тон.

Крім підприємств народного господарства, значний внесок в погіршення стану атмосферного повітря вносить автотранспорт. Відповідно до інформації Головного сервісного центру Міністерства внутрішніх справ України кількість зареєстрованих транспортних засобів у м. Кривий Ріг щорічно збільшується. За останніми підрахунками особам кількість авто у місті лежить у межах 20300 одиниць. Збільшення кількості автомобілів, завантаження доріг, тривалість експлуатації автотранспортних засобів, відсутність нейтралізаторів призводять до погіршення якості атмосферного повітря в місті. Обсяг забруднень складає до 50,5% від загального обсягу викидів. Загальні викиди вуглецю від автотранспорту на рік становить 266,471863 тон.

Найважливішу роль у нейтралізації і ослабленні негативних впливів промислових зон міста на людей і живу природу в цілому виконують не тільки технічні заходи з регулювання викидів, а й зелені насадження. Кривий Ріг, незважаючи на промислову діяльність, завжди був зеленим містом. Крім цього, у 2019 році місто Кривий Ріг приєдналося до програми ЄБРР “Зелені міста”. З 2019 року у рамках цього проекту місту Кривому Рогу допомагають визначити інвестиційні програми, а також отримати донорську допомогу. Промислові підприємства Кривого Рогу протягом десятиліть кілька разів на рік займаються озелененням відпрацьованої промислової території. Вуглецевий баланс м. Кривий Ріг характеризується перевищенням викидів вуглецю над поглинанням на 24196,7 т/рік. Для того щоб був нульовий баланс потрібно збільшити площу парків на 1209 га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Опейда Й., Швайка О. Глосарій термінів з хімії. Донецьк : Вебер. 2008. 758 с.
2. Саранчук В.И., Ошовский В.В., Власов Г.О. Хімія і фізика горючих копалин. Донецьк : Східний видавничий дім, 2003. 204 с
3. Josep G. Canadell, Corinne Le Quere, Michael R. Raupach, Christopher B. Field, Erik T. Buitenhuis, Philippe Ciais, Thomas J. Conway, Nathan P. Gillett, R. A. Houghton, and Gregg Marland. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104. № 47. P. 186-187. DOI:<https://doi.org/10.1073/pnas.0702737104>
4. Плачков І. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі. URL: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-4/section-3> (25.01.2024)
5. Ковалевський С. С. Вплив деревостанів Лісостепової Придніпровської височини на баланс вуглецю міста Біла Церква. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25, №10. С. 60-64. DOI: <https://doi.org/10.15421/40251008>(30.01.2024)
6. Moise I., Moise V. Algorithm for carbon capacity storage of the forest species according to soil characteristics and standing age. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2013. Vol. 14, № 4. P. 1651-1660. URL: https://www.researchgate.net/publication/289860402_Algorithm_for_carbon_capacity_storage_of_the_forest_species_according_to_soil_characteristics_and_stands_age(05.02.2024)
7. Ewers Johannes. Algae: putting carbon dioxide in a bind / Dr. Johannes Ewers, Georg Wiechers. *Power Engineering International*. no 3. – Vol. 17. pp. 58–61

8. Загальна інформація про місто Кривий Ріг. Інформація про місто.
URL: https://trnvk.gov.ua/ua/st/pg/121215297891235_s/ (04.02.2024)
9. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2022 рік. Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської ОДА. 299с.
URL: <https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/ekologiya-pro-oblast/ekologiya>
10. Про охорону атмосферного повітря: Закону України від 09.07.2022 р. № 2393-IX/ Верховна рада України
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text> (07.02.2024)
11. Міська програма вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016-2025 роки. Офіційний вебсайт Криворізької міської ради та її виконавчого комітету.
URL: https://kr.gov.ua/ua/news/pg/200320280385205_n/ (07.02.2024)
12. Якість повітря у м.Кривий Ріг. URL: <https://www.saveecobot.com/maps/kryvyi-rih>
13. Клименко М.О. Моніторинг довкілля. Київ : Видавничий центр «Академія», 2006, 451с.
14. Про місцеве самоврядування в Україні: Закон України від 21.05.1997 № 280/97-ВР/ Верховна рада України
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text>
15. Бойко Т.О., Шмігель А., Мігуля О. Екологічні основи озеленення загальноосвітніх закладів міста Херсона. *IV Міжнародна науково-практична Інтернетконференція «Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва»* (27-28 квітня 2017 року, м. Тернопіль). Тернопіль: Крок С. 55-57.
16. Байрак О.М., Черняк В.М. Наукові принципи оптимізації прищільних насаджень. *Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги*. 2009. № 7-8. С. 2-5.
17. Karl M., Guenther A., Köble R., Leip A. and Seufert G. A new European plantspecific emission inventory of biogenic Volatile organic

compounds for use in atmospheric transport models. *Biogeosciences*. 2009. № 6. P. 1059-1087.

18. Володарець С.О. Фітонцидна активність деревно-кущових листяних рослин в урбаносередовищі. *Питання біоіндикації та екології*. 2012. Вип. 17, № 1. С. 95-100.

19. Екологічний паспорт м. Дніпро. Департамент транспорту та охорони навколишнього середовища Дніпропетровської міської ради, 2017. URL: https://dniprorada.gov.ua/upload/editor/Екологічний_паспорт.PDF

20. Екологічний паспорт м. Дніпро. Департамент екологічної політики Дніпропетровської міської ради, 2018. URL: https://dniprorada.gov.ua/upload/editor/Екологічний_паспорт_м_паспортм_Дніпро_2017_.PDF

21. Відокремлені структурні підрозділи Головного сервісного центру Міністерства внутрішніх справ України. Головний сервісний центр Міністерства внутрішніх справ України. – 2021. URL: <https://hsc.gov.ua/kontakti/kontakti-gsts-pidrozdiliv/>

22. D. Bruce T. Atmospheric dispersion estimates . *Lewis Publishers*.– 1994. С. 90.

23. Белоконь К. В., Єрмоменко В. О., Полив'яна А. К., Ригас Т.Є. Оцінка ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення довкілля автотранспортом. *6-й Міжнародний молодіжний конгрес "Сталий розвиток:захистнавколишньогосередовища.Енергоощадність.Збалансованеприродокористування"* Львів: Західно-Український Консалтинг Центр, 2021.С.305.

24. Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. Київ : Видавництво КВІЦ, 2002. 44 с.

25. Загальна інформація про місто Кривий Ріг. Екологія URL: https://od.kr.gov.ua/ua/odata_dataset/pg/271023545749585/ (07.02.2024)

26. Програма соціально-економічного та культурного розвитку Криворізького району на 2023-2027 роки. Криворізької районної державної

адміністрації спільно зі структурними підрозділами райдержадміністрації, територіальними органами, та іншими центральними органами виконавчої влади в районі, виконавчими комітетами 3-х міських, 2- селищних, 10- сільських рад. URL: <https://krrda.dp.gov.ua/rishennya-gromadi/proiekt-prohrama-sotsialno-ekonomichnoho-ta-kulturnoho-rozvytku-kryvorizko-ho-raionu-na-2023-2027-roky>

27. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів. Монографія : Національний транспортний університет. Київ : 2006, 216 с.

28. Капітальні інвестиції у Дніпропетровській області. Статистичний бюлетень за 2017 р. Головне управління статистики у Дніпропетровській області. Дніпро : 2018, 10с.

29. Кривий Ріг четвертим в Україні приєднався до програми ЄБРР "Зелені міста". Інформаційне агентство Інтерфакс Україна. URL: <https://interfax.com.ua/news/economic/621486.html>

30. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2022 рік. Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської ОДА. 299 с. URL: <https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/ekologiya-pro-oblast/ekologiya>

31. Плічко Р.О., Миронова І.Г. оцінка впливу викидів автомобільного транспорту на стан атмосферного повітря з використанням методу біоіндикації. URL: https://ir.nmu.org.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/155703/Plichko_Myronov_a_%282020%29.pdf?sequence=1#:~:text=

32. How Much Co2 Do Cars Emit Worldwide URL: <https://recycling-revolution.com/how-much-co2-do-cars-emit-worldwide.html>

33. Carbon dioxide (CO₂) emissions from cars and vans worldwide from 2010 to 2022 URL: <https://recycling-revolution.com/how-much-co2-do-cars-emit-worldwide.html>

34. Car Fuel Consumption - liter/100 km. URL: https://www.engineeringtoolbox.com/liter-per-km-d_1540.html

35. Інформація про наслідки для довкілля від російської агресії в Україні 24 лютого – 9 березня 2022 року URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/radiatsijnyj-zahyst/informatsiya-pro-naslidky-dlya-dovkillya-vid-rosijskoyi-agresiyi-v-ukrayini-24-lyutogo-9-bereznia-2022-roku/>

36. Альошкіна У. М., Жовтенко А. А., Вишенська І. Г., Расевич В. В., Гаврилов С. О., Ткачова А. О.. Акумуляція вуглецю лісовими екосистемами (на прикладі модельних ділянок у заказнику «Лісники», м. Київ) URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/e2e39073-d19e-4e16-9d0f-ee2e752e118f/con>

37. Товстуха Д.І., Євтушенко Е.О. Вуглецевий баланс м. Кривий Ріг: екологічна оцінка, заходи з регулювання. Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування: матеріали Міжнар. наук. конф., 25–26 квітня 2024 р. / Держ. біотехнол. ун-т. Харків, 2024. С.119-121. Режим доступу: <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/>